

بازرسی هوشمند در صنعت نفت و گاز (خشکی)

سمیرا پروانپانی^۱، کارشناس ارشد هوش مصنوعی

چکیده

امروزه صنعت نفت و گاز به دنبال استفاده‌ی بهینه از فناوری‌های پیشرفته‌ی رباتیک جهت افزایش بهره‌وری و ایمنی است. استخراج و انتقال سوخت‌های فسیلی در شرایط نامناسب محیطی چالش‌های دشواری برای سلامت، ایمنی و محیط‌زیست (HSE) به دنبال خواهد داشت. اخیراً بسیاری از فناوری‌های رباتیک در بخش‌های بازدید و بازرسی، پشتیبانی و نگهداری، بازسازی و مستقر کردن تجهیزات، با دقت بالایی در این صنعت استفاده می‌شود. ایده‌ی اصلی در خودکار بودن این عملیات متکی به کنترل از راه دور توسط یک اپراتور متخصص است. انجام این کار نه تنها استانداردهای ایمنی را بهبود می‌بخشد بلکه با کاهش چرخه‌ی تولید و افراد موردنیاز برای بازرسی مداوم، با کاربرد و مستقر کردن تجهیزات مناسب باعث بهره‌وری اقتصادی می‌شود. استفاده از یک ربات کاملاً مستقل و خودمختار در این صنعت با توجه به وجود ریسک‌های مبهم و پیچیده بدون رسیدن به اطمینان کامل یک انتخاب دور از ذهن است. بنابراین استفاده از ربات‌های نیمه‌خودمختار که در آن اقدامات توسط ربات انجام می‌شود ولی گرفتن تصمیم مناسب و اینکه چه اقدامی باید صورت پذیرد توسط یک اپراتور ماهر انجام می‌شود، یک انتخاب عالی برای این صنعت به‌عنوان یک راه‌حل در آینده‌ی نزدیک خواهد بود. در صنعت نفت و گاز (خشکی) استفاده از رباتیک در هر دو فعالیت‌های پایین‌دستی و بالادستی مانند حفاری، تولید و حمل‌ونقل، به‌طور عمده بر ربات‌های بازرسی لوله‌ها، ربات‌های مخزن، وسایل نقلیه‌ی هوایی بدون سرنشین (پهباد) و شبکه‌های سنسور بی‌سیم (WSN) متمرکز شده است.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۸/۱۰/۱۲

تاریخ ارسال به داور: ۹۸/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش داور: ۹۹/۰۹/۰۸

واژگان کلیدی:

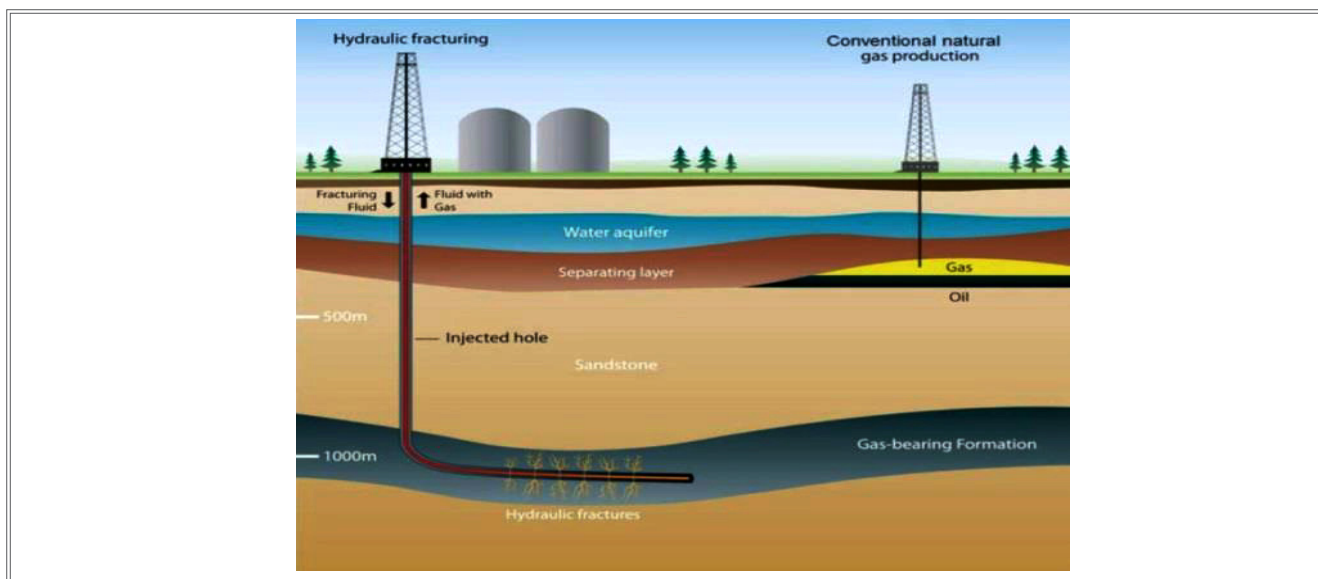
رباتیک، ربات بازرسی لوله، ربات بازرسی مخزن، پهباد، سنسورهای بی‌سیم، WSN، اکتشاف نفت و گاز.

مقدمه

نمی‌کند. افزایش عرضه و تقاضا و میدان‌های دشوار نفتی نه تنها باعث افزایش هزینه‌ی تولید می‌شود بلکه خطرات مربوط به امنیت انسانی و ایمنی محیط‌زیست را نیز در پی دارد. استخراج سوخت در مناطق خشکی در چاه‌هایی که بیش از حد تحت فشار هستند فقط به حفاری سطحی نیاز دارد. پس از مدتی هنگامی که فشار طبیعی نفت خام به دلیل استخراج کاهش می‌یابد، کشف کامل سوخت فسیلی با مشکلات فنی و اقتصادی مواجه می‌شود که استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند تزریق آب، تزریق گاز و تزریق بخار به‌عنوان روش‌های ثانویه و منطقه‌ای اکتشاف، از نظر اقتصادی متغیری برای افزایش سرعت اکتشاف و استخراج بیشتر نفت خام از منابع با دسترسی سخت خواهد بود. دگرگونی در تولید منابع غیرمرسوم نفت و گاز در آمریکا به‌وسیله‌ی فناوری پیشرفته‌ی جدیدی، شوک اقتصادی در بازار بین‌المللی نفت و گاز را در پی داشته است. برای مثال در آمریکا بخش اعظم تامین

رشد سریع جمعیت دنیا و تقاضای هرچه بیشتر در جهت صنعتی شدن، در نهایت به استفاده‌ی بیشتر از منابع طبیعی منجر می‌شود. در حدود ۸۰ درصد انرژی مورد تقاضا، سوخت‌های فسیلی هستند که به میزان ۵۰ تا ۶۰ درصد آنها به‌تنهایی از نفت و گاز تامین می‌شود. [۱] منابع متعارف فرآورده‌های نفت خام در دسترس به‌سرعت در حال کاهش است و باقیمانده‌ی نفت و گاز به میزان خیلی کم در مناطقی با صفات قطبی، آب‌های عمیق، سرد و سنگین، گوگرد زیاد ذکر می‌شود. کمبود منابع متعارف، شرکت‌های نفتی را وادار به اقدام برای اکتشاف ذخایر جدید نفتی غیرمتعارف مانند نفت سنگین، گاز تایت، گازشیل و متان کرده است. بسیاری از مناطق استخراج، به‌طور کامل مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرند چراکه پس از رسیدن به سطح خاصی از استخراج، هزینه‌ی تولید نسبت به سرمایه‌گذاری، سهامداران را راضی

* نویسنده‌ی عهد‌دار مکاتبات (s.parvaniani@gmail.com)



شکل ۱ | حفاری افقی و شکست هیدرولیکی

حمل و نقل Dilbit توسط خطوط لوله‌ی نفتی یک ایده‌ی بسیار خطرناک است، چراکه این ماده بسیار خورنده، اسیدی و حاوی مخلوط ناپایداری از گازهای فرار و قیر خام است.

سیستم تشخیص نشت در سراسر صنعت هنوز قابل اعتماد نیست. اطلاعات نشت نفتی فدرال نشان می‌دهد که در ۱۰ سال گذشته سیستم‌های تشخیص نشت نفت پیشرفته از ۲۰ نشت نفتی تنها یک مورد را گزارش کرده‌اند. [۵] در پی بحران نشت نفتی در اروپا، کمیسیون اروپا در حال حاضر چندین پروژه‌ی تحقیقاتی با هدف اصلی توسعه‌ی فناوری رباتیک هوشمند برای مدیریت نشت نفت را دنبال می‌کند.

به دلیل حساسیت فرآورده‌های نفتی و کشف آنها در محیط‌های دوردست، برای آگاهی از وضعیت و شرایط کلیه‌ی تجهیزات در مراحل استخراج، تولید، پردازش و در آخر توزیع، نیاز به نظارت و بازرسی‌های مداوم است.

