منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول
أوابـك

الحقول الرقمية

Digital Oil Fields

دولة الكويت : تموز/ يوليو 2019

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول
أوابـك

الحقول الرقمية

دولة الكويت : تموز/ يوليو 2019

مقدمة

شهدت أسواق النفط في الآونة الأخيرة تحسناً نسبياً في الأسعار، رافقه نمو في الطلب بمعدل لم يختلف كثيراً عن معدله في السنوات القليلة الماضية. ومع اتساع أفق التوقعات المستقبلية للطلب على الطاقة، تواجه الصناعة البترولية عدة تحديات تتعلق بالتكاليف من جهة، وبالموارد البشرية من جهة أخرى. وبطبيعة الحال لن تتمكن الصناعة البترولية من العمل بكامل إمكاناتها الرامية إلى تعظيم قيمة العوائد على الاستثمارات ما لم تكن قادرة على مواجهة تلك التحديات، حيث يمثل سد الفجوات في تأمين اليد العاملة الخبيرة أحد العوامل الهامة في الصناعة للحفاظ على وتيرة النمو وزيادة الريع إلى أقصاه مقابل رأس المال المستثمر وتكاليف التشغيل المدفوعة.

يظهر مصطلح حقل النفط الرقمي في هذا المقام كمصطلح شامل للحلول التي تركز على التكنولوجيا والتي تسمح للشركات بالاستفادة من الموارد المتاحة، إذ يمكن لهذه التقنية أن تساعد العاملين على تحليل الكميات المتزايدة من البيانات الناتجة عن التقنيات الهندسية المتطورة، وذلك بسرعة أكبر ودقة أعلى. وضمن هذا المضمار لابد من التنويه إلى أن الحقول الرقمية ليست مفهوماً جديداً، فقد عرفت بعدة تسميات خلال السنوات العشرين الماضية، لكن تعبير "الحقول الرقمية" كان يستخدم على نطاق ضيق ليشير إلى برمجيات ومعدّات توظف لإنجاز أو أداء مهمة معينة بشكل آلي. إلا أن المفهوم توسع مؤخراً وتطور من مجرد جمع البيانات الحقلية، ليشمل تحليل البيانات بشكل فوري عبر التواصل من خلال الإنترنت. فالحقول الرقمية اليوم تعبّر عن نوعٍ من الصلة بين كلٍ من العاملين والمعدات والعمليات. ومع تزايد التحديات التقنية في الصناعة البترولية، بات التواصل السريع بين العاملين في المكاتب وبين القائمين على الأعمال الحقلية ضرورة ملحّة للوصول إلى قرارات متكاملة تصب في صالح تطوير الإنتاج.

ويمكن الجزم بأن أهم ما تحتاجه الصناعة البترولية اليوم هو إيجاد استراتيجيات عمل تُبنى حول التطورات في القدرات الرقمية التي باتت سمة العصر، ذلك أن التسارع المضطرد في هذه القدرات يعني أن قدرة الصناعة البترولية على رفع قيمة الحقول تتغير بدورها، وهذا يفرض العديد من التحديات التي ترسم الملامح الهامة لهذه الاستراتيجيات.

تأتي هذه الدراسة لتسلط الضوء على مفهوم الحقول الرقمية وتطبيقاتها، والأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول إذ تصدّر هذه الدراسة، فهي تأمل أن تضيف بها لبنة جديدة إلى بناء الصناعة البترولية في الدول العربية، وترجو أن يستفيد المختصون منها.

والله ولي التوفيق

الأمين العام

عباس علي النقي

جدول المحتويات

الجداول الواردة في الدراسة

الأشكال الواردة في الدراسة

ملخص تنفيذي

تناولت هذه الدراسة المفهوم العام للحقول الرقمية ومدى الحاجة لها.

قسمت الدراسة إلى ثلاثة فصول:

الفصل الأول: اهتم هذا الفصل بتعريف الحقول الرقمية وتقديم لمحة تاريخية عنها غطت مرحلة ما قبل الثمانينات وصولاً إلى الوقت الراهن.

الفصل الثاني: نظر هذا الفصل في مدى الحاجة للحقول الرقمية، وأهمية الحقول الرقمية من وجهة نظر الصناعة البترولية. كما بين أهم التحديات التي تواجه الحقول الرقمية، وبحث في موضوع بيئة العمل التعاونية، والتعاون بين الشركات البترولية وشركات البرمجيات، وذلك للوصول إلى إيضاح مفهوم الثورة الصناعية الرابعة ودورها في سلسلة القيمة، وخلص إلى بيان أسس التطبيق المرحلي لتقنيات الحقول الرقمية. وجرى من خلاله إيضاح أن الحقول الرقمية ليست مجرد مفهوم بسيط، فتكاليفها توحي بأن تطبيق هذا المفهوم لن يكون بديلاً عن الخبرة. كما أن السؤال عما يمكن عمله يجب أن يستبدل بالسؤال عما ينبغي عمله، إذ أن الزيادة الكبيرة في اعتماد الحوسبة السحابية من قبل شركات الصناعة البترولية تبدو كأمر لا مفر منه.

الفصل الثالث: تناول هذا الفصل عدة تجارب عربية وعالمية في مجال تطبيق تقنية الحقول الرقمية، في مسعى لتوضيح صورة هذه التقنية. كما نظر في مبادرة التحول الرقمي التي تبناها المنتدى الاقتصادي العالمي منذ بضع سنوات، مركزاً على جزئية النفط والغاز ضمن المبادرة. وبين أن تطبيق تقنيات الحقول الرقمية يساهم في انخفاض تكاليف التشغيل، ووضع الحقول على الإنتاج بشكل مبكر، ويساهم في رفع معدل الإنتاج ورفع معامل الاستخلاص. وانخفاض رأس المال اللازم لعمليات التطوير، وتخفيض تكاليف عمليات هجر الحقول. علاوة على ذلك، يمكن تحقيق زيادة كبيرة في قيمة الأصول والممتلكات عندما تتم إدارة المكامن في الوقت الفعلي.

ونظراً لاستخدام العديد من المصطلحات التقنية في مجال المعلوماتية، فقد تمت الاستعانة بقاموس **مرجان: مصطلحات تكنولوجيا المعلومات** وتحديثاته اللاحقة. وتم إدراج شرح مبسط لبعض المصطلحات المتخصصة التي وردت، وذلك ضمن هوامش الدراسة، ثم أفرد جدول يضم المصطلحات التي وردت فيها.

الفصل الأول

يتضمن هذا الفصل مدخلاً لمفهوم الحقول الرقمية، ويشمل النقاط التالية:

- تمهيد
- الطلب العالمي على النفط والغاز
- تعريف الحقول الرقمية
- لمحة تاريخية
- الفائدة من الحقول الرقمية
- مدى الحاجة للحقول الرقمية
- أهمية الحقول الرقمية
- التحديات التي تواجه الحقول الرقمية
- مفهوم الثر الذكي
- مفهور الثورة الصناعية الرابعة

الحقول الرقمية

تمهيد

أدركت الشركات العاملة في الصناعة البترولية منذ فترة طويلة الدور الحاسم للتكنولوجيا في الوصول إلى موارد جديدة، وتحسين الكفاءة، والعمل بطريقة آمنة وسليمة بيئياً. أي أن دور التكنولوجيا وأهميتها في الصناعة البترولية هو من الأمور الثابتة، أما المتغير فهو كيفية سعي الشركات إلى تحقيق التقدم في هذا المضمار، والعوامل التي تؤثر على وتيرة واتجاه تطوير التقنيات المختلفة، وآلية عمل الشركات على حجز مكان لها على خارطة هذه التقنيات.

لقد شكّل عام 1947 نقلة نوعية في التاريخ عندما تم ابتكار الترانزيستور كمضخم إشارة Amplifier بدلاً من الصمامات المخلّاة من الهواء Vacuum Tube، ثم لعب دوراً أكثر أهمية حين بدأ استخدامه كمفتاح تبديل إلكتروني Switch. وربما لم يَجُد الزمان حتى اليوم باختراع كان له عميق الأثر في تغيير طريقة حياة البشرية برمّتها مثل الكومبيوتر (الحاسب الآلي)[1] الذي كان للترانزيستور فضلٌ كبير في تطوره بعد أن تم دمج الترانزيستور مع مكونات أخرى فيما بات يعرف باسم الدارات المتكاملة[2].

---

[1] Michael Riordan. Transistor. *Encyclopedia Britannica*, https://www.britannica.com/technology/transistor Retrieved: 18/10/2018
ملاحظة: موسوعة دائرة المعارف البريطانية توقفت عن الصدور بشكلها الورقي منذ عام 2012، وباتت متاحة على شبكة الإنترنت فقط.

[2] Integrated Circuits

شهدت حقبتا الخمسينات والستينات من القرن الماضي استخدام الحواسب من قبل الحكومات سواء للتطبيقات المدنية أو العسكرية، وقد تميزت تلك الفترة[3] بحواسب كبيرة تنامت قوتها باضطراد، إلا أنها كانت مرتفعة التكلفة إذ بلغت الأجرة الشهرية[4] في عام 1959 لكومبيوتر (IBM 1401) نحو 8000 دولار. وسرعان ما تراجع حجم أجهزة الكومبيوتر بعد استبدال الصمامات بالترانزيستور، وأصبحت تحتاج إلى طاقة أقل، وتنشر كميات أقل من الحرارة، وبذلك تمكن المهندسون من إضافة أعداد أكبر من الدارات الإلكترونية فارتفعت قدرة الحواسب بالتدريج حتى شهدت حقبة السبعينات ظهور الحواسب التي يمكن استخدامها في المنازل. وفي الثمانينات كانت الحواسب قد دخلت في مجال الأفلام السينمائية وفي صناعة الأشخاص الآليين، وساهمت في ظهور آلات الصرافة في البنوك ATM. ولم ينصرم القرن العشرون حتى كانت معظم دول العالم متصلة مع بعضها عبر شبكة الإنترنت.

ومع النمو المضطرد في تقنية صناعة الدارات الإلكترونية المصغرة، باتت الهواتف الذكية ميزة للقرن الحادي والعشرين، ورسمت مع باقي التقنيات ملامح ثورة رقمية كان لها أبعاد اجتماعية واقتصادية لم يشهد لها التاريخ مثيلاً، فارتفعت القدرة على التواصل وعلى نقل المعلومات بسرعة فائقة في كل مناحي الحياة.

---

[3] David Hemmendinger Michael R. Swaine William Morton Pottenger Paul A. Freiberger. Computer. *Encyclopedia Britannica*, https://www.britannica.com/technology/computer Retrieved: 18/10/2018.

[4] كانت شركة IBM تؤجر الحواسب ولا تبيعها في تلك الآونة.

ورغم أن الصناعة البترولية لم تكن المستفيد الأوحد من نمو القدرات الرقمية، إلا أن التطورات في مجال البرمجيات Software والمعدّات Hardware، بالترافق مع تطور تقنيات الاتصالات، تضافرت مجتمعة لتعزز مفهوم العهد الرقمي الجديد. ولم يخف على أقطاب هذه الصناعة أن عقلية احتضان العهد الرقمي سيكون لها القول الفصل في نجاح توظيف هذا العهد للاستفادة منه قدر الإمكان.