برای انجام کار موثر در محیط‌های خاص به دلیل محدودیت‌های بشری، علم رباتیک برای کمک به انسان ضرورت یافته است. استراتژی کمک رباتیک در حل مسائل و مشکلات صنعت نفت و گاز می‌تواند بیش از همه در مراحل نظارت، بازرسی و کنترل در انتقال سیگنال داده‌ها، تخصیص منابع و برنامه‌ریزی، فناوری نوابری و فناوری بازرسی موثر واقع شود.

فعالیت‌های علمی و صنعتی بسیاری وجود دارند که پیش از این تا حد زیادی از سیستم‌های خودکار بهره‌مند شده‌اند، مانند کاوش در فضا و صنعت تولید. موفقیت رباتیک در این حوزه‌ها می‌تواند

سوخت فسیلی غیرمرسوم از حفاری افقی و شکستگی هیدرولیک گازشیل و نفت خام ترکیبی است. (شکل ۱) [۲]

به دلیل آنکه بسیاری از میدان‌ها نفت و گاز جدید در شرایط دشوار محیطی مانند بیابان‌های گرم، آب‌های عمیق، مناطق قطبی شمال و عمق زیاد زمین یافت می‌شود، استخراج، پردازش و حمل و نقل فرآورده‌های نفتی در شرایط نامطلوب جغرافیایی و محیطی چالش‌های جدی را در زندگی دریایی و سلامت انسان در پی دارد. بسیاری از حوادث جدی شامل نشت نفت، آتش‌سوزی، انفجار و گازهای سمی محلول در آب، اتفاق افتاده است.

اخیراً حادثه‌ی دریایی وحشتناک نشت نفت که در خلیج مکزیک رخ داد، دنیا را شوکه کرد و به ما هشدار داده شد به مسائلی که به HSE مربوط می‌شود دقت بیشتری داشته باشیم. [۳] اگرچه این حادثه در دریا رخ داد، اما حوادث هولناک دیگری نیز در خشکی رخ داده است، مانند حادثه‌ای که در جولای ۲۰۱۰ در آمریکا رخ داد که یک خط لوله‌ی فولاد کربن ۳۰ اینچی هنگام حمل Dilbit^۱ توسط شرکت EP^۲ بزرگ‌ترین حمل و نقل نفت خام کانادایی آسیب دید. [۴] محل این حادثه تا ۱۷ ساعت شناخته نشد تا زمانی که نزدیک به ۳ میلیون لیتر Dilbit به شاخه‌ای از رودخانه‌ی kalamazoo در میشیگان ریخته شد.

هزینه‌ی عملیات پاک‌سازی توسط کمپانی تاکنون نزدیک به یک میلیون دلار شده است. اما بعد از ۲ سال تلاش بسیار هنوز رودخانه به‌طور کامل پاک‌سازی نشده است، درحالی‌که جامعه‌ی نزدیک رودخانه در حال ترک و جابجایی هستند.

الهام‌بخش صنعت نفت و گاز که هنوز در حیطة فعالیت‌های دستی و یا در نهایت نیمه‌خودکار است، باشد. در مواقعی که انتظار عملکردی صحیح و با دقت بالا توسط بشر غیرممکن به نظر می‌رسد، مانند بازرسی داخل لوله یا رفتن به آب‌های خیلی عمیق، مکانیسم رباتیک تاثیر بسزایی در بهبود HSE خواهد داشت.

امروزه کنترل عملیات از راه دور در یک حادثه‌ی غیرمنتظره، توسط اپراتور آموزش دیده، در صنعت نفت و گاز قابل قبول است. در چنین مواردی متخصصان در مکانی امن به‌عنوان مغز سیستم عمل کرده و ربات‌ها تنها نقش بدنه‌ی اپراتور را ایفا خواهند کرد. در واقع سنسورهای صوتی، تصویری و لمسی تبدیل به گوش، چشم و حس لامسه‌ی اپراتور خواهند شد.

عملیات کنترل از راه دور به سه دسته طبقه‌بندی می‌شود:

۱- کنترل از راه دور به‌صورت دستی

۲- کنترل نیمه خودمختار

۳- کنترل کاملاً خودمختار

به دلیل حساسیت بیش از اندازه‌ی تجهیزات صنایع نفت و گاز، استفاده از فناوری رباتیک، کاملاً خودمختار، ریسک‌پذیر و دور از ذهن است. بنابراین می‌توان گفت رباتیک نیمه‌خودمختار کاملاً با انتظارات این صنعت منطبق است.

حفاری هوشمند، کاوش در عمق دریا، نظارت هوشمند و بازرسی خطوط لوله و مخازن و سایر تجهیزات، نمونه‌های اصلی از کاربرد مکانیسم کنترل از راه دور است. در حال حاضر فناوری کنترل از راه دور عملکرد مفیدی در زمینه‌های اکتشاف دریایی نفت و گاز، کاوش در فضا، نظامی، پزشکی و محیط‌های پرخطر، داشته است.

۲- رباتیک در بخش خشکی

بسیاری از تاسیسات نفت و گاز (خشکی) مانند شرکت El Mark الجزایر در بیابان‌های گرم و نامساعد قرار دارند که محدود بودن امکانات و تجهیزات، مصالح و کمبود نیروی کار از چالش‌های مهم و بحرانی به‌شمار می‌روند. تاسیسات نفت و گاز استفاده‌ی گسترده‌ای از انواع لوله‌ها و مخازن ذخیره‌سازی در مراحل اکتشاف، استخراج، حمل‌ونقل، پردازش و توزیع دارند.

لوله‌ها و مخازن ذخیره‌سازی به بازرسی‌های منظم و تعمیر و نگهداری به‌ویژه مواردی که به‌طور مداوم برای حمل‌ونقل در مسافت‌های طولانی و ذخیره‌سازی‌های بلندمدت استفاده می‌شوند، نیاز خواهند داشت.

استفاده از نیروی انسانی برای انجام این بازرسی‌ها بسیار گران و خطرناک

است. بنابراین بازرسی و تعمیرات خودکار برای این مولفه‌ها انتخاب بسیار مطلوب و مناسبی است. بسیاری از ربات‌های جستجوگر برای تاسیسات خشکی طراحی و به بازرسی خطوط لوله‌ها^۲ و بازرسی مخازن^۴ اختصاص یافته‌اند. [۶]

۱-۲- بازرسی خطوط لوله نفتی

در تاسیسات نفت و گاز (خشکی) از لوله‌ها به‌عنوان ابزاری برای حمل‌ونقل نفت و گاز و سایر مایعات از محل تولید به توزیع استفاده می‌شود. این لوله‌ها عمدتاً در فضای زیر آب و یا در زیرزمین نصب می‌شوند.

محیط اطراف لوله‌ها ممکن است در معرض شرایط نامطلوب آب‌وهوایی مانند درجه حرارت و فشار رطوبت، گردوغبار و لرزش و... قرار گیرد. این شرایط منجر به پیش آمدن بسیاری از حوادث در لوله‌ها مانند: فرسایش، رسوب، ترک و ایجاد حفره می‌شود.

هر نوع نشت فرآورده‌های نفتی از لوله‌ها نه‌تنها باعث از دست رفتن سرمایه می‌شود، بلکه موجب یک فاجعه‌ی زیست‌محیطی خواهد شد. بنابراین بازرسی و نگهداری منظم از لوله‌های حمل‌ونقل برای حفظ مسائل ایمنی بسیار ضروری است. روش‌های سنتی حفاری و کاوش دستی برای لوله‌های زیرزمینی نه‌تنها خوشایند نیست بلکه بسیار زمان‌بر و هزینه‌بر است.

استفاده از ربات‌های داخل لوله‌ای به‌عنوان یک راه‌حل برای این مشکل ارائه شده است. این نوع ربات‌ها (IPIRs) از یک ورودی وارد لوله شده و به‌عنوان یک ناظر خارجی تمام مسیر داخل لوله را می‌پیماید.

به وجود آمدن این حوادث علت‌های مختلفی دارد و این ربات برای تشخیص علت حادثه مجهز به تجهیزات مناسبی مانند سونار و آلتراسونیک برای پیدا کردن محل نشتی، دوربین حرفه‌ای تصویربرداری، چراغ‌های LED و غیره هستند. بسیاری از IPIRsها به‌منظور بازرسی و ارسال اطلاعات حساس به مرکز کنترل توسط کابلی به یک اپراتور در مکانی دورتر، متصل هستند. [۷] پنج پارامتر اصلی برای طبقه‌بندی این ربات‌ها وجود دارد.

۱-۱-۲- ظاهر و اندازه‌ی ربات‌ها

لوله‌ها به اشکال مختلف (خط مستقیم، قوس‌دار، T شکل و...) و اندازه (شعاع دایره‌ای متفاوت) با توجه به کاربردشان در صنایع نفت و گاز وجود دارند. بنابراین شکل و اندازه‌ی لوله‌ها یکی از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر طراحی این ربات‌ها هستند.

حرکت گردشی داشته باشد. این نوع مکانیسم راهبری دقیقاً از حرکت مار و دیگر حیوانات خزنده مانند آن در طبیعت الهام گرفته شده است. مکانیسم‌های راهبری مفصلی متعددی از نوع حرکت گردشی حول یک محور، مانند مفصل یونیورسال با دو نقطه‌ی اتصال^۵ و مفصل پلاستیکی گازی^۶، وجود دارد. [۹]

ربات‌های بازرسی موفق نیز با مکانیسم راهبری دیفرانسیل وجود دارد. راهبری دیفرانسیلی مکانیسمی است که با تغییر میزان سرعت گردش چرخ‌ها امکان تغییر جهت و مسیر را فراهم می‌کند. از آنجایی که سطح کشش داخل لوله در شرایط منحنی سه‌بعدی قابل پیش‌بینی نیست، برای حفظ تعادل چرخ‌ها و جلوگیری از سُرخوردن، نیازمند یک مکانیسم کنترل سرعت سطح بالا است.

لزوم آگاهی داشتن از شکل هندسی لوله‌ها و محل اتصال آنها از مشکلاتی است که برای این نوع مکانیسم کنترل وجود دارد. شکل ۲ مکانیسم حرکتی مفصلی یونیورسال را در یک نوع IRIP چرخ‌دار با اجزای متفاوت آن نشان می‌دهد.

۲-۱-۳- مکانیسم حرکتی ربات‌ها

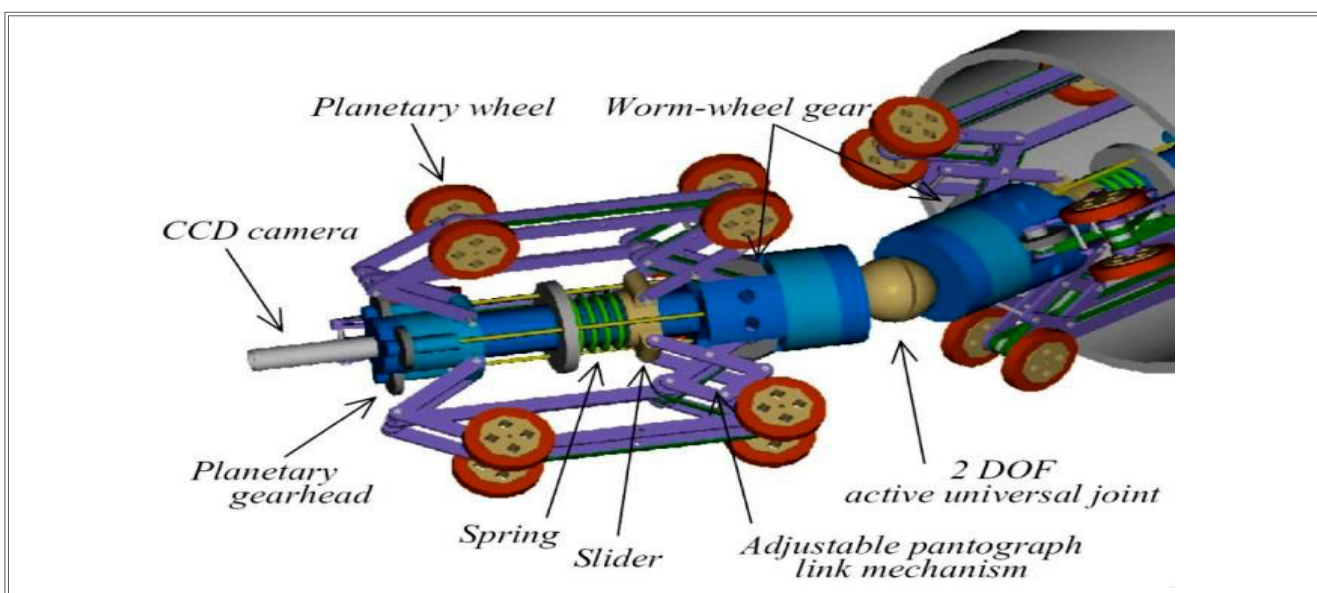
هر IPIR دارای مکانیسم حرکتی خاصی است. ناوبری‌های متفاوت ربات‌ها بستگی به نوع عملیات آنها در داخل لوله‌ها دارد. مانند ربات‌های: Pig (Pipeline Inspection Gauge), Wheel, Snake, Legged; mobile or Walking type, Caterpillar, Wall-press, Inchworm, Screw [۸]. شکل ۳ ربات‌های IPIR های ذکر شده را با مکانیسم نیروی محرکه‌ی خود نشان می‌دهد.

برای مثال یک میکرو ربات برای لوله‌هایی در اندازه‌های کوچک‌تر استفاده می‌شود. به‌طور عمده دو نوع مکانیسم متفاوت برای انطباق ربات با شعاع لوله‌ها وجود دارد: اتصال فعال و اتصال غیرفعال. در نوع اتصال فعال دیسک‌های جداگانه‌ای نصب شده‌اند که کشش و انقباض موردنیاز برای تطبیق با شعاع لوله را تولید می‌کنند. این مکانیسم نیاز به فضای بیشتر و تولید آن هزینه‌ی زیادی دارد. در حالی که مکانیسم ارتباط غیرفعال صرفاً با اجزای قابل ارتجاع مانند فنر طراحی شده است. به این ترتیب هدایت و کنترل ربات با این مکانیسم ساده و ظاهر فرمانند و ساخت آن به‌عنوان یک ربات بازرسی هزینه‌ی کمی در بر خواهد داشت. [۸]

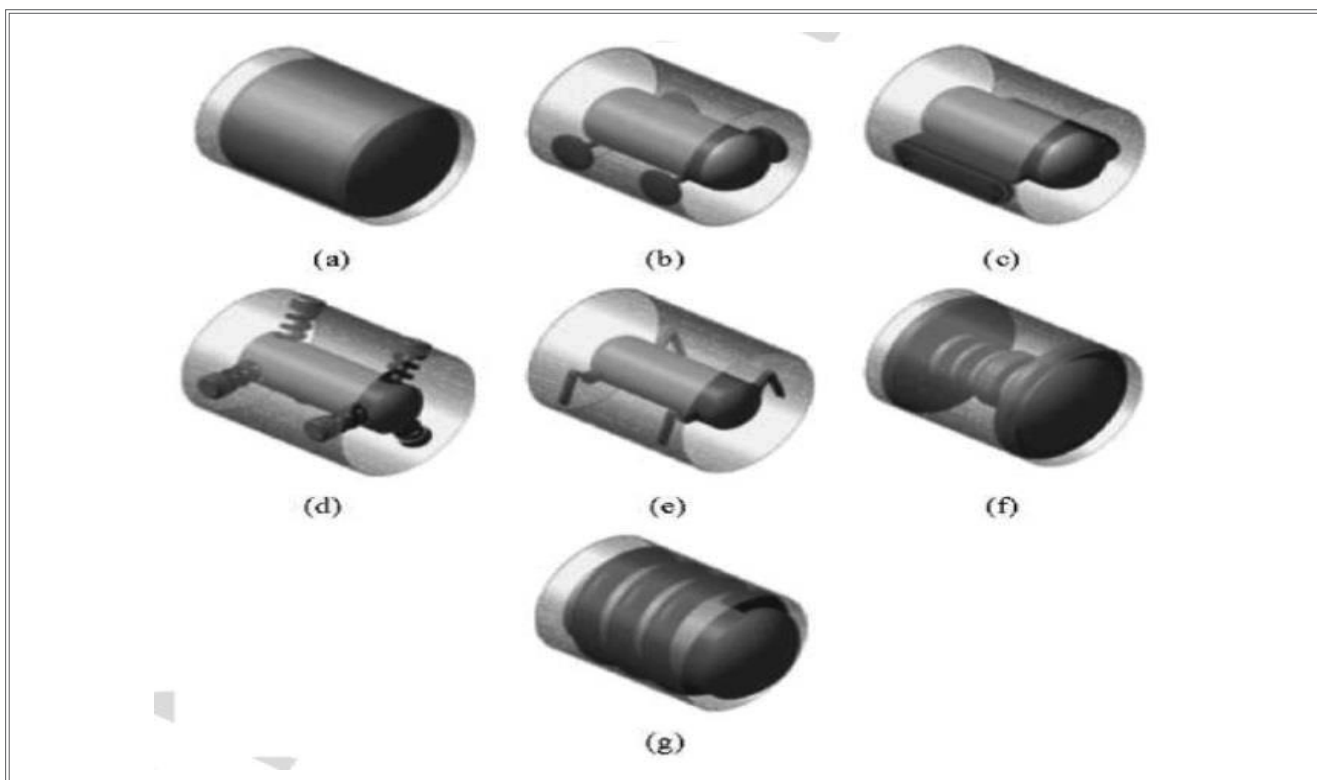
۲-۱-۲- مکانیسم راهبری ربات‌ها

بیشتر ربات‌ها برای عبور از خط لوله‌هایی با ساختار افقی طراحی شده‌اند، اما خطوط لوله‌ی گاز شهری به دلیل سیستم شبکه‌ای توزیع شده ساختار پیچیده‌ای دارند که برای ناوبری موفق در عبور از این خطوط لوله‌ی انتقال گاز نیازمند ربات‌های داخل لوله‌ای با قابلیت راهبری در اشکال پیچیده‌ی عمودی، خمیده و انشعابی است.