كان الرصد عن بعد Remote monitoring حتى أواخر الثمانينات هو المجال الوحيد للتطبيقات الحقلية الإلكترونية، وكان مقصوراً على محولات الضغط ومجموعة الصمامات السطحية حول شجرة الميلاد. كما كان التحكم عن بعد Remote controlling يخطو خطواته الأولى في مجال عمليات إكمال الآبار، لكنه كان مقيداً بالتحكم الهيدروليكي بصمامات الأمان والتحكم الكهرو-هيدروليكي بصمامات رأس البئر فقط، ثم ظهرت لاحقاً أول عملية ساهم فيها الكمبيوتر وساعدت على رفع إنتاج الغاز عن طريق التحكم عن بعد بشجرة الميلاد وساعدت في مراقبة البئر والتحكم به، وأصبح من المعتاد تشغيل أجهزة دائمة لقياس الضغط ودرجة الحرارة في قاع البئر كجزء من نظام الإكمال، مترافقة مع البنية التحتية اللازمة لنقل البيانات. ومع التطوير والتنفيذ الناجح وتحسين موثوقية أجهزة الاستشعار المثبتة بشكل دائم، بات ينظر إلى القدرة على التحكم المباشر في تدفق الموائع إلى البئر على أنها أداة فاعلة لرفع العوائد الاقتصادية. وقد استجابت صناعة الخدمات Services في أواخر القرن العشرين بإنتاج أنظمة صممت للقيام بوظائف حقلية متكاملة، لكنها كانت معقدة وعالية التكلفة، فلم تنل قبولاً واسع النطاق لأن احتمالات

نجاحها كانت منخفضة من جهة، ولأن كلفة تركيبها كانت مرتفعة من الجهة الأخرى. ثم عملت الصناعة على تقديم أنظمة هيدروليكية منخفضة التكلفة تضمنت عدداً من الوظائف، وسمحت تلك الأنظمة بوضع عدد من المستشعرات Sensors ضمن مجموعات متنوعة من الأنظمة بالترافق مع أجهزة التحكم الهيدروليكية وذلك لتوفير إكمال ذكي للآبار. أي أن الفكرة التي كانت منذ بضع سنوات تعني ببساطة استخدام آلة لمهمة استكشاف معينة، قد اتسعت بالتدريج لتشمل أتمتة ودمج مجموعة كبيرة من المهام في العديد من جوانب دورة الاستكشاف والإنتاج، وكلها أصبحت ممكنة بفضل التغيرات الهائلة في القدرة على معالجة كميات هائلة من البيانات في فترات زمنية قصيرة جداً. ولا شك أن التطور التقني والتكلفة المنخفضة نسبياً للتحويل الرقمي أو ما يعرف بالرقمنة Digitalization، يوفران فرصة ثمينة للمنافسة بين شركات النفط والغاز التي تتبنى الثورة الرقمية بشكل صحيح[5].

1-1 الطلب العالمي على النفط والغاز

إن الحديث عن الحقول الرقمية ليس ترفاً فكرياً، بل ضرورة يبرزها الطلب المتنامي على النفط والغاز عالمياً، فبالرغم من تنوع المصادر الحالية المتاحة، إلا أن المصادر الهيدروكربونية كانت ولا تزال تحظى بقصب السبق في تلبية الطلب على الطاقة، حائزة بذلك مكانة لا تدانيها

[5] Anshu Mittal, Andrew Slaughter and Vivek Bansal (No date). From bytes to barrels. The digital transformation in upstream oil and gas. *Deloitte Insight*. Available at: https://www2.deloitte.com/insights/us/en/industry/oil-and-gas/digital-transformation-upstream-oil-and-gas.html#endnote-sup-1 Retrieved: 8/10/2018.

مكانة باقي المصادر.

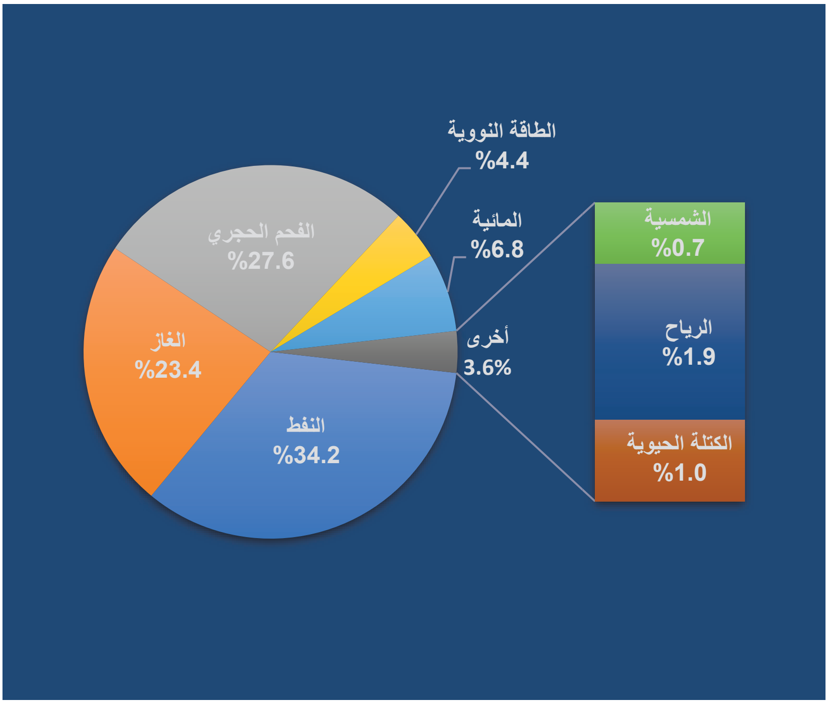
تشير بيانات BP إلى أن المعدل الوسطي لاستهلاك النفط تزايد بمعدل 1.2% سنوياً خلال عشر سنوات (2007- 2017)، وإذا استمرت عجلة نمو الاستهلاك في السير على وتيرتها الحالية (بافتراض عدم تغير العوامل الحالية المؤثرة على الطلب)، فمن المتوقع أن يصل الاستهـلاك العالمـي إلى 111 مليون ب/ي في عام 2040. أي أن العالـم سيحتـاج إلـى أكثـر مـن 40 مليـار برميل فـي ذلك العـام، مقابـل 36 مليار برميل تم استهلاكها عام 2017[6].

وفي نفس الوقت ارتفع المعدل الوسطي لاستهلاك الغاز الطبيعي بمعدل 2.4% سنوياً بين 2007- 2017، مما يعني أن الاستهلاك العالمي ربما يصل إلى أكثر من 6 تريليون متر مكعب عام 2040 مقابل 3.7 تريليون متر مكعب استهلكت عام 2017.

يبين الشكل 1 نسبة النفط والغاز في مزيج الطاقة العالمي عام 2017، حيث يلاحظ أنهما ساهما فيما يقارب 58% من طاقة العالم. وترى BP أن النفط والغاز سوف يساهمان في 53% على الأقل من مزيج الطاقة العالمي عام 2040.

[6] BP Statistical Review of World Energy, June 2018.

الشكل 1: مزيج الطاقة العالمي عام 2017



أعد الشكل بناء على بيانات BP Statistical Review of World Energy، 2018.

هذا الطلب المتنامي على الطاقة يعزز أهمية التخطيط المستقبلي سواء بالنسبة للدول المصدرة أو المستوردة. ومع دخول العديد من الحقول الكبيرة في العالم مرحلة النضوج من جهة، وتراجع عدد الاكتشافات العملاقة من جهة أخرى، فقد تركزت الأنظار على تقنيات الاستخلاص المحسن التي يمكنها أن تلعب دوراً فعالاً في رفع مُعامل الاستخلاص من الاحتياطي الجيولوجي، مما يضيف كميات جديدة إلى الاحتياطيات القابلة للإنتاج من النفط.

تتنوع التجارب والنتائج في مجال الاستخلاص المحسن بحسب التقنية المستخدمة، ومع الأخذ بعين الاعتبار أن طرق الإنتاج الأولية للنفط لا تستخرج أكثر من 30- 35% من إجمالي الاحتياطي الجيولوجي، أي أنها تترك خلفها حوالي 65- 70% من هذا الاحتياطي، عندها يمكن تفهّم السبب الكامن وراء البحث عن طرق مختلفة لإنتاج المزيد من النفط.

وهنا تأتي الحقول الرقمية لتدلي بدلوها في مجال تلبية الطلب العالمي على النفط، إذ تساهم المعلومات التي يتم الحصول عليها في الوقت المناسب، في التوصل إلى قرارات أفضل يمكن لها أن ترفع الإنتاجية، كما أن زيادة عدد الحقول التي تعمل بالتحكم عن بعد تقلل من مخاطر الحوادث، إذ ينخفض عدد الطواقم الحقلية اللازمة، ويقل بالتالي عدد مرات السفر من وإلى موقع العمل، وهذا يساهم في الحد من التعرض للحوادث المحتملة، كما يساهم في الحد من تعرض العاملين للمخاطر البيئية المحتملة في كل موقعٍ حقلي مهما كانت درجة الاهتمام بالسلامة والأمن الصناعي فيه.

إضافة إلى ذلك، تظهر بوضوح وفورات مالية ملموسة نتيجة تطبيق مفهوم الحقول الرقمية، وتذكر مجموعة IHS Cera أن استخدام حقول النفط الرقمية، يمكن أن يحقق وفورات للشركات تصل إلى 25% في تكاليف التشغيل، كما يمكن الوصول إلى معدلات إنتاج أعلى بنسبة 8%، وتقليل التكاليف الإجمالية للمشاريع بنسبة 2- 4%، وتحسين معدل استغلال الموارد بنسبة 6%، وكل ذلك يمكن أن يظهر خلال أول سنة كاملة من تطبيق مفهوم الحقول الرقمية[7].

[7] IHS Cera (2014). Brochure: IHS Upstream Technology and Innovation.

وفي المحصلة فإن التكاليف المنخفضة وإدارة المكامن بشكل أكثر فاعلية، وتقليل مشاكل الحفر ستؤدي مجتمعة إلى زيادة الأرباح، مما يجعل المزيد من الحقول قابلة للاستثمار بشكل اقتصادي، أي أن بعض الحقول التي كانت تعتبر خارج مجال الجدوى الاقتصادية، يمكن أن تعود إلى دائرة الضوء، وهذا ربما يكون له دور لا يستهان به في مواجهة الطلب العالمي المتنامي على النفط. ويمكن هنا الإشارة إلى أن خفض التكاليف وما رافقه من تقليص القوى العاملة ظهر أثره بوضوح بعد انخفاض أسعار النفط الذي بدأ منذ أواخر عام 2014 مما ألقى بظلاله على ميزانيات وأرباح الشركات العاملة في الصناعة البترولية، فشهد عام 2015 تخفيض ميزانيات عدد كبير من الشركات العالمية. وتمثّل التحدي الأكبر لتلك الشركات في محاولة الموازنة بين أهمية تحقيق عوائد على المدى القصير، وبين ضرورة متابعة عمليات الاستكشاف والإنتاج والتطوير على المدى البعيد.