دو مکانیسم اصلی راهبری وجود دارد. اولی نوع مفصلی و دومی نوع دیفرانسیل نامیده می‌شود. راهبری مفصلی مکانیسمی است که به ربات امکان می‌دهد در فضایی محصور و بسته بتواند توسط مفصلی که بدنه‌ی ربات را به دونیمه‌ی جلویی و عقبی تقسیم می‌کند،



شکل ۲ | ربات چرخ‌دار



۳ | مدل‌های مختلف ربات بازرسی لوله‌های نفتی / a)Pig b)Wheel c)Caterpillar d)Wall-press e)Walking f)Inchworm g)Screw

کلیه‌ی مزیت‌های مذکور شده و از آسیب رسیدن به بدنه‌ی ربات در عبور از روی موانع و برآمدگی‌های داخل لوله جلوگیری می‌کند. می‌توان مشاهده کرد که بسیاری از این ربات‌های چرخ‌دار نیروی کشش را با فشردن دیوار لوله در حالت فعال یا غیرفعال ایجاد می‌کنند. گوشه‌های تیز، برآمدگی‌ها و یا تغییر ناگهانی شکل لوله در طول مسیر باعث گیر افتادن این ربات‌های چرخ‌دار در داخل لوله می‌شود. بالا بودن میزان انعطاف‌پذیری پاهای ربات باعث بهبود عملکرد ربات در عبور از موانع خواهد شد. طراحی ربات‌های داخل لوله با مکانیسم حرکتی چرخ‌دار برای بازرسی لوله‌های با قطر کوچک یک چالش است. ربات‌های چرخ‌دار برای حرکت به موتورهای سنگین و سیستم‌های دنده‌ای احتیاج دارند و استفاده از سیستم‌های راه‌اندازی دیگر مانند محرک‌های المنتی توان لازم برای به حرکت درآوردن ربات را ندارند. بنابراین دو مکانیسم حرکتی که در آنها از ماشین‌های الکتریکی استفاده نمی‌شود، اولی ربات‌های گرمی کوچک (Inchworm) و دومی ربات‌های پیچی، برای بازرسی لوله‌هایی با قطر کوچک پیشنهاد می‌شود. کرم خاکی جانوری است که با قوس دادن به بدن خود به شکل حلقه‌ای به سمت جلو حرکت می‌کند. محققان طراحی مکانیسم ربات‌های گرمی کوچک را که برای حرکت به سمت جلو به موتورهای الکتریکی و چرخ نیاز ندارد از نحوه‌ی حرکت این جانور الهام گرفته‌اند.

ربات Pig از نوع کپسول‌هایی با بدنه‌ی فلزی همراه با دیسک کائوچویی برای انطباق و سازگاری با دیواره‌ی لوله و حرکت آسان در مایع داخل لوله و همچنین مجهز به سنسور آلتراسونیک برای بازرسی و کیلومترشمار برای محاسبه‌ی مسافت است. اشکال این مکانیسم این است که ربات دائما در حال چرخش به دور خود است. حرکت ربات‌های داخل لوله در مواقعی ضعیف می‌شود مانند زمانی که فشار مایع داخل لوله کم می‌شود و یا لوله‌های حمل و نقل تغییر شکل (T شکل یا L شکل) می‌دهند. برای حل این مشکل ربات‌های بازرسی چرخ‌دار پیشنهاد می‌شوند. ربات‌های چرخ‌دار دارای مزیت‌های زیادی مانند سرعت و شتاب روان، کنترل جهت و راندمان انرژی بالا بوده اما دارای ضعف مکانیسم راهبری پیچیده و بی‌ثباتی در طول مسیر نیز هست. برای برطرف کردن ضعف عدم ثبات از فنرهایی برای فشردن دیواره‌های داخل لوله‌ی مجاور چرخ‌های ربات، استفاده می‌شود. این فشار بر دیواره‌های داخل لوله باعث به وجود آمدن نیروی اصطکاک بیشتری شده و در نتیجه تعادل و ثبات در طول مسیر و سازگاری ربات با خطوط لوله‌های انتقال در اندازه‌های مختلف را محیا می‌سازد. مکانیسمی که در آن پاهای ربات دارای چرخ بوده و قابلیت انقباض و انبساط برای ایجاد فشار به دیواره‌ها را دارد. این فشار باعث برقراری

کمتری دارند. در حالی که دوربین‌های CCD از کیفیت تصویری بالاتری نسبت به CMOS برخوردار هستند. در بیشتر مواقع این دوربین‌ها در جلوی سر ربات به منظور ارسال مداوم پیام به اپراتور و وضوح ناوبری، نصب می‌شوند. [۲۹]

یکی از مشکلات عمده صنعت نفت و گاز فرسایش لوله‌ها به واسطه‌ی واکنش‌های الکتروشیمیایی است. مراحل آغازین فرسایش به وسیله‌ی تکنیک‌های ارزیابی در سطوح معمولی قابل مشاهده و ردیابی نیستند. آزمون‌های NDT^۷ نقش مهمی در کشف شروع فرسایش قبل از رخ دادن یک آسیب جدی، دارد. در حال حاضر چندین تکنیک پیشرفته برای ردیابی فرسایش وجود دارد، مانند: اشعه ایکس، آلتراسونیک، جریان‌های گردابی و نشتی شار مغناطیسی (MFL).

ربات‌های داخل لوله‌ای به غیر از سنسورهای بازرسی با هدف کشف فرسایش و آسیب، از سنسورهای دیگر با مقاصد مختلف نیز استفاده می‌کنند، مانند: سنسور گرانشی، سنسور دما، سنسور رطوبت و سنسور لمسی. [۱۴]

۵-۱-۲- مکانیسم کنترل ربات‌ها

بسیاری از IRIPها به وسیله‌ی کابلی که یک سر آن به اپراتور و سر دیگر به ربات متصل است، کنترل می‌شوند. این نوع کابل‌ها از کابل برق و سیم‌های فیبر نوری به منظور ارتباطات تصویری و انتقال داده‌ها ساخته شده است. از این کابل برای مقاصد بسیاری استفاده می‌شود، از جمله:

- تامین برق مکانیسم ربات و دستگاه‌های متمرکز مانند: موتور قطار، دوربین فیلم‌برداری، نورپردازی، سنسورها، در قالب DC/AC، پنوماتیک و هیدرولیک.
- سیگنال‌های کنترلی حرکتی (چرخ‌ها و پاها)، مهارت (ربات با

ربات‌های کرمی کوچک (Inchworm) نسبت به ماشین‌های الکتریکی علاوه بر هزینه‌ی کمتر و سبک وزن بودن برای کار در مناطقی که خطر انفجار وجود دارد، مطمئن و مناسب‌تر هستند. اما با این حال گفته شده است که بسیاری از آنها به دلیل کندی و اعتماد ضعیف مفید و کارا نبوده‌اند. [۱۱]

ربات‌های پیچی به دلیل پیچی بودن می‌توانند آزادانه داخل لوله‌هایی با قطر کوچک به سمت جلو و عقب حرکت کنند. در اصل این نوع ربات برای موارد حساس و دقیق داخل لوله‌هایی با قطر کوچک و با ظرفیت حمل بسیار پایین کاربرد داشته و به دلیل عدم انعطاف‌پذیری بدنه برای لوله‌هایی با ساختار پیچیده مناسب نیست. انعطاف‌پذیری بدنه‌ی ربات عامل اصلی قابلیت عبور از لوله‌های با ساختار پیچیده است.