كما شهد عام 2016 تراجع الميزانيات والإنفاق للعام الثاني على التوالي، وهو ما لم تشهده الصناعة البترولية لأكثر من 30 عاماً. وقد واجهت الشركات هذا الوضع حينها بثلاث طرق:

Website:https://ihsmarkit.com/pdf/UTAI-brochure-feb-2014_155819110913044932.pdf Retrieved: 8/10/2018

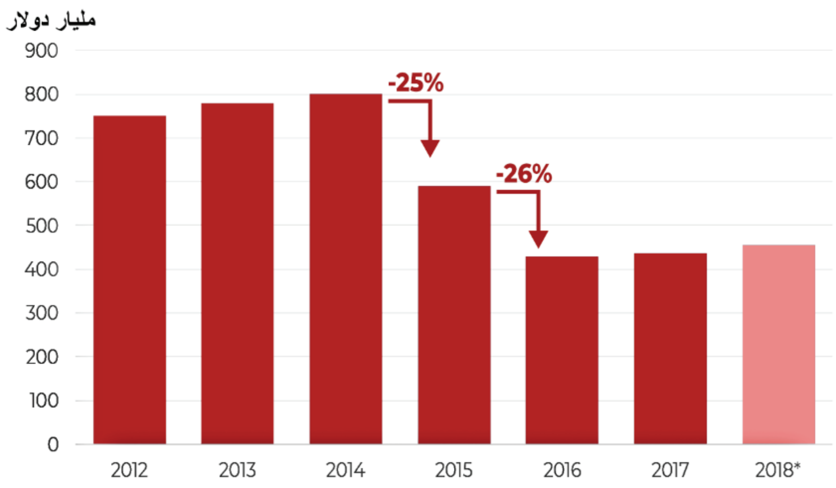
1. تشكيل تحالفات تجعل هذه الشركات قادرة على تقديم خدمات متكاملة، وفي بعض الحالات تجسدت التحالفات عبر الاستحواذ والدمج M&A[8].
2. الاستغناء عن عدد من الكوادر وتسريح العاملين، فقد تم تسريح نحو 22% من كوادر الشركات البترولية العالمية خلال عام 2015، وسرح نحو 7% أيضاً حتى منتصف عام 2016. وبلغ إجمالي من تم تسريحهم منذ عام 2014 وحتى أواخر سنة 2016 أكثر من 350 ألف موظف وعامل[9].
3. تعليق بعض برامج الاستكشاف أو الاستغناء عنها نهائياً، مثلما فعلت شركة Shell التي أعلنت عن إيقاف برنامجها الاستكشافي في ألاسكا والذي كانت قد رصدت له 7 مليار دولار، وذلك بعد الحصول على نتائج سلبية من حفر بئر واحد فقط، وهو أمر غير معتاد فنياً (أوابك، 2016)[10]. ومن الغني عن الذكر أن تعليق برامج الاستكشاف سيكون له تأثير على كميات النفط التي يمكن إنتاجها مستقبلاً.

يبين الشكل 2 الإنفاق الرأسمالي العالمي في مجال الاستكشاف والإنتاج خـلال سبــع سنــوات حسب بيانات وكالة الطاقة الدولية[11].

---

[8] Merging and Acquisition
[9] Ryan Purpura, John Thompson, and Kathryn Keane (2016). Emerging trends in distressed oil patch. *Oil and Gas Journal*, volume13, issue10.
[10] أوابك (2016). *تقرير الأمين العام السنوي 43*.
[11] International Energy Agency (2018). Oil 2018, Analysis and Forecasts to

الشكل 2: الانفاق الرأسمالي في مجال الاستكشاف والإنتاج (2012- 2018)*



المصدر: IEA، 2018

وعند التمعّن في الشكل 2 مع أخذ نمو الطلب العالمي بعين الاعتبار، يمكن تبين أهمية الاستجابة المطلوبة من جانب العرض، إذ أن عام 2018 بدأ بالكاد يتعافى من التراجع الكبير الواضح بين عامي 2014 و2016، في حين ظهرت أولى بوادر هذا التعافي عام 2017.

لكن حجم الانفاق كما يبينه الشكل لا يزال أقل بحوالي 50% عن مستواه في عام 2014، مما قد يشير إلى احتمال ظهور مشاكل مستقبلية في تلبية الطلب العالمي، بالرغم من المحاولات الناجحة حتى الآن للصناعة في تخفيض التكاليف ورفع كفاءة المشاريع البترولية.

2023. Executive Summary. Available at: https://www.iea.org/Textbase/npsum/oil2018MRSsum.pdf Retrieved: 29/10/2018

* بيانات تقديرية عن عام 2018.

لقد ساهمت التقنيات المتطورة في تباطؤ التراجع الطبيعي لمعدلات الإنتاج، لكن الحاجة لمزيد من الاستثمارات لا تزال قائمة، إذ تشير وكالة الطاقة الدولية إلى أن العالم يحتاج إلى إيجاد بديل عن نحو 3 مليون ب/ي تمثل التراجع الطبيعي السنوي من الحقول الناضجة، وهو رقم ليس بالهين إذ يزيد عن إنتاج الكويت مثلاً الذي بلغ عام 2017 نحو 2.7 مليون ب/ي[12]. وتتابع وكالة الطاقة الدولية في تحليلاتها التأكيد على أن الاكتشافات الجديدة على مستوى العالم لم تتجاوز 4 مليار برميل من النفط وسوائل الغاز الطبيعي في عام 2017.

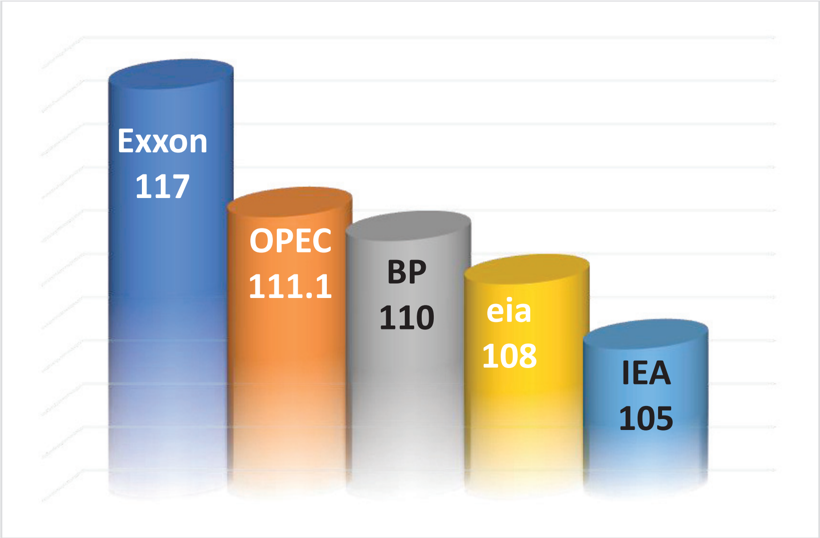
وهذا ما يدفع للقول بأن الاستثمار في المحافظة على معدل الإنتاج الحالي هو أحد التحديات، لكن التحدي الأكبر هو الاستثمار في مواجهة نمو الطلب المستقبلي (الشكل 3)، والمتوقع أن يصل إلى ما يتراوح بين 105-117 مليون ب/ي في عام 2040، أي ما يعادل بين 38- 42 مليار برميل في ذلك العام[13].

---

[12] أوابك (2018). التطورات العالمية والعربية في استكشاف واحتياطي وإنتاج مصادر الطاقة. *تقرير الأمين العام السنوي*، 41.

[13] تركي الحمش (2018). مصادر الطاقة في الدول العربية والعالم. مؤتمر *الطاقة العربي الحادي عشر*، المغرب، 1-4 تشرين الأول/أكتوبر.

الشكل 3: توقعات الطلب على النفط عام 2040 (مليون ب/ي)



المصدر: الحمش، 2018*

2- 1 تعريف الحقول الرقمية

الحقول الرقمية Digital Fields، والحقول الذكية Intelligent Fields، والحقول الإلكترونية e-fields، هي مصطلحات مختلفة تشير إلى المفهوم نفسه، وتستخدم لوصف استخدام البيانات اللحظية Real Time Data للوصول إلى أفضل النتائج من البئر أو المكمن أو الحقل. ويكشف مفهوم الحقول الرقمية عن مستقبل واعد للصناعة البترولية، إذ قد يكون القوة الدافعة لتحسين إمكانيات الإنتاج، وكلمةَ السر وراء تخفيض نفقات التشغيل، وخط الدفاع الرئيسي أمام الأخطار المحتملة

دوماً في الحقول، مما يعزز من وضع السلامة المهنية[14]. ويمكن القول إن الحقول الرقمية توجز نهجاً جديداً للتنقيب يزداد ضرورة أكثر فأكثر مع ميل الشركات إلى خفض التكاليف وتقليص القوى العاملة، مع الحفاظ على كفاءة العمل ورفع معدلات الإنتاج من الحقول.

الحقول الرقمية لا تعني مكاناً محدداً بقدر ما تعني وجود عملية متكاملة، وربما يتبادر إلى الذهن أن حقل النفط الرقمي هو مركز تقني مع مئات من الشاشات الوامضة وخبراء يقارنون الملاحظات بجدية في بيئة هادئة، ولكن من الأفضل عدم وصف الحقل الرقمي كوجود مادي، بل الأحرى وصفه كمفهوم لا يشمل فقط البيانات التي يتم بثها من الآبار البعيدة، ولكنه يشمل معالجة ومكاملة وتحليل هذه البيانات في عدد من البيئات المادية. وهذا المفهوم لا يمكن أن ينحصر في مجرد غرفة مبنية لغرض محدد، بل يشمل أيضا مقر الشركة النفطية ومكتباً استشارياً وموقعاً للآبار نفسها. وتكون الاتصالات الرقمية (مثل المؤتمرات عبر الفيديو) بين هذه المراكز جزءاً جوهرياً من العملية.

كما لا تقتصر فكرة الحقل الرقمي على العمليات التشغيلية فقط، فالبيانات التي يتم تبادلها تساعد على اتخاذ القرار قبل حفر بئر جديد، ويتم توظيفها في تحليل نتائج الحفر كذلك[15].

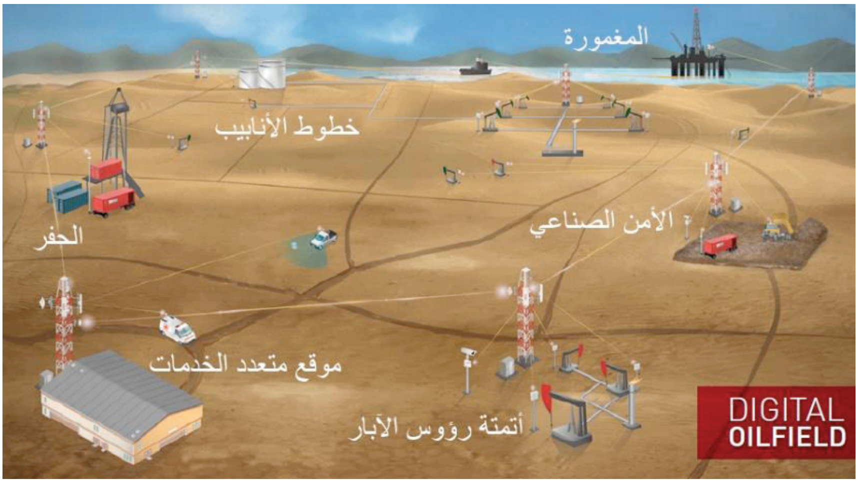
* نفس المرجع (13) في الصفحة السابقة.