در بسیاری از تحقیقات استفاده از ربات با بدنه‌ی نوع مار مطرح شده است. ربات‌های نوع مار به وسیله‌ی ارتباط متوالی قطعات بدنه با محل‌های اتصال مفصلی گردشی طراحی شده‌اند. از آنجایی که در این نوع ربات‌ها از چندین نقطه‌ی اتصال و قطعات متحرک استفاده می‌شود، ساخت آنها پرهزینه بوده و به انرژی زیادی نیاز خواهد داشت. [۱۰]

۴-۱-۲- فناوری بازرسی

ربات‌های داخل لوله‌ای می‌توانند مجهز به انواع دستگاه‌هایی باشند که هر کدام به منظور خاص و برای عملکرد مورد نظر طراحی شده‌اند. از جمله‌ی آنها دوربین‌های تصویری با هدف بازرسی، مانند: CCD، Micro CCD CMOS، Micro CMOS هستند. دوربین‌های CMOS نسبت به CCD با حداقل امکانات کارآمدتر و هزینه‌ی



شکل ۴ ترکیب UT و MFL در NDT بر روی ربات IPIR

مهارت جوشکاری، نصب، برش و حفاری) و مکانیسم بازرسی برای ربات (سنسور تشخیص نقص، دوربین تصویربرداری حرفه‌ای).
 ■ استفاده به‌عنوان طناب ایمنی برای بیرون کشیدن ربات از داخل لوله به هنگام بازرسی، در مواقع قطع تصادفی منبع تغذیه و یا اتمام کار. [۱۵]

از مهمترین معایب استفاده از این نوع کابل برای IPIR ایجاد نیروی اصطکاک زیاد میان دیواره‌های لوله در امتداد مسیر است. در چنین شرایطی ربات داخل لوله حتی برای کوچک‌ترین حرکتی نیاز به نیرو و انرژی بیشتری خواهد داشت. حرکت ۳۶۰ درجه‌ی ربات در داخل لوله باعث پیچیدگی کابل و آسیب دیدن آن شده و همچنین اختصاص تمام فضای فیزیکی مسیر ربات در داخل لوله به کابل را به دنبال خواهد داشت.

استفاده نکردن از این کابل بزرگ‌ترین انگیزه برای استفاده از فناوری بی‌سیم برای ربات‌های بازرسی است. استفاده از انواع ربات‌های بازرسی بدون کابل و بی‌سیم بارها در جهت رفع مشکلات استفاده از کابل مطرح شده است.

ربات‌های بدون کابل را می‌توان در پایان مسیر بازرسی از لوله خارج کرد و خیلی بهتر از آن است که بخواهیم آن را از نقطه‌ی شروع از لوله خارج کنیم. همه‌ی ربات‌های بازرسی بی‌سیم باید باتری‌های قابل شارژی را برای تامین برق موردنیاز خود و اتصال به پهنای باند برای انتقال داده‌ها با خود حمل کنند.

برای ربات‌های کوچک که فضای کمتری در لوله در اختیار دارند، حمل تجهیزات بازرسی مانند دوربین تصویربرداری سنگین خواهد بود و ضخامت سیم باعث سختی تحرک ربات در داخل لوله خواهد شد. بنابراین برای میکرو ربات‌ها یک منبع تغذیه‌ی بی‌سیم و فشرده با مکانیسم حرکتی و ارتباطی ارائه شد.

از معایب استفاده از فناوری بی‌سیم می‌توان عدم امکان انتقال موج الکتریکی بالا از لوله‌های فلزی را نام برد. این مشکل نیز با یک ارسال‌کننده‌ی موج الکترومغناطیس با فرکانس بسیار پایین که به‌راحتی از دیواره‌ی فلزی لوله عبور می‌کند، حل شد. [۱۶]
 به‌طور کلی کنترل ربات‌های بازرسی بی‌سیم با توجه به اینکه از کدام نوع معماری باشند، متفاوت است:

۱- ربات از خود اختیاری ندارد و به‌وسیله‌ی یک اپراتور متخصص هدایت می‌شود

۲- نیمه خودمختار

۳- مستقل و خودمختار

دریافت تصویر در محل کنترل توسط اپراتور و ارسال سیگنال فرمان از اپراتور به ربات در فرآیند هدایت ربات بدون اختیار انجام می‌شود.

سنسورهایی که روی دستگاه‌های کنترل از راه دور نصب می‌شوند، نقش چشم، گوش و دست‌ان اپراتور را در یک پایگاه عملیاتی خواهند داشت. این نوع معماری ربات به افراد آموزش‌دیده‌ای نیاز دارد که با تصمیم‌گیری به‌موقع و مناسب با استفاده از دستگاه‌های کنترل از راه دور در هر مرحله از فرآیند مانند خاموش و روشن کردن سنسورهای بازرسی و سایر موارد در کنترل عملیات، ناوبری امنی را برقرار سازد. معمولاً استفاده از این نوع ربات‌ها کم‌هزینه و مقرون‌به‌صرفه است.

در ربات‌های نیمه‌خودمختار، اپراتور تنها باید موقعیت ابتدا و انتهای عملیات را کنترل کند. اطلاعات دریافت شده از سنسورهای ربات، در هر موقعیتی، به‌وسیله‌ی پردازشگرهای نصب شده بر روی ربات و یا توسط کامپیوترهای سمت اپراتور تفسیر می‌شوند. به‌طور کلی در این فرآیند نقش اپراتور به دلیل ناوبری هوشمند و تکنیک اجتناب از برخورد با مانع ربات، تا حد زیادی کاهش یافته است.

در ربات‌های خودمختار ابزارهای رباتیک برای انجام کامل یک فرآیند، می‌توانند برنامه‌ریزی شوند و نیازی به دخالت انسان طی عملیات نخواهد بود. [۱۷]

با توجه به اینکه صنعت نفت و گاز دارای محیطی به‌شدت حساس بوده و نیاز مبرم به نظارت دقیق و مداوم وجود دارد، از ربات‌های نیمه‌خودمختار به همراه یک اپراتور ناظر بر عملیات استفاده می‌شود.

۲-۲- بازرسی مخازن نفتی

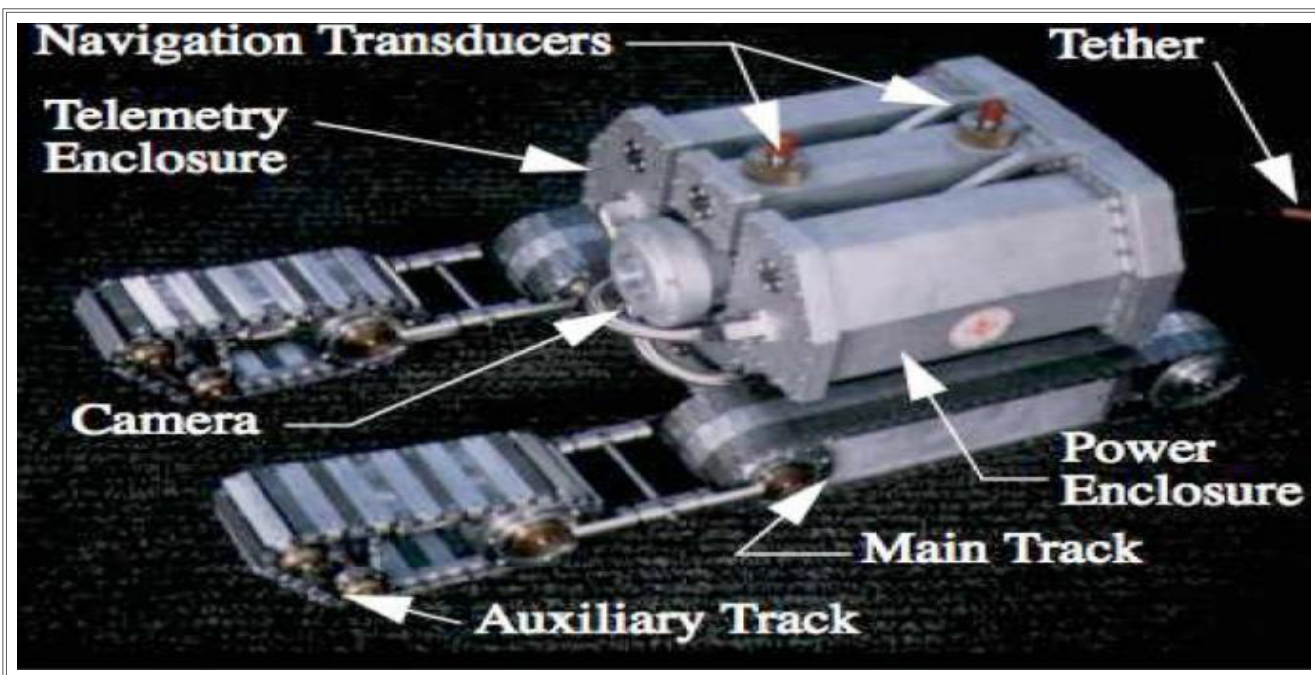
در تاسیسات نفتی خشکی و دریایی برای ذخیره‌سازی نفت خام و گاز از مخازن بزرگ فلزی استفاده می‌شود. این مخازن دارای درزهای بسیار به همراه صفحات بزرگ جوش داده شده می‌باشند که درزها در معرض نشت و پوسیدگی هستند. ذخیره‌سازی مداوم نفت خام و محصولات دیگر داخل این مخازن فلزی باعث به وجود آمدن ماده‌ی فرسایشی مانند سولفید آهن و سولفین هیدروژن می‌شود. تالطم HS₂ بیشترین آسیب را به سقف مخزن وارد می‌کند.