14 Iberê Alves (2009). Technology Focus: Intelligent Fields Technology. SPE, Journal of Petroleum Technology, Volume 61, Issue 05.

15 Jane Whaley. (2015). What is a Digital Oil Field? GeoExPro Magazine, Vol. 12, No.2.

إن الأتمتة جزء حيوي من مفهوم الحقول الرقمية، حيث يتم الاستفادة من الوقت والخبرة البشرية في تحليل البيانات اللحظية بدل بذل الجهد في تجميعها، وفي وجود مجموعة واسعة من الخبرات المتضافرة يمكن التوصل إلى قرارات تغطي جميع القضايا المعنية، مما يزيد الكفاءة بشكل كبير. يوضح الشكل 4 مخططاً لحقل رقمي يبين تمثيلاً لمفهوم ربط كل العمليات في الحقل.

الشكل 4: مخطط تمثيلي لمفهوم الحقل الرقمي



المصدر: Redline Communication[16]

---

[16] Redline Communications (No date). Brochure: Virtual Fiber TM for Digital Oil Fields. Website: https://rdlcom.com/files/pdf/Redline%20Brochure%20-%20Virtual%20Fiber%20for%20Digital%20Oilfields.pdf Retrieved: 8/10/2018.

3- 1 لمحة تاريخية

ربما يظهر التمهيد السابق للموضوع أن مفهوم الحقول الرقمية هو مفهوم حديث، لكن الواقع أن اعتماد التقنيات الرقمية يعود إلى حقبة الثمانينات من القرن الماضي. ويمكن لمتابعة تاريخ تطور الحقول الرقمية، النظر في عدة نقاط علّام هامة في هذا المجال[17]، منها:

1-3- 1 ما قبل الثمانينات: المسح الزلزالي ثنائي الأبعاد، والآبار متعددة الجذوع

يعتبر الحفر الأفقي والمسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد من أهم التقنيات في الحقول الرقمية، فقد حفر البئر الأفقي الأول في ثلاثينات القرن الماضي، بينما حفر أول بئر متعدد الجذوع في خمسينات ذلك القرن، ورافق ذلك انتشار استخدام المسح الزلزالي ثنائي الأبعاد الذي ظهر بعد عام 1961 بعد تطور الحواسب الرقمية، بينما تطورت بالتدريج التقنيات التي سددت خطى المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد في حقبة الستينات[18]، وكان هذا النوع من المسح يعتبر مكلفاً جداً حتى أن الولايات المتحدة الأمريكية لم تجر أكثر من 100 عملية مسح من هذا النوع حتى الثمانينات[19].

---

[17] Heidi Vella (2015). A history of the digital oil field. Available at: https://www.offshore-technology.com/features/featurea-history-of-the-digital-oil-field-4436910/
Retrieved: 29/10/2018

[18] Robert K. Merrill1 and Charles A. Sternbach (2017). The AAPG Century – Giant Fields through the Decades. *AAPG Datapages, Search and Discovery Article #70267(2017). Adapted from oral presentation given at AAPG 2017 Annual Convention and Exhibition*, Houston, Texas, April 2-5.

[19] أول عملية مسح زلزالي أحادي الأبعاد 1D تمت في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1914.

2-3- 1 الثمانينات: انتشار المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد

سمح التطور في التقنيات الحاسوبية بانتشار المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد حتى بات جزءاً عادياً من عمليات التنقيب، وحتى منتصف التسعينات باتت الولايات المتحدة تجري 200- 300 مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد سنوياً. وهذا ما فتح الباب أمام تطوير حقول لم تطلها يد الحفر من قبل، إذ بات بإمكان المسح الزلزالي الوصول إلى ما تحت طبقات الملح Subsalt التي تغطي معظم الرصيف القاري في خليج المكسيك. كما باتت التكنولوجيا أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية وإن كانت تقنية الحفر الأفقي مكلفة للغاية في الثمانينيات. وشهدت تلك الفترة كذلك دخول المركبات المسيّرة عن بعد (ROV)[20] في المغمورة.

3-3- 1 عام 1984: أول مجموعة حفر قابلة للتوجيه

ظهرت في ذلك العام أول مجموعة حفر قابلة للتوجيه Steerable، تضمنت رأس حفر عالي الأداء، ووصلة توجيه، ومحركاً جوفياً، ومثبتات لمواسير الحفر. ويمكن اعتبار تلك المجموعة بمثابة السلف للتحكم بعمليات الحفر بالكومبيوتر.

4-3- 1 أواخر التسعينات: انخفاض كلفة الحفر الأفقي

قدر عدد الآبار الأفقية المحفورة سنوياً في العالم في منتصف

[20] Remotely Operated Vehicles.

التسعينات بنحو 2500 بئر، وفي نهاية فترة التسعينات كان الحفر الأفقي قد أصبح إجراءً روتينياً عند معظم الشركات نتيجة انخفاض تكاليفه. كما ساهم تطور التقنيات الرقمية في انتشار تقنية الحفر متعدد الجذوع، وبلغ عدد الآبار المحفورة في العالم بهذه التقنية حوالي 700 بئر في عام 1997.

5-3- 1 عام 2003: المسح الزلزالي المستمر في حقل Valhall

طوّرت تقنية المسح الزلزالي رباعي الأبعاد[21] 4D في عام 2000، وكانت شركة BP من أولى الشركات التي تبنت هذه التقنية، وطبقتها عام 2003 في حقل Valhall النرويجي، عبر استخدام شبكة من الكابلات المدفونة بشكل دائم، والتي تسجل بيانات المسح الزلزالي ثلاثي الأبعاد.

اكتشف عام 1975 في بحر الشمال في مياه عمقها 70 م، ووضع على الإنتاج عام 1982. وقد كشفت تقنية 4D عن تغيرات مهمة في إنتاج الحقل، مما حدا بشركة BP لاستثمار 45 مليون دولار فيما دعي باسم "تقنية المسح الزلزالي حسب الطلب"[22]، التي وفرت إمكانات غير مسبوقة للحصول على بيانات زلزالية عالية الجودة لمراقبة المكامن، فضلا عن توفير ثروة من البيانات ساهمت في تخفيض عدم اليقين

[21] المسح الزلزالي رباعي الأبعاد، هو مسح زلزالي ثلاثي الأبعاد يكرر حتى يضاف له عامل الزمن، وهو البعد الرابع.

[22] Seismic-on-demand.

بدرجة كبيرة. وساهمت التقنية المستخدمة في أن يصل الإنتاج التراكمي من الحقل إلى 1 مليار برميل نفط مكافئ في مطلع عام 2017، ويتوقع أن يستمر الحقل في الإنتاج حتى عام 2050، بمعدل يقارب 40 ألف ب/ي[23].

6-3-1 عام 2005: تطور التقنية اللاسلكية

تعتبر الشبكات اللاسلكية Wireless العمود الفقري للعديد من تقنيات حقول النفط الرقمية، وخاصة في المغمورة حيث بات من الممكن التحكم في العديد من المنصات من خلال موقع مركزي واحد، مما يسمح بالحد من عدد الطواقم اللازمة، ويعني فيما يعنيه إمكانية تشغيل عدة منصات غير مأهولة من خلال منصة مأهولة. وساهم تطوير الشبكات اللاسلكية في رفع كفاءة وفعالية المركبات المسيّرة عن بعد.

7-3-1 عام 2006: تقنية الحقول الذكية لشركة Shell

طبقت شركة Shell تقنية الحقول الذكية لأول مرة في حقل Champion West قبالة سواحل بروناي في بحر الصين الجنوبي في عام 2006، حيث استخدمت أجهزة استشعار مزودة بكابلات من الألياف البصرية لنقل المعلومات الرقمية عن درجات الحرارة والضغط والقياسات الميدانية الأخرى إلى مراكز التحكم. وهذا ما سمح للمهندسين بمراقبة الإنتاج بشكل مستمر واتخاذ قرارات سريعة حول آلية الإنتاج،

---

[23] Martin Landrø, Olav Inge Barkved and Lasse Amundsen (2009). The Valhall LoFS Project. *GeoExPro Magazine*, Vol. 6, No. 5.

مع منحهم إمكانية تحديد أي مشاكل تعيق سير العمل. يذكر أن تطوير ذلك الحقل كان يعتبر مكلفاً جداً، ذلك أن الاحتياطيات تتوضع في مكامن متناثرة على عمق يتراوح بين 2000 -4000 م تحت قاع البحر.

8-3- 1 عام 2011: إدارة التحميل الزائد للبيانات

يمثل الاستخدام الفعال ودمج كمية البيانات الكبيرة التي يتم جمعها أحد التحديات الرئيسية التي تواجه حقل النفط الرقمي. وقد أطلقت شركة GE Oil & Gas في عام 2011 نظام "Drilling iBox" وهو نظام حفر مثّل حلاً للأجهزة والبرمجيات حيث يتيح للمشغلين تحويل البيانات المتاحة إلى معلومات سهلة الاستخدام على شكل تقارير ومخططات بيانية مثلاً.

9-3- 1 عام 2013: التعاون بين BP، وKongsberg

في أيلول/ سبتمبر 2013، أعلنت شركة Kongsberg[24]، عن نتيجة تعاونها مع BP، والتي تمخضت عن تسليم نظام جديد للرصد الفوري والإنذار المبكر لدعم عمليات تصميم الآبار وحفرها، وذلك كجزء من مجموعة برامج SiteCom Well Advisor التي تطورها الشركة. وقد اعتبر هذا النظام الأول من نوعه من ضمن عدة أنظمة مشابهة تقوم شركة BP بتقييمها لمراقبة مجموعة من فعاليات العمل على الآبار بدءاً من الحفر والسمنتة وصولاً إلى تثبيت موانع الاندفاع. وكان الهدف

[24] شركة تعمل في مجال النظم التقنية عالية الكفاءة المتعلقة بالصناعة البترولية، ومقرها النرويج.

الأساسي من مشروع التعاون هو تحويل خلاصات البيانات الأولية إلى معلومات يمكن استخدامها في الوقت الفعلي. ومنذ عام 2013، قامت BP باستخدام هذا النظام في أكثر من 20 عملية في المغمورة حول العالم.

وبطبيعة الحال، فإن النقاط سالفة الذكر لا تغطي كل التطورات التاريخية، لكنها تقدم لمحة عن تسارع تبني الصناعة البترولية للتقنيات الرقمية، ذلك أن هناك مئات من التقنيات التي يتم تطويرها لرفع الكفاءة، والمساعدة في الحفر، وتوفير معلومات أفضل لتحسين شروط السلامة ودعم سرعة الاستجابة للحالات الطارئة، إضافة إلى تحسين أداء تبادل المعلومات عن بعد.

الفصل الثاني

يبحث هذا الفصل في النقاط الرئيسية التالية:

- مدى الحاجة للحقول الرقمية
- أهمية الحقول الرقمية من وجهة نظر الصناعة البترولية
- التحديات التي تواجه الحقول الرقمية
- بيئة العمل التعاونية
- التعاون بين الشركات البترولية وشركات البرمجيات
- الثورة الصناعية الرابعة
- التطبيق المرحلي لتقنيات الحقول الرقمية

الفصل الثاني

1- 2 مدى الحاجة للحقول الرقمية

لا يخفى على المهتمين أن الصناعة البترولية تعتبر من الصناعات ذات المردود المالي والاقتصادي المرتفع سواء بالنسبة للشركات الحكومية أو الدولية، لكن إنتاج النفط أو الغاز بالمقابل ليس من الأمور البسيطة، فالنمو المستمر في الطلب على الطاقة يعني ضمن ما يعنيه أنه لا توجد مساحة كبيرة تسمح بظهور أخطاء في الاتصالات أو انخفاض في الكفاءة أو عدم دقة في النتائج.