قسمت پایین مخزن بیشتر در تاسیسات دریایی آسیب می‌بیند که علت آن مجموعه‌ای از مواد لجنی حاوی میکروارگانیزم‌های هتروتروف است. اگرچه سطح پایین همیشه دارای آسیب‌دیدگی‌های حفره‌ای به وجود آمده توسط واکنش‌های محصولات داخل مخزن است که بازرسی انسانی این مخازن نیاز به تخلیه‌ی کامل و توقف تولید برای چند هفته‌ی متوالی را در پی دارد و انجام این مراحل طولانی‌مدت، هزینه‌بر و از نظر ایمنی خطرناک است.

اما در مقابل بازرسی خودکار در حالی که مخازن پر هستند، همراه



شکل ۵ | ربات بازرسی مخازن



شکل ۶ | تصویر اجزای ربات بازرسی مخازن

نوع حرکت بر اساس دو تکنیک اصلی کوهنوردی، مکانیسم چسبندگی و نحوه حرکت است. رایج‌ترین مکانیسم، چسبندگی مغناطیس و مکش خلأ با تجهیزات آهن‌ربا یا پاها و تسمه یا گیره است. [۱۸]

با متوقف نشدن تولید و ادامه‌ی روند کار و بهره‌وری، انگیزه‌ای است برای پژوهش در مورد ربات‌های متحرک مورد استفاده در داخل مخازن. معیارهای اصلی طبقه‌بندی ربات‌های مخازن بر اساس نوع بالا رفتن آنها از مخازن است.

تمام ابزارهای حرکتی و چسبنده تنها روی ربات مادر نصب می‌شوند و ربات فرزند تنها به‌عنوان یک سیستم بازرسی گسترده استفاده می‌شود. [۲۱]

پس از تجزیه و تحلیل همه‌ی این ربات‌ها می‌توان گفت که بیشتر آنها ربات‌های نیمه‌خودمختار هستند و یک اپراتور از محلی دورتر بر عملیات نظارت دارد.

۳-۲- نمونه‌گیری اتوماتیک گاز

برای تعیین میزان ترکیب و کیفیت هیدروکربن که دانستن آن برای پردازش‌های شیمیایی و قیمت سوخت در بازارهای بین‌المللی امری ضروری است، نیاز به نمونه‌گیری گاز از سایت تولید است. به‌طور معمول این کار به‌صورت دستی و سنتی توسط یک اپراتور به میزان مطلوب جمع‌آوری شده و در یک مخزن متصل به دریچه‌ی محل ذخیره نگهداری می‌شود.

جهت تکمیل این فرآیند نیاز به صرف مدت زمان زیادی است و در طول این مدت نمونه‌های جمع‌آوری شده توسط اپراتور دچار تغییراتی خواهند شد. اگرچه ممکن است این تغییرات به وجود آمده باعث دریافت نتیجه‌ی خطا در بعضی نمونه‌ها شود اما HSE بیشتر از آن، نگران وقوع حوادث احتمالی در حین انجام این عملیات است.

بنابراین شرکت نروژی استات‌ویل ایستگاه نمونه‌گیری گاز خود را با استفاده از استاندارد ۶-DOF به شکل یک دستگاه خودکار برای انجام این فرآیند تکراری توسعه داد. [۲۸]

۴-۲- ربات بازرسی هوانورد

به‌طور معمول صنایع برای بازرسی فرسودگی و دیگر مسائل امنیتی در لوله‌های حمل‌ونقل از ربات‌های هوشمند Pig استفاده می‌کنند. اما این روش بازرسی داخلی همیشه با جریان عادی و بهره‌وری صنایع تداخل پیدا می‌کند.

بنابراین بازرسی خارجی لوله‌ها ترجیح داده می‌شود. در حال حاضر تنها روش بازرسی خارجی برای لوله‌های حمل‌ونقل از طریق فرآیند غیرمکانیزه به این صورت است که گروهی از کارگران با یک وسیله‌ی نقلیه در طول خطوط لوله حرکت می‌کنند و لوله‌ها را برای بررسی نشت و یا هر نوع خسارت دیگری بازرسی می‌کنند.

اما چنین فرآیندهای بازرسی غیرمکانیزه که در حال حاضر در صنعت انجام می‌شود، بسیار ناکارآمد، هزینه‌بر و خطرناک است. بنابراین استفاده از وسیله‌ی نقلیه‌ی هوایی بدون سرنشین (UAV) با سنسور موردنیاز

تجهیزات حرکتی شامل چرخ‌ها، Track، پاها و بازوها می‌شود. شکل ۵ عملکرد کلی چسبندگی بر اساس آهن‌ریا در حرکت برای بازرسی از خارج یک مخزن زمینی را نشان می‌دهد. ربات‌های مطرح در بازرسی مخزن عبارتند از: نپتون^۸، ماوریک^۹ و اسکونجر^{۱۰}.

شکل ۶ یک ربات مخزن نپتون را نمایش می‌دهد. این ربات سیار توسط دانشکده‌ی رباتیک دانشگاه Carnegie Mellon برای بازدید داخل مخزن طراحی شده است. از این ربات با هدف بازرسی داخلی از راه دور در زمانی که مخزن حاوی فرآورده‌های نفتی است، استفاده می‌شود. در واقع ربات نپتون برای کشف فرسایش و آسیب‌دیدگی در کف و دیواره بدون نیاز به خالی بودن مخزن ساخته شده است.

نپتون با امکان مجهز شدن به قطعات مختلف به‌منظور اهداف خاص، طراحی شده است، مانند: امکان خزیدن به سمت بالا و داخل مخزن، سنسورهای آلتراسونیک برای کشف محل نشستی، دوربین‌های HD برای تصویربرداری و سنسورهای آکوستیک برای موقعیت‌سنجی در داخل مخزن. نپتون تصاویری را از محل اتصال درزها ضبط کرده و میزان ضخامت مخزن را با استفاده از سنسور آلتراسونیک می‌سنجد.

تقریباً همه‌ی ربات‌های مخزن امکان استفاده از انواع تجهیزات با هدف بازرسی را دارند. اما تفاوت‌های اصلی در نوع بالا رفتن و مکانیسم کنترل آنها است. شرکت گاز OSAKA ژاپن رباتی را با تکنیک جدید معرفی می‌کند که با استفاده از آلتراسونیک ارتعاش امواج، تنها در هنگام آسیب‌دیدگی و ایجاد نقص فعال می‌شود.

این تکنیک بسیار سریع‌تر و ارزان‌تر از آلتراسونیک رایج با متدولوژی بازتاب پالسی است. روش‌های مختلفی برای سیستم کنترل ناوبری روبات‌های بازرسی طراحی شده است. الگوریتم فازی CMAC همراه با شبکه‌ی عصبی برای ردیابی سیستم کنترل در جهت بهبود عملکرد ناوبری ربات ارائه شده است. [۱۹]

معماری جدید Client/Server برای انجام عملیات ربات‌های بازرسی خودمختار معرفی شده است. برنامه‌ی Client در بازرسی محلی که مرتبط با بالا رفتن و ناوبری امن ربات است، اجرا می‌شود. در حالی که برنامه‌ی Server در سمت اپراتور در اتاق کنترل اجرا می‌شود. در سمت Server برنامه‌ها شامل دریافت اطلاعات تصویری، ردیابی نشستی و سایر امور مرتبط با کنترل بازرسی است. [۲۰]

در مخازن سوختی با دیواره‌های فلزی نازک که بر روی کشتی نصب می‌شوند به دلیل امکان تغییر شکل دادن نمی‌توان از ربات‌های بالارونده‌ی سنگین استفاده کرد. در چنین شرایطی معماری جدیدی با نام مادر/فرزند مطرح شده است.

ربات مادر با وزنی سنگین و نرمال در بالا رفتن و تحرک مناسب و قوی در مسیرهای قابل دسترس کاربرد دارد و ربات‌های فرزند با وزن خیلی سبک ردیاب‌های موردنیاز بازرسی را حمل می‌کنند.



شکل ۷ | پهباد بازرسی

انفجار نفت و گاز در مناطق نامساعد و با دسترسی سخت، مشکل دیگری است که ربات‌های پهباد در آن کاربرد بی‌نظیری خواهند داشت. کارآمدی این پهبادها برای اولین بار در سال ۲۰۱۰ در بازرسی از پالایشگاه‌های نفتی بریتانیا نمایان شد. در واقع اپراتورها توانستند قبل از ایجاد هرگونه حادثه‌ای و بدون در معرض خطر قرار گرفتن افراد، از وضعیت تجهیزات آگاه شوند. این سیستم، مهندسان را قادر ساخته تا وضعیت قطعاتی که در ارتفاعات تجهیزات مانند دودکش‌ها، لوله‌کشی، محفظه‌ی لوله و دریچه‌ها قرار دارند را به‌طور مستمر کنترل کنند.

این موفقیت باعث شد تا متخصصان زیادی در سرتاسر دنیا به استفاده از فناوری پهباد که کاهش زمان و هزینه‌ی بازرسی کارآمد نسبت به تکنیک‌های مرسوم خطرناک و گران‌قیمت را در پی داشت، ترغیب شوند.

به‌عنوان مثال در سال ۲۰۱۲ شرکت BP^{۱۱} یک گروه تحقیقاتی را مسئول توسعه‌ی روش‌های مناسب برای استفاده از پهبادها در بازرسی از خطوط لوله‌ی آنها در پرودو، آلاسکا و آمریکا کرد. (شکل ۷) استفاده از فناوری‌های پهباد نه‌تنها در بخش نظارتی بلکه در مواقع نشستی نفت و فجایع بزرگ دیگری که مداخله‌ی مستقیم انسان نه‌تنها خطرناک بلکه بی‌فایده نیز هست، مفید خواهد بود. [۲۳]

همانند دیگر فناوری‌های رباتیک در صنعت نفت و گاز، پهبادها هم با روش کنترل از راه دور به کار گرفته می‌شوند. این ربات‌های پرنده با سیستم ناوبری برنامه‌ریزی شده به همراه GPS و سنسورهای داخلی سیگنال‌های اطلاعاتی را از سوی اپراتور مستقر در زمین دریافت و ارسال می‌کنند.

می‌تواند یک گزینه‌ی مناسب برای بازرسی‌های خارجی از خطوط لوله در نظر گرفته شود.

اولین پهباد در سال ۱۹۵۰ توسط موسسه‌ی حمل‌ونقل هوایی Ryan برای عملیات اکتشاف نظامی مورد آزمایش قرار گرفت و پس از آن این فناوری در راه خدمت به بشریت وارد شد. [۲۲]

پهبادها به‌وسیله‌ی تجهیزات کنترل از راه دور با معماری مستقل و یا نیمه‌مستقل از طریق فرماندهی مرکزی از روی زمین، عملیاتی می‌شوند. یک خلبان انسان توان بیشتر از ۵ ساعت پرواز را ندارد ولی یک پهباد می‌تواند بیش از ۳۰ ساعت پرواز کند که این موضوع برای استفاده در عملیات بازرسی‌های طولانی‌مدت کاملاً مناسب است.

در اکثر موارد فقدان خلبان انسان در پرواز هواپیمایی بدون سرنشین نه‌تنها باعث ایجاد امنیت بلکه کاهش هزینه‌ی عملیات با راندمان عملکرد بالا می‌شود.

امروزه پهبادها به‌طور گسترده‌ای با هدف بازدید و نظارت در ماموریت‌های نظامی، عملیات امدادی، کاوش و جستجوهای از راه دور، تحقیقات علمی، شناسایی آتش‌سوزی جنگل‌ها و سایر موارد دیگر استفاده می‌شود. چنین مکانیسم نظارتی نه‌تنها مقرون‌به‌صرفه است بلکه با امکان دریافت اطلاعات در تمام ساعات شبانه‌روز بدون ایجاد وقفه‌ی ناشی از خستگی، بسیار موثر و مقاوم است.

در ارتباط با صنعت نفت و گاز، غیر از بازرسی خطوط لوله، پهبادهایی که مجهز به سنسورهای مناسب و سیستم انتقال اطلاعات هستند، به‌طور گسترده‌ای برای نظارت بر پالایشگاه‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل فرآورده‌های نفتی استفاده می‌شوند.

۵-۲- شبکه‌ی سنسورهای بی‌سیم

استفاده از خطوط لوله ارزان‌ترین راه برای حمل‌ونقل انواع مایعات به‌ویژه نفت و گاز است و این خطوط باید به‌طور مداوم برای جلوگیری از نشت و فرسودگی توسط گروه گشت‌زنی تکنسین‌ها بازرسی شوند. آنچه در حال حاضر مشخص است این روند بازرسی نه تنها ناکارآمد و هزینه‌بر است بلکه از نظر امنیتی هم خطرناک است. بنابراین می‌توان به‌عنوان یک جایگزین سنسورهایی را در فواصل منظم در امتداد لوله نصب کرد. این سنسورهای نصب شده انرژی موردنیاز خود را از طریق سیم متصل به منبع تغذیه دریافت می‌کنند.

اما این شکل استفاده از سنسورها مورداعتماد نبوده و در صورت هرگونه آسیب به سیم، قطع جریان انرژی باعث از کار افتادن سنسورها شده و در امور بازرسی خلل ایجاد می‌شود.

بنابراین محققان برای حل این مسئله نصب سنسورهای بی‌سیم را نیز در کنار سنسورهای متصل به منبع تغذیه پیشنهاد کردند. در این صورت چنانچه شبکه‌ی سنسورهای سیمی به هر دلیلی عملکرد درستی نداشته باشد خللی در کار ایجاد نشده و روند بازرسی برای تشخیص نشت و آسیب‌دیدگی همچنان ادامه خواهد داشت.

در پژوهش‌های انجام شده بسیاری از تکنیک‌های WSN^{۱۲} که در حال حاضر برای بازرسی از متروزی زیرزمینی و خطوط لوله‌ی زیر آب از آنها استفاده می‌شود، بررسی شده‌اند. در این پژوهش‌ها با شرح کلیه‌ی جزئیات فنی و برنامه‌های کاربردی WSNها عنوان شده است که می‌توان از آنها در تاسیسات نفت و گاز هم استفاده کرد. اگرچه تکنیک‌های WSN قابل‌اعتمادتر از شبکه‌ی سنسور سیمی هستند اما مشکل Energy Hot Spot و طول عمر کوتاه WSN نیز وجود دارد که ناشی از پراکندگی انرژی در نودهای مختلف است. [۲۴]

برای غلبه بر این مشکل یک الگوریتم برای جمع‌آوری اطلاعات در خصوص ادغام داده‌های WSN ارائه شد که در نهایت باعث بهبود عملکرد شبکه در تاخیر و انرژی می‌شود. این استراتژی با تضمین انتشار موثر از اطلاعات فوری منجر به طولانی شدن عمر شبکه نیز خواهد شد.

برای کاهش Hot Spot و استفاده‌ی بهینه از انرژی دریافت شده از سیم سنسور با استفاده از این الگوریتم یک چرخه‌ی زمانی فعالیت برای هر سنسور تعریف می‌شود، به این صورت که هر سنسور در شبکه به مدت ۱۰ ثانیه در زمان ۱۰ دقیقه‌ای دریافت انرژی روشن است. [۲۵]

علاوه بر ایجاد نشتی، تولید شن در چاه نفت نیز یک مشکل اساسی و مهم در صنعت نفت و گاز است. زیرا تولید شن بیش از اندازه می‌تواند موجب فرسایش و از بین رفتن خطوط لوله‌ی انتقال، دریچه‌ها و فیلترهای تصفیه شود.

رایج‌ترین راه‌حل برای غلبه بر مشکل تولید شن، کاهش یا متوقف کردن آن است. بنابراین محققان با استفاده از سنسور شبکه‌ی بی‌سیم (WSN)، سیستم کنترل شن را ارائه دادند. هدف این سیستم توسعه‌ی مکانیسمی برای کشف و اندازه‌گیری شن‌های تولید شده است. بدین ترتیب اپراتور می‌تواند قبل از قرار گرفتن در شرایط بحرانی مکان‌های شنی را به‌خوبی پاک‌سازی کند. از تکنیک WSN علاوه بر کشف فرسایش، نشتی و اندازه‌گیری میزان شن، در طراحی مکانیسم ضد سرقت لوله‌های نفت و گاز نیز استفاده شده است. [۲۶]

همچنین محققان با پیشنهاد ترکیب تکنیک WSN با پهباد، ربات بازرسی پایه‌دار و زیردریایی خودمختار، راه‌های نظارتی مقرون‌به‌صرفه، کارآمد و قابل‌اعتمادی را برای بازرسی خطوط لوله‌ی نفت و گاز ارائه کرده‌اند. با توجه به اینکه نشتی در خطوط لوله بر اساس فرسایش تدریجی به وجود می‌آید، استفاده از این تکنیک برای کشف مراحل اولیه‌ی فرسایش و جلوگیری از بیشتر شدن و آسیب نهایی نیز مفید خواهد بود. [۲۷]

نتیجه‌گیری

این مقاله با مطالعه‌ی فنی خلاصه‌ای از برنامه‌های کاربردی کنونی از رباتیک در صنعت نفت و گاز (خشکی) و نیاز مبرم این صنعت به آن را بررسی کرده است. پنج گام اصلی در تجارت نفت و گاز جهانی، اکتشاف، حفاری، تولید، پالایش و در نهایت حمل‌ونقل به سمت مصرف است.