وتشير الخبرة العملية إلى أن العديد من الشركات تتبع أسلوباً تقليدياً في العمل هو مزيج من معارف ووحدات منفصلة، قليلاً ما تتواصل مع بعضها لتدارس نتائج عملها في الوقت المناسب. وحتى لو امتلكت تلك الشركات خطة عمل جماعية، فإن عمليات التواصل قد تتعثر أمام العديد من العوائق اللوجستية، مثل بعد المسافات بين الحقول ومكاتب الشركة الأم، أو صعوبة التنسيق بين ضرورة وجود العاملين على رأس عملهم في الحقول وبين انتقالهم إلى مكان اجتماع يضم كل المعنيين في وقت واحد، وكلفة التنقل التي تضاف على النفقات التشغيلية.

رغم ذلك، فإن زيادة الطلب على الطاقة سواء من الدول الناشئة أو المتقدمة، والشكوك التي تحوم حول كفاية احتياطيات النفط المتاحة، والتذبذب في أسعار النفط، كلها عوامل تضع شركات الطاقة أمام تحدٍ

يتمثل في استكشاف أمثل الطرق لتحسين الإنتاجية مع محاولة خفض التكاليف قدر الإمكان. وبالتالي، فإن تطوير واستخدام مفهوم الحقول الرقمية، والجمع بين أجهزة القياس الحقلية ونقل بياناتها بشكل فوري لتحديث نماذج المحاكاة لحظياً، وتبني عمليات الأتمتة، يمكن لها مجتمعة أن تساهم في رفع قيمة النظم العاملة وتطوير عمليات الاستكشاف والإنتاج.

وفي هذا المضمار يمكن النظر في استبيان هام شمل عينة بحثية مكونة من 80 مهندس إنتاج في حقول النفط والغاز في أمريكا اللاتينية، وبينت نتائج الاستبيان[25] أنهم ينفقون 50% من وقتهم في البحث عن البيانات المتعلقة بالعمليات الحالية، بينما يقضون أقل من 30% من الوقت في العمل على تحليل المعلومات أو الاضطلاع بمسؤوليات جوهرية تتمخض عن قيمة تقنية للشركة. كما بينت النتائج نقطة أخرى في غاية الأهمية، وهي أنه نادراً ما يتم تبادل تلك البيانات التي يقضي العاملون الكثير من وقتهم في جمعها وتحليلها، وظهر من نتائج الاستبيان أيضاً أن الفنيين في المختبرات يقومون بجمع الكثير من البيانات التي قد لا يراها المهندسون الميدانيون أبداً، والعكس صحيح. يمكن من خلال النظر إلى نتيجة هذا الاستبيان الوصول إلى أن تبادل

[25] Javier Díaz Lugo (2014). Why the “Smart Oil and Gas Field” Is Needed Now? *Oil and Gas Products News*, Digital Edition. 8 December.
Website: https://www.oilandgasproductnews.com/article/19978/why-the-smart-oil-and-gas-field-is-needed-now Retrieved: 8/10/2018

المعلومات بين المختصين سوف يثمر عن استغلال الوقت والخبرة في التركيز على ابتكار الحلول التقنية وتقديم قيمة مضافة للحقل وللشركة.

يقود الطرح الذي تقدم إلى عدة تساؤلات من أهمها: ما الذي يجب أن تفعله الشركات العاملة في الصناعة البترولية لتعزز ما يُنظر إليه على أنه عملية ناجحة بالفعل؟ وكيف تحول الشركات حقول النفط والغاز إلى حقول ذكية؟

ولا شك أن الإجابة لا تنحصر ضمن نطاق يمكن التعامل معه بشكل فوري، إذ أن هناك مرحلة انتقالية لابد منها، ويكون الاتصال المباشر والتكامل بين الوحدات المختلفة ضمن الشركة الواحدة هو مفتاح هذه المرحلة. ومن البديهي أن الصناعة البترولية تواجه بالفعل صعوبة متزايدة في استخراج النفط، وهي مهمة تزاد صعوبة كل يوم، كما أنه من المستحيل على صعيد الواقع أن يقوم العاملون بتفحص كل بئر في كل حقل بشكل يومي، خاصة في الحقول الممتدة على مساحات مترامية الأطراف. لذلك يكون خيار اللجوء إلى الحقل الرقمي هو الخيار الأمثل.

وهنا يمكن القول إن التحول التدريجي من أجل مراقبة وضمان المعدات في حقول النفط والغاز البعيدة، يجب أن يبدأ أولاً بتركيب أجهزة استشعار ومعدات تحكم، إذ لا يسمح تركيب هذه الأجهزة الميدانية الذكية على الأنابيب ورؤوس الآبار بتجميع البيانات فقط، بل يسمح أيضاً بتصنيفها وتفحص جودتها وفلترتها ميدانياً. كما يمكن للشركات التحكم في العمليات عندما تأخذ في الاعتبار كافة البيانات والمتغيرات التي تم

التقاطها من الحقل في الوقت الفعلي، وبذلك تكون جميع البيانات المرسلة مباشرة إلى كل مرافق الشركة ناتجة عن المعالجة المسبقة وتحليل المعلومات التي تقدمها الأجهزة الميدانية الذكية، مما يزيح عبء تفحصها وتدقيقها عن كاهل باقي العاملين في الشركة.

لكن نقطة أخرى تبرز إلى العيان هنا، وهي الكمّ الهائل من البيانات التي سترسل من قبل آلاف المستشعرات والمعدات الذكية الأخرى، مما يعني ضرورة تفحصها وتدقيقها بواسطة آلية مؤتمتة تشكل بدورها جزءاً من دورة العمل المتكاملة. ويمكن باختصار وصف هذه الدورة المتكاملة بأنها تسمح بقياس وتفحص ونقل البيانات وتصنيفها وتكوين تسلسل هرمي للعوائق المحتملة حتى يتم الترتيب مسبقاً لحالات التدخل البشرية اللازمة.

2-2 أهمية الحقول الرقمية من وجهة نظر الصناعة البترولية

كان تذبذب أسعار النفط الذي شهدته السنوات القليلة الماضية بمثابة جرس إنذار للعاملين في الصناعة البترولية حثّهم على التركيز على جودة الأداء التشغيلي للعمليات المختلفة، وهو ما يمكن اعتباره أساساً لتحديد العوائق الرئيسية أمام هذه العمليات، ومن أهمها تخفيض نفقات الإنتاج، وتحسين ودعم طرق اتخاذ القرار المناسب في الوقت المناسب، وكل ذلك ضمن معايير السلامة البيئية التي تتطور شروطها يوماً بعد يوم.

ضمن هذا المضمار، ولتبين موقف الصناعة البترولية من الحقول الرقمية، عملت مؤسسة PennEnergy Research بالشراكة مع مجلة

Oil and Gas على إجراء استبيان لصالح شركة Microsoft[26] بالتعاون مع مؤسسة Accenture الاستشارية السويسرية في عام 2016، وقد تناولت الأسئلة رأي عدد كبير من العاملين في الصناعة البترولية ومنظورهم للتقنيات الرقمية عموماً وشمل شركات وطنية وعالمية ومؤسسات خدمات بترولية مستقلة.

وفي ضوء الاستبيان، نشرت مؤسسة Accenture تقريراً شاملاً عن النتائج التي تم التوصل إليها، وجاء فيه إن الشركات باتت تدرس موضوع الإنفاق بشكل أكثر صرامة في بيئة يهيمن عليها شبح تذبذب الأسعار، لكنها في نفس الوقت تنفق بذكاء على التقنيات الرقمية. وأتى الاستبيان بنقطة أخرى لا يستهان بها، ومفادها أن 80% من الشركات يتوقع لها أن تنفق على التقنيات الرقمية بنفس المستوى الحالي أو أكثر. وربما تعزى هذه النتيجة إلى ثقة من شملهم الاستبيان في أن التقنيات الرقمية يمكنها أن تمثل عوناً لهم في إدارة العمل بشكل أكثر سلاسة وبمردود أعلى. وقد أكد 53% من المشاركين بأن الحد من التكاليف هو أكبر تحدٍ تتعامل التقنيات الرقمية معه حالياً، وبيّن 56% منهم أن اتخاذ قرارات أسرع وأفضل يمثل أكبر فائدة يمكن تحقيقها عبر التقنيات الرقمية. أما العائق الأهم الذي يحول دون تحقيق القيمة الفعلية من هذه التقنيات حالياً، فيتمثل في غياب استراتيجية عمل واضحة في هذا

[26] ينبع اهتمام مايكروسوفت بهذا الموضوع من كونها من كبريات الشركات التي تقدم الخدمات الرقمية لمختلف الشركات العاملة في الصناعة البترولية.

المضمار، وليس التقنية نفسها[27].

يبين الجدول 1 نسبة اهتمام الشركات البترولية بمختلف مناحي التقنيات الرقمية حسب الاستبيان المشار له، ويلاحظ منه تزايد الاهتمام الواضح بهذه المناحي بين عامي 2015 و2016.

الجدول 1: نسبة الاهتمام بالتقنيات الرقمية للصناعة البترولية

التقنية	نسبة الاهتمام في عام 2015	نسبة الاهتمام في عام 2016
الاتصالات	%49	%57
إنترنت الأشياء[28]	%25	%44
التخزين السحابي للبيانات[29]	%30	%38

المصدر: مستخلص من Cantwell، 2016

تلخيصاً لما سبق، يمكن القول إن الهدف من الحقول الرقمية هو تعظيم قيمة أي مشروع، وهذا ما قد يتضمن:

1- رفع معدلات الإنتاج بعدد أقل من الآبار.

---

[27] Guy Cantwell. (March, 2016). Upstream Oil and Gas Companies Spend Smarter on Digital Technologies to Drive Value, Reduce Costs in Downturn. *Accenture News Release*. Available at: https://newsroom.accenture.com/news/upstream-oil-and-gas-companies-spend-smarter-on-digital-technologies-to-drive-value-reduce-costs-in-downturn-accenture-and-microsoft-survey-finds.htm Retrieved: 18/10/2018

[28] يعرّف الاتحاد الدولي للاتصالات إنترنت الأشياء **IoT** بأنه بنية تحتية عالمية لمجتمع المعلومات، تسمح بتقديم خدمات متطورة عبر الاتصالات الفيزيائية والافتراضية المستندة إلى تقنيات المعلومات الحالية أو التي سوف تتطور مستقبلاً. أو يمكن القول ببساطة: إنترنت الأشياء هو مفهوم حديث لشبكة الإنترنت بحيث تمتلك كل الأشياء في حياتنا قابلية الاتصال بالإنترنت أو ببعضها البعض لإرسال واستقبال البيانات لأداء وظائف محددة من خلال الشبكة.

International Telecommunication Union (2012). Overview of the Internet of things. Available at: https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559&lang=en Retrieved: 29/10/2018

[29] التخزين السحابي للبيانات **Cloud** هو تخزين رقمي في ما يسمى البركة المنطقية Logical Pool، بينما يتم التخزين الفيزيائي (الفعلي) على عدّة خوادم Servers تمتلكها شركة مستضيفة.

2- رفع معامل الاستخلاص.

3- تخفيض النفقات الرأسمالية والتشغيلية إلى أدنى حدٍ ممكن.

4- التعامل المثالي مع مشكلة المياه المنتجة.

5- المراقبة المستمرة والتعامل مع البيانات اللحظية يمكن أن يساهم أيضاً في رفع كفاءة عمليات الاستخلاص المحسن للنفط مثل الإفاضة بالمياه وخاصة في المكامن غير متماثلة الخواص.

6- يمكن استخدام بيانات الإنتاج والمؤشرات المكمنية التي تنقلها المستشعرات البئرية لبناء صورة أفضل عن أداء المكمن، وهذا يساهم في الاختيار الأمثل لمواقع حفر الآبار البينية.

7- سهولة مراقبة الوضع البيئي في منطقة العمل، وإدارة سلامة وتكامل الآبار.

3- 2 التحديات التي تواجه الحقول الرقمية

من الجليّ أنه في الوقت الذي تسعى فيه شركات الاستكشاف والإنتاج إلى الاستفادة من مفهوم الحقول الرقمية، فإنها لا تزال تواجه تحديات جديدة مقابل كل فرصة مبشّرة، مما يعني أن أي دراسة حول تبني تقنية الحقل الرقمي في المستقبل يجب أن تنظر إلى الجوانب التنظيمية والفنية لآلية التطوير والتشغيل، بحيث توفر إعداداً متكاملاً يغطي عدة نقاط، أهمها:

1. وضع إطار عام لحقل النفط الرقمي ضمن سياق استراتيجي، يتضمن السياق التكتيكي لآليات العمل.

2. تحديد النطاقات الأساسية التي تمثل فرصة وهدفاً في إطار الحقل

الرقمي، وما يتبع ذلك من تحديد المسارات المحتملة للعمل والفوائد المتوقعة منها.

3. تسليط الضوء على التحديات الفنية والتنظيمية العامة، ووضع مخططات واضحة لمسارات للتغلب عليها.

4. مراجعة التجارب العالمية في مجال تطبيق تقنيات الحقول الرقمية، لتحديد أساليبها وتبيّن عوامل نجاحها الرئيسية والقيمة المضافة التي قدمتها للحقول.

ويمكن القول إن أحد أهم التحديات التي تواجه العمل الهندسي في الحقول الرقمية هو حجم البيانات الهائلة أو ما يعرف باسم البيانات كبيرة الحجم[30] Big Data، وهو مصطلح متداول في مجال تكنولوجيا المعلومات الذكية يصف تخزين وتحليل كميات كبيرة من البيانات المعقدة باستخدام مجموعة متنوعة من التقنيات، مثل التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي، وغيرها. وغالباً ما تمتلك شركات النفط والغاز كميات هائلة من البيانات، إذ كانت الصناعة البترولية -كما تقدم - في طليعة الصناعات التي عملت على جمع البيانات من خلال استخدام أجهزة الاستشعار منذ الثمانينات. ومع ذلك، فهناك فرق بين تجميع البيانات، وبين استخدام هذه البيانات لصالح الصناعة.

إن الحجم الهائل للبيانات المتاحة يجعل التعامل معها أمراً في غاية

[30] يمكن لمنصة حفر في المغمورة أن تولّد 1 تيرا بايت من البيانات كل يوم. ولتوضيح هذا الحجم، يمكن الإشارة إلى أن فيلماً سينمائياً عالي الدقة لمدة ساعة ونصف، يحتل مساحة لا تزيد عن 2 جيجابايت، أي يمكن تخزين أكثر من 500 فيلم في نفس مساحة البيانات التي تولدها منصة حفر واحدة في اليوم الواحد.

الصعوبة، ويستوجب وجود طريقة موحدة يمكنها تقييم ونمذجة طريقة عرض هذه البيانات. ولضمان قاعدة موحدة لمعايير البيانات، أسست العديد من شركات النفط والغاز الرئيسية في الولايات المتحدة وأوروبا في عام 1990 مؤسسة المصادر البرمجية المفتوحة للتقنيات البترولية POSC[31]. وهي مؤسسة غير ربحية يكرس عملها لتوفير مجموعة موحدة من المواصفات التي ستسمح للبيانات بالتدفق بسهولة بين منتجي البرمجيات المصنعة من قبل مؤسسات مختلفة، وبين المستخدم، وذلك بهدف تسهيل التحول من تطبيق لآخر. ويضمن وجود معايير مشتركة أن تكون نتائج الدراسات المختلفة للآبار الذكية في نسق متوافق مع بقية البيانات الواردة في المراحل التالية من دراسة الآبار أو الحقول بشكل عام. وبسبب توافق البيانات يمكن للطواقم استخدام مجموعة متنوعة من التطبيقات بشكل أكثر فعالية. ومن المميزات الأخرى لوجود معايير مشتركة السماح بتشارك المنتجات بين مختلف المورّدين.

أي أن إنشاء POSC ساهم في إزالة الحواجز أمام شراء تقنيات الكومبيوتر من مصادر مختلفة، وعزز القدرة على التواصل مع قواعد بيانات الشركات باستخدام تطبيقات مختلفة، وسمح باستخدام تطبيقات متعددة في آن واحد[32].

عملياً، تواجه العديد من شركات النفط والغاز صعوبة في الحصول

[31] Petro-technical Open Software Corporation
[32] Alexander Eremin and Nikolai Eremin. Smart Fields and wells. Publishing Center of Kazakh-British Technical University (KBTU) JSC. 2013.

على قيمة من البيانات التي تجمعها، حيث تلعب الخبرة دوراً هاماً في تحليل هذه البيانات. ولما كان النقل الفوري للبيانات هو لبّ مفهوم الحقل الرقمي، فإن تبادل هذه البيانات يثير عدداً آخر من التحديات يضاف إلى ما سبق، وأهمها:

3- 2- 1 أمن المعلومات

حين تظهر معارضة لفكرة الحقول الذكية، فغالباً ما يتمثل القاسم المشترك بين المشككين في الفكرة على شكل مخاوف بشأن أمن المعلومات. ويشير الواقع العملي إلى أن الشبكات العامة ليست موثوقة في كثير من الحالات، مثل حالة حدوث الكوارث الطبيعية مثلاً، كما أنها ليست متاحة في المناطق النائية التي تقود إليها عمليات الاستكشاف والإنتاج أحياناً. لذلك سعت الشركات العاملة في الصناعة البترولية إلى إيجاد حلول لمساعدتها في بناء شبكاتها الخاصة.

تثير الشبكات المحلية المتطورة Ethernet وتقنية النقل اللاسلكي للبيانات مخاوف تتعلق بمدى الموثوقية واحتمالات التطفل الإلكتروني Cyber Intrusion وكفاءة الصناعة. ومع أن العاملين في الحقول يدركون أن تحسين القدرة على الاتصال ورفع الإمكانيات الشبكية بين عملياتهم الميدانية وبين متابعتها من المكاتب يمكن أن يحقق وفورات كبيرة في تكاليف التشغيل ويشكل قفزة للأمام في رفع كفاءة العمل، لكن السؤال يبقى قائماً: **هل تبادل المعلومات بهذه الطريقة آمن؟** تجيب ورقة

نشرت عام 2016[33] على هذا السؤال بشكل صريح بالقول: ليس هناك شبكة تبادل بيانات آمنة وموثوقة 100%. لكن Nuth يتابع بأنه مع التوجيه الصناعي Routering، والحوسبة اللاسلكية المتطورة، فمن الممكن زيادة الرقابة على إدارة البيانات بما يرفع درجة أمن المعلومات إلى حدٍ أكبر بكثير مما هو متاح في معظم عمليات حقول النفط حالياً.

ولما كانت أسعار النفط التي تهاوت عام 2014[34]، الحافز الرئيسي الضاغط على الشركات للسعي نحو رفع كفاءة العمليات المختلفة، فقد كان هذا الضغط بمثابة قوة دفع نحو تحول نموذجي من الشبكات التسلسلية البسيطة إلى تقنيات الشبكات الذكية القابلة للتوسع. وخلال هذا التحول أدركت شركات النفط حقيقة أن تقنيات الشبكات الصناعية، مثل أجهزة التوجيه[35] والبوابات اللاسلكية، ربما لا تقدم المزيد من الأدوات لزيادة كفاءة الإنتاج، إلا أنها توفر المزيد من الأمان والسلامة لعمليات الإنتاج.

علاوة على ذلك، يوفر مصنعو الشبكات الصناعية وظائف متكاملة لمنتجاتهم يسهل دمجها مع الأنظمة القائمة شائعة الاستخدام مثل نظامي

[33] Thomas Nuth (2016). Challenges of networking the smart oil field. *Engineering IT*, *ee Publisher*, June 8th. Available at: http://www.ee.co.za/article/challenges-networking-smart-oil-field.html Retrieved: 31/10/2018

[34] هناك تكرار في الدراسة لتأثير تذبذب أسعار النفط على الصناعة البترولية، يوجبه بيان هذا التأثير حسب موضعه.

[35] Router : الموجّه أو المسيّر (راوتر)، جهاز يعمل على توجيه حزم البيانات إلى الأجهزة المستقبلة.

DCS[36] و SCADA[37]. وتسمح تقنيات الاتصالات اللاسلكية والبوابات Gateway بالوصول إلى المعدات والتحكم فيها عن بعد. وبات من الممكن تمييز المزيد من مؤشرات الخطر والإنذارات وبيانات الإنتاج الشاذة في كل بئر في الوقت الفعلي، مما يقلل إلى حدٍ كبير من احتمالية الإيقاف المفاجئ الآبار.

كما تربط تقنية التوجيه عمليات الموقع الحقلية مع المركز الرئيسي من خلال توفير حماية عالية عبر الجدار الناري[38] ، مقترنة مع حزم واسعة لنقل البيانات يمكن توسعتها عند الحاجة لربطها بالأقمار الصناعية.

ولتحقيق أمن المعلومات بشكل فعلي، وبالتالي ضمان سلامة الشبكة، يجب تحقيق توازن مثالي بين الأجهزة المستعملة وبين قدرة البرامج المثبتة. أي أن ضمان وجود شبكة ذكية قابلة للتوسع يحتاج إلى توفير شبكات سهلة التشغيل للتخفيف من احتمالات الخطأ البشري مما يساعد على الدمج في نظام SCADA.

ولا شك أن هناك عوامل مشتركة بين التنقيب والحفر والإنتاج، فهناك مئات القطع باهظة الثمن من المعدات التي تعمل باستمرار لضمان تلبية

---

[36] نظام التحكم الموزَّع Distributed Control System: نظام تحكم صناعي يقوم على توزيع المهام بدل تركيزها في موقع واحد.

[37] نظام سكادا (**SCADA**) Supervisory control and data acquisition: يستخدم الحواسب وبيانات الشبكات والواجهات الرسومية للمراقبة والتحكم في العمليات المختلفة.

[38] الجدار الناري أو جدار الحماية Firewall: هو برنامج يراقب العمليات التي تحدث على الشبكة بشكل دائم عبر بروتوكول معين يسمح بمرور أو إيقاف برنامج ما من الولوج لهذه الشبكة.