هر مرحله شامل برخی بخش‌های اتوماتیک است اما بازرسی رباتیک خطوط لوله و مخازن که برای حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی نفت و گاز استفاده می‌شوند، بسیار پراهمیت است. بنابراین در تاسیسات نفت و گاز (خشکی) بسیاری از راه‌حل‌های رباتیکی در قالب ربات‌های بازرسی خطوط لوله و ربات‌های بازرسی مخازن با مکانیسم‌های کنترل و هدایت، فناوری نیروی محرکه، تکنیک‌های کشف نقص و کاستی وجود دارند.

بسیاری از ربات‌های تجاری در دسترس که برای بازرسی خطوط لوله استفاده می‌شوند، ربات‌های Pig هستند که قابل‌اطمینان بودن و تجربه‌ی طولانی استفاده از آنها موردتوجه است. در بیشتر مواقع بازرسی مخازن نیز توسط ربات‌هایی که سنسورهای مناسب و موردنیاز را حمل می‌کنند و به‌وسیله‌ی یک اپراتور متخصص کنترل و هدایت می‌شود، انجام می‌گیرد. بسیاری از این ربات‌ها هنوز هم به شدت به اپراتورها برای انجام عملیات وابسته هستند.

اما روند اجرای موفقیت‌آمیز و قابل‌اعتماد بودن ربات‌های نیمه‌مستقل به سرعت در حال تبدیل شدن به راه‌های عملی است. بازرسی و نظارت داخلی بر خطوط لوله‌های زیرزمینی به‌وسیله‌ی ربات‌های Pig نه‌تنها

اجزای اصلی این پهبادها پلتفرم سخت‌افزار، کنترل زمینی، کنترل پرواز و سنسورها است که به طور خلاصه توضیح داده شد. بازرسی مداوم تجهیزات نفتی و گاز یک امر مهم و کلیدی است، بنابراین استفاده از یک بازرسی سیار مجهز به سنسورهای شبکه‌ای سیمی و بی‌سیم می‌تواند به طور گسترده‌ای در صنعت نفت و گاز مورد استفاده قرار گیرد. ■

خطرناک و ناکارآمد است بلکه با روند معمولی تولید تداخل دارد. بنابراین با پیشرفت فناوری حمل‌ونقل هوایی استفاده از پهبادهای مجهز به سنسورهای مناسب و موردنیاز برای بازرسی‌های غیرتماسی در حال تبدیل شدن به یک روش جدید است. استفاده از این پهبادها در زمینه‌های مختلف امور نظامی، بررسی جغرافیایی و تشخیص نشت نفتی موفقیت‌آمیز بوده است.

پانویس‌ها

- | | | | |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---|
| 10. Scavenger | 7. Non-Destructive Testing | 4. Tanks Inspection Robots | ۱. قیر رقیق استخراج شده از شن و ماسه‌های نفتی |
| 11. British Petroleum | 8. Neptune | 5. Double Active Universal Joint | 2. Eng Bridge Partner |
| 12. Wireless Sensor Network\WSN | 9. Maverick | 6. Rubber Gas Actuated Joint | 3. In Pipe Inspection Robots (IPIRs) |

منابع

- [1]. Y.Bai, Q. Bai, Subsea Engineering Handbook, Gulf Professional Publishing, 2010.
- [2]. M. Bazilian, A. Brandt, L. Billman, G. Heath, J. Logan, M. Mann, M. Melaina, P. Stalwick, D. Arent, S. Benson, Ensuring benefits from north American shale gas development: Towards a research agenda, Journal of Unconventional Oil and Gas Resources.
- [3]. D. A. Anisi, E. Persson, C. Heyer, Real-world demonstration of sensor-based robotic automation in oil and gas facilities, in: IEEFJRSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2011, pp. 235-240.
- [4]. Anon., Unconventional fossil fuels factsheet (Oct 2014).
- [5]. E. McGowan, L. Song, M. MARSHALL, K. River, The dilbit disaster: Inside the biggest oil spill you have never heard of, part1, Inside Climate News, June 26.
- [6]. S. Casati, In the depths of the desert: the challenges of building oil and gas infrastructure in a remote and inhospitable part of the sahara desert.
- [7]. S. gon Rob, H. Choi, Strategy for navigation inside pipelines with differential-drive in pipe robot, in: Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2002., Vol. 3, 2002, pp. 2575-2580.
- [8]. Y.-S. Kwon, B.-J. Yi, Design and motion planning of a two module collaborative indoor pipeline inspection robot, IEEE Transactions on Robotics 28 (3) (2012).
- [9]. H. R. Choi, S. M. Ryew, Robotic system with active steering capability for internal inspection of urban gas pipelines, Mechatronics 12 (5) (2002) 713-736.
- [10]. S. A. Fjerdigen, P. Liljeback., A. A. Transeth, A snake-like robot for internal inspection of complex pipe structures, in: Intelligent Robots and Systems, IEEE, 2009, pp.5665--5671.
- [11]. A. M. Bertetto, M. Ruggiu, In-pipe inch-worm pneumatic flexible robot, in: IEEFJASME Int Conf on Advanced Intelligent Mechatronics, Vol 2, 2001, pp. 1226-1231.
- [12]. F. Tache, W. Fischer, R. Moser, F. Mondada, R. Siegwart, Adapted magnetic wheel unit for compact robots inspecting complex shaped pipe structures, in: IEEFJASME int conf on Adv intelligent mechatronics, 2007, pp.1.
- [13]. S. LiYmg, L. YtBo, S. LiBo, L. LingGe, Comparison of magnetic flux leakage (mfl) and acoustic emission (ae) techniques in corrosion inspection for pressure pipelines, in: 31st Chinese Control Conference (CCC), 2012, 2012, pp. 5375 -5378.
- [14]. R. R. Costa, N. R. S. dos Reis, L. Hsu, A. J. Peixoto, P.C. S. Gomes, Robotized system for in-pipe inspection, in: IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2003.
- [15]. J. K. Ong, D. Kerr, K. Bouazza-Marouf, In-pipe multi-robot system: Modular configurable co-operative semi-autonomous robotic units, in: Int Conf on Gas Research, 2001, pp. 47-52.
- [16]. T. Izumikawa, H. Yagucbi, Movement of a cable less in-piping magnetic actuator with a new propulsion module, IEEE Transactions on Magnetics 48 (11) (2012) 4196-4199.
- [17]. X.Li, W. Yu, X.Lin, S.S.Iyengar. On optimizing autonomous pipeline inspection, IEEE Transactions on Robotics 28 (1) (2012) 223-233.
- [18]. A. L. C. Oliveira, M. F. Silva, R. S. Barbosa, Architecture of an wheeled climbing robot with dynamic adjustment of the adhesion system, in: 8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2010, pp. 127-132.
- [19]. H. Wang, X. Hwmg, R. Hong, C. Fang, A new inspection robot system for storage tank, in: 7th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2008, pp. 7427-7431.
- [20]. R. F. Andndez, E.G. andlez, V. Feliu and. A. Rodri Andguez, A wall climbing robot for tank inspection. an autonomous prototype. in: IEEE Industrial Electronics, 2010, pp. 1424-1429.
- [21]. W. Ftscher, F. Tache, R. Siegwart, Inspection system for very thin and fragile surfaces, based on a pair of wall climbing robots with magnetic wheels, in: IEEE/R.SJ Int Conf on Intelligent Robots and Sys, 2007, pp. 1216-1221.
- [22]. J.M.Sullivan, Revolution or evolution? the rise of the uavs, in: Technology and Society, 2005. Weapons and WICC8: Prevention and Safety in a Tune of Fear. ISTAS 2005. Proceedings.2005International Symposium on, IEEE, 2005, pp. 94-101.
- [23]. Anon., BP Alaska: Unmanned aerial vehicle (UAV) pilot testing (2012).
- [24]. M.S.BenSaleb, S.M.Qasim, A.M.Obeid, A.Garcia-Qrtiz, Are view on wireless sensor network for water pipeline monitoring applications, in: Collaboration Technologies and Systems (CTS), 2013 International Conference on, 2013, pp. 128-131.
- [25]. K.. Anupama, N. Kamdar, S. Kamalampet, D. Vyas, Sahu, S., S.Shah, A wireless sensor network based pipeline monitoring system, in: International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), 2014, pp.412-419.
- [26]. H. Zhang, F. Zhang, Y. Wang, G. Zhang, Wireless sensor network based anti-theft system of monitoring on petroleum pipeline, in: Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2011, pp. 4689-4692.
- [27]. D. Wu, D. Chatzigeorgiou, K. Youcef-Toumi, S. Mekid, R. Ben-Mansour, Channel-aware relay node placement in wireless sensor networks for pipeline inspection, Wireless Communications, IEEE Transactions on PP (99) (2014)1-1.

■ ادامه منابع در (دبیرخانه) موجود است.