المشغلين للطلب. وهنا تشكل رقمنة عمليات حقول النفط، بما في ذلك اعتماد الإنترنت الصناعي للأشياء (IIoT)[39] تحدياً فريداً من نوعه، إذ تحتاج كل قطعة من المعدات بدءاً من المستشعرات وحتى رؤوس الآبار الكاملة، إلى اتصال ثابت وموثوق به لمراقبة العمليات والتحكم فيها بشكل مناسب في الوقت الفعلي. بدون هذه القدرة على التوصيل، قد يكون من الصعب للغاية زيادة زمن التشغيل إلى الحد الأقصى، ومنع عيوب المعدات المكلفة وضمان سلامة العمال في الوقت نفسه.

اعتمد المشغلون Operators منذ عدة عقود على دارات بيانات الاتصالات التناظرية Analog وشبكات الاتصالات الواسعة المتاحة، والتي تم استخدامها لإدارة العمليات اليومية والتنسيق في حالات الطوارئ أو الأزمات. أما في الوقت الراهن، فقد باتت الدارات التناظرية في حالة سيئة أو أنها في أحسن الأحوال في طريقها إلى الزوال في المستقبل القريب. وتكافح شبكات الترددات الراديوية الخاصة (RF) الحالية لتوفير السعة اللازمة للسيطرة على آلاف القطع من معدات الإنترنت الصناعي للأشياء وإدارتها. علاوة على أن إمكانية زيادة عرض النطاق الترددي للشبكات بات محدوداً. وهذا ما يدفع المشغلين إلى اعتماد الشبكات الخلوية العامة كبديل لرقمنة حقول النفط. لكن الشبكات الخلوية العامة تحمل في طياتها مخاطر كبيرة من ناحية الأمن والموثوقية، إذ أنها مصممة للمستهلك أو المستخدم العادي، وهي تفتقر

[39] Industrial Internet of Things وهو تطبيق إنترنت الأشياء (تم شرحه في هامش سابق) على قياس صناعي كبير.

بالتالي إلى القدرات اللازمة التي تتطلبها الصناعة البترولية للشعور بالاطمئنان عند استخدامهما للأتمتة اللاسلكية. وربما كان هذا هو السبب وراء تأخر اعتماد الإنترنت الصناعي للأشياء، لأن الاعتماد على حلول الشبكات الفرعية يمكن أن يعرض المعدات والموظفين والعمليات للخطر.

وقد اتخذت الصناعة مؤخراً العديد من الإجراءات في سبيل تحديد احتياجات شبكاتها سعياً وراء الحلول التي تساهم في دعم التحويل الرقمي والأتمتة اللاسلكية الحقلية بشكل موثوق. فظهر هذا التحديد الجديد للإنترنت الصناعي للأشياء تحت اسم "المهمة الحرجة لإنترنت الأشياء" MC-IoT، وهو تحديد يركز على ثلاث سمات رئيسية:

① توفر الشبكة، ② الأمن، ③ الموثوقية.

علاوة على ذلك، تم نشر معيار عالمي جديد في تشرين الأول/ أكتوبر 2017، عرف باسم (IEEE 802.16s)[40] وهو معيار صمم خصيصاً لمساعدة المشغلين على إنشاء شبكات تتيح توصيل "المهمة الحرجة لإنترنت الأشياء" وتلبية الطلبات الحالية والمستقبلية لاتصالات البيانات اللاسلكية الخاصة القابلة للتطوير[41].

يعد الاتصال الثابت للشبكة العمود الفقري للمهمة الحرجة لإنترنت

---

[40] أصل التسمية (IEEE) من (Institute of Electrical and Electronics Engineers): معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات في الولايات المتحدة الأمريكية.

[41] Kathy Nelson (2019). Creating secure networks for oilfield digitalization. *World Oil*, March 2019 / Vol. 240 No. 3. P. 35- 37.

الأشياء، ويحتاج المشغلون إلى أن تكون الشبكات متاحة في أكثر من 99.9% من الوقت وذلك من أجل الحد من وقت التوقف عن العمل والحفاظ على وظائف المعدات. وقد يبدو تحقيق هذا النوع من الموثوقية ضرباً من المستحيل، لكن الواقع أن الشبكات الخاصة التي تملكها وتشغلها شركات الصناعة البترولية قد اقتربت كثيراً من هذا الهدف، بسبب زيادة مستوى التحكم فيها مقارنة بالحلول البديلة. ولا شك أن العاملين في الصناعة البترولية يقفون الآن على مفترق طرق، فإما أن يستمروا في استخدام شبكاتهم الخاصة القائمة ذات القدرات المحدودة، أو يمكنهم الاستعداد لظهور الموجة التالية من اتصالات الإنترنت الصناعي، مع حلول مناسبة لوصل الآلاف من أجهزة المهمة الحرجة لإنترنت الأشياء. ورغم أن الخيار الثاني يبدو بديهياً، إلا أن التخوف من عملية التحويل الرقمي يبقى خياراً قائماً بسبب عواقب التكلفة التي يمكن تكبدها في حالة تعطل اتصال الشبكة. ولا يغيب عن البال أنه بالإضافة إلى الأصول[42] نفسها Assets والتي غالباً ما تساوي الملايين، يتم أيضاً نشر أجهزة استشعار لمراقبة العديد من العناصر المهمة الأخرى للبئر مثل درجة الحرارة والتدفق والضغط، وهي بيانات ضرورية لضمان السلامة والأمن والإنتاجية. وتتطلب السعة المجمعة لهذه المستشعرات استهلاك حجم كبير من سعة الوصلة التي تنقل البيانات إلى مركز التحكم في الوقت الفعلي.

---

[42] الأصول: ممتلكات الشركة.

3- 2- 2 تحديث الأنظمة القديمة

يضاف إلى تأثيرات انخفاض أسعار النفط بعد عام 2014 أنه كان لها دور لا ينكر في دفع الصناعة البترولية نحو تعزيز رفع الكفاءات في عمليات الاستكشاف والإنتاج، مما أنتج تحولاً متزايداً باتجاه استخدام تقنيات الشبكات المحلية والتقنيات اللاسلكية لتحديث أنظمة DCS القديمة بهدف تحسين عمليات إدارة الأصول الرأسمالية. وفي دراسة استقصائية أجرتها شركة Cisco للخدمات الاستشارية[43] في عام 2015[44]، رأى 80% من المسؤولين عن شركات النفط والغاز أن نمو الاستثمار غالباً ما يكون انعكاساً لارتفاع الكفاءة التشغيلية للمشاريع أو لطريقة إدارة الاحتياطيات، مما يبرز أهمية تقنية الشبكات الذكية كأداة مركزية لتحقيق عائد استثمار سريع.

تعتبر إدارة الأصول وتحديث الأنظمة القديمة إجمالاً من أهم العوامل التي تميز الشركات الناجحة من غير الناجحة. إذ توفر الشبكات اللاسلكية والشبكات المحلية القدرة على مراقبة الآبار ومراقبة الأصول وإدارتها عبر توظيف عدد محدود من الطواقم.

---

[43] شركة خدمات استشارية أمريكية تمتلك طاقماً كبيراً من العاملين وتقارب أرباحها السنوية 50 مليون دولار.

[44] Robert Moriarty, Kathy O'Connell, Nicolaas Smit, Andy Noronha, and Joel Barbier (2015). A New Reality for Oil & Gas Complex market dynamics create urgent need for digital transformation. *Cisco*. Available at: https://connectedfutures.cisco.com/report/a-new-reality-for-oil-gas/ Retrieved: 8/11/2018.

لكن العديد من الأجهزة القديمة نسبياً في الحقول الحالية لا تزال تُستخدم للتعامل مع واجهات البيانات، بما في ذلك معدات إدخال وإخراج البيانات الرقمية (DIO)[45]، والمنافذ التسلسلية[46] المختلفة، وغيرها. وبالتالي فإن أي شبكة حديثة لابد من أن توفر اتصالاً شبكياً يمكنه التعامل مع كل هذه الواجهات، مما يسمح بتوسيع استخدام البنى التحتية المتوفرة لنظام التحكم الموزّع DCS الذي تمت الإشارة له سابقاً.

فعلى سبيل المثال، غالباً ما يتم تجاهل الاتصال بين التحكم الميداني ومستوى المستشعر ضمن البئر، وذلك يؤدي إلى انقطاع في البيانات بين غرفة التحكم وبين كل متر من جذع البئر، أو فقدان في بيانات المضخات أو خطوط الأنابيب. وهذا يعني أن بيانات القياس الهامة على كل رأس من رؤوس الآبار ستكون متاحة فقط أثناء العمل في الموقع، مما يحد من إمكانية إجراء تحليلات في الوقت الحقيقي والتحكم عن بعد في عمليات رؤوس الآبار، أي أنه عملياً يُفقد الشبكة جزءاً لا يستهان به من غايتها الفعلية. ويمكن أن يعزى السبب في ذلك إلى حقيقة أن معظم الشركات الرائدة في أنظمة الأتمتة استثمرت بكثافة في تطوير تقنيات SCADA وأجهزة الاستشعار، لكنها تجاهلت إلى حدٍ كبير تحقيق اتصال فعال بينها، مما جعل فقدان الاتصال الفعال مشكلة مزمنة

[45] Digital input/output، الإشارة الرقمية هي إشارة توجد على شكل بوابة مفتوحة أو مغلقة، الأجهزة الطرفية هي معدات تنقل هذه الإشارة أو تستقبلها.
[46] Serial Interface ، هي واجهة تخاطب فيزيائية تسلسلية تقوم بنقل المعلومات بين الكمبيوتر والطرفيات المربوطة إليه عن طريقها.

وتحدياً رئيسياً في تطوير الشبكات القديمة، حتى ظهور تقنيات جديدة ساهمت في التغلب على هذا التحدي من خلال تقنية SCADA IP، وهي ميزة تسمح لأجهزة التحكم الطرفية (RTU)[47]، ووحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة (PLC)[48] بالاتصال مع شبكة SCADA.

إضافة لذلك، هناك تحديات تشغيلية هامة تدخل تحت مظلة تحديث الأنظمة القديمة[49]، مثل:

- **الوقت، والتوقف المؤقت للعمل:**

فعملية التحديث لا تتم بين ليلة وضحاها، مما يعني أن هناك بعض الأعمال سوف تتوقف بشكل مؤقت ريثما يتم تحديث البرمجيات أو المعدات التي تتعامل معها. وبالطبع فإن توقف بئرٍ ما عن العمل يعني خسارة جزء من الإنتاج، مع ما لعملية التوقف من مخاطر على ديناميكية عمل البئر نفسه.

- **فقدان البيانات:**

إذا لم تتم عملية ترحيل البيانات من الأنظمة القديمة إلى الأنظمة الحديثة بشكل مناسب، فقد يتم فقدان جزء كبير من البيانات. وفي حال عدم توفر نسخ احتياطية من تلك البيانات فهذا قد يعني كارثة فعلية.

---

[47] Remote Terminal Units
[48] Programmable Logic Controller
[49] Peter Davis. *Managing the transition from legacy to modern systems*. Techstone Energy. 2019. Available at: https://www.touchstoneenergy.co.uk/resources/news/managing-the-transition-from-legacy-to-modern-systems/ Retrieved on: 25/3/2019.

- **التدريب:**

من الضروري تدريب عناصر إدارة تكنولوجيا المعلومات (IT) وباقي العاملين على كيفية التعامل مع الأنظمة الجديدة عبر برامج وخطط تدريب محددة، وهذا بدوره يعني استهلاكاً للوقت، ويضيف مزيداً من العبء المالي على العملية برمتها. ومن البديهي أن مجرد معرفة آلية التعامل مع البرمجيات والمعدات الحديثة شرطٌ لازم لكنه غير كافٍ، إذ أن خبرة الاستخدام تعادل عملياً قيمة الأنظمة الجديدة.

3- 2- 3 المعالجة اللحظية للمعلومات

تسجل المستشعرات كما ذكر سابقاً كميات هائلة من البيانات في حقول النفط والغاز بشكل مستمر، بينما في حالة الحقول التقليدية قد لا تتعدى تقنية نقل البيانات استخدام الورقة والقلم، أو استخدام حزمة نقل بيانات محدودة السعة.

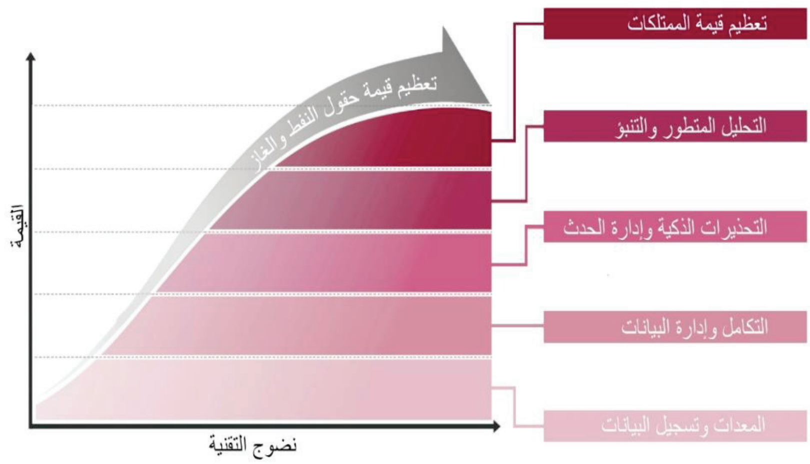
وعلى النقيض من ذلك، تعتمد حقول المغمورة إلى حدٍ كبير على تقنية الاتصالات الفضائية لنقل البيانات التي يمكن أن تتطلب أياماً لاستخلاصها وتجميعها ومعالجتها. أي أن مفهوم الحقول الذكية الذي يتمحور حول ربط هذه المصادر المختلفة من البيانات بمنطقة تحكم مركزية لا يمثل مبالغة في الطموح إذ أنه بالفعل يوظف تقنيات اتصال تم تطويرها وتجربتها واختبارها.

وعند هذه الحقيقة تتهاوى المقاومة أمام تقنية الشبكات المحلية

واللاسلكية، حيث تدرك الصناعة البترولية أنها لم تعد قادرة على تحمل الامتناع عن تبني تقنية الشبكات الذكية والاستفادة من الاستثمار فيها. وتبقى حقيقةُ أن دعم معالجة البيانات في الوقت الفعلي يحتاج إلى شبكة صناعية قوية جداً قادرة على ربط عدة مستويات من التطبيقات الحاسوبية مع البيانات الواردة من المستشعرات الحقلية.

يبين الشكل 5 العلاقة بين نضوج تطبيق التقنية، وبين القيمة التي تعود على الحقل أو على الممتلكات (المشروع ككل) عموماً من ذلك، ويلاحظ منه أن تعظيم قيمة حقول النفط والغاز يرتبط بعدة مستويات تتكامل فيما بينها في حالة الحقول الذكية للوصول إلى أعلى فائدة متوخاة من حقل أو مشروعٍ ما.

الشكل 5: العلاقة بين نضوج تطبيق التقنية وقيمة الحقل



المصدر: Nuth، 2016.

3- 2- 4 الاستثمارات في الحقول الذكية

ذُكر آنفاً أن الحد من التكاليف هو أحد أكبر التحديات التي تتعامل معها التقنيات الرقمية، وبالرغم من التكلفة المرتفعة التي قد ترسم حدود مفهوم الحقل الرقمي، إلا أن الفوائد اللاحقة من الحقول الرقمية والاستثمار في إنترنت الأشياء تبرر تلك التكاليف.

فعلى سبيل المثال، ذكرت شركة Shell أن العوائد من الاستثمار في مجال الحقول الرقمية بين عامي 2002 و2009 قاربت 5 مليار دولار. وبينت شركة Chevron أنها خفضت 2- 8% من النفقات التشغيلية نتيجة تطبيقها لتقنيات الحقول الرقمية. إلا أن شركة Shell وفي مؤتمر حول الطاقة الذكية عقد في بريطانيا عام 2016[50]، أوضحت أنها تنظر في بعض الأحيان لموضوع التقنيات الرقمية بمنظور مختلف، إذ أشار نائب رئيس إدارة تميز الإنتاج في الشركة إلى نشاطات الشركة في سلطنة عمان مبيناً أن Shell تتعامل مع آلاف الآبار ومئات المحطات الحقلية، مما يجعل ربط هذه النقاط رقمياً مع بعضها البعض غير مجدٍ اقتصادياً، لذلك وضعت الشركة نصب أعينها هدفاً يتمثل في ما سمّاه (ربط المهندسين) الحقليين مع بضعهم، عن طريق تزويدهم بكاميرات تسجل ما يرونه، إضافة إلى حواسب لوحية Tablets مزودة بحزمة نقل بيانات فائقة السرعة، مما يسمح للمهندسين بالتعامل مع بعضهم ومع المركز الرئيسي بشكل فوري وتلقي التعليمات وتنفيذها آنياً. وفي نفس المؤتمر،

---

[50] Digital Energy Journal (2016). Report from SPE Intelligent Energy conference in Aberdeen, September 2016. *Issue 63, November*.

أكد الرئيس التنفيذي لعمليات شركة BP أن العمل رقمياً بات يشكل ركناً أساسياً في إدارة العمليات للشركة.

وفـي مؤتمـر عن الطاقة الذكية عقد سابقاً في هولندا عام 2012، ذكر مدير إدارة المكامن الجنوبية في شركة أرامكو السعودية أن الطاقم لم يعد يبحث في شأن تبرير الاستثمـار فـي الحقـول الذكية، إذ بات الأمر مفروغاً منه وبات الشغل الشاغل للشركة يتمثل في كيفية تعظيم قيمة الحقول الذكية[51].

4- 2 بيئة العمل التعاونية

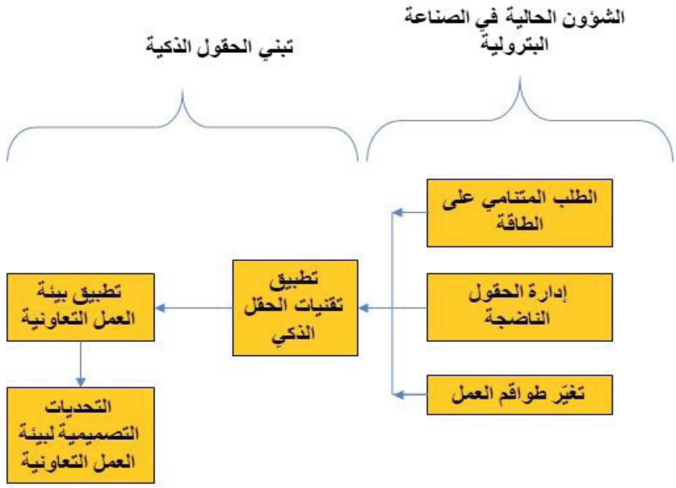
يوضـح الشكل 6 النقـاط الرئيسية الحالية للصناعة البترولية المرتبطـة بتطبيـق تقنـية الحقـول الذكيـة، ويمكن القول إن الحقول الذكية تتكون من: تقنيات الحقول الذكية، وبيئة العمل التعاونية (CWE)[52]. حيث كانت البيئة التقليدية للعمل سابقاً تتمثل في التعاون ضمن موقع جغرافي واحد، بينما يمكن لمجموعات متباعدة جغرافياً العمل معاً ضمن بيئة العمل التعاونية، مثل مؤتمرات الفيديو أو البريد الإلكتروني، أو مشاركة التطبيقات، وغيرها. وهوما ينعكس على شكل فوائد للشركات التي تتبنى هذه البيئة[53].

[51] Digital Energy Journal. *Intelligent Energy: Shell, Saudi Aramco, BP, Petoro*. 2012. Available at: http://www.digitalenergyjournal.com/n/Intelligent_Energy_Shell_Saudi_Aramco_BP_Petoro/9a3ed29b.aspx Retrieved: 11/11/2018.

[52] Collaborative Work Environments

[53] Ewoud Guldemond. *Collaborative Work Environments in Smart Oil Fields*. PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University, Nijmegen. 2011. https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/91397/91397.pdf

الشكل 6: الشؤون الحالية والمستقبلية المرتبطة بتبني الحقول الذكية



المصدر: Guldemond، 2011.

شهد العقد الماضي قيام العديد من الشركات البترولية الكبرى بتطوير وتوظيف تقنيات الحقول الذكية، مثل BP، وChevron، وShell، وStatoilHydro، وغيرها من الشركات. ورغم صعوبة التوصل إلى بيانات دقيقة عن العوائد التي تم الحصول عليها من هذه التقنية، إلا أن بعض الهيئات والشركات قدمت تصوراً للفوائد المحتملة لتوظيف هذه التقنيات، ويبين الجدول 2 تقديرين لفوائد تقنيات الحقول الذكية من وجهة نظر شركة Shell، ومن وجهة نظر معهد كامبردج لأبحاث الطاقة CERA[54]، حيث يوضح الجدول مقارنة بين وجهتي النظر حول انخفاض التكاليف، وزيادة الإنتاج، وارتفاع معامل الاستخلاص.

[54] Cambridge Energy Research Associates

الجدول 2: مقارنة بين فوائد توظيف تقنيات الحقول الذكية

	CERA	Shell
انخفاض تكاليف الإنتاج %	3- 25	20
زيادة الإنتاج %	1- 6	10
ارتفاع معامل الاستخلاص%	1- 7	8

المصدر: Guldemond، 2011.

يلاحظ من الجدول أن تقديرات شركة Shell للفوائد المتوقع الحصول عليها من تقنيات الحقول الذكية كانت أعلى من تلك التي وضعها معهد كامبردج مستنداً إلى آراء شركات بترولية أخرى. وهنا لا يمكن تجاهل أن Shell كانت من الشركات الرائدة في هذا المجال، ولها باعٌ طويل فيه، فما بين عام 2000 وعام 2011 وظفت Shell التقنيات الرقمية في 100 بئر ذكي حول العالم، وربما يكون من الهام توضيح مفهوم البئر الذكي فيما يلي:

4- 2- 1 البئر الذكي

يتكون البئر الذكي من[55]:

1. أجهزة قياس (غالباً للحرارة والضغط).
2. معدات تحكم، مثل صمامات التحكم وغيرها.

ويمكن تلخيص **فوائد البئر الذكي** فيما يلي:

---

[55] Carlos Glandt (2005). Reservoir Management Employing Smart Wells: A Review. *SPE Drilling & Completion*, 20 (4).

1. مراقبة ظروف التشغيل التي تجري في باطن البئر.
2. إيجاد تصور عن خصائص المكمن في الأقسام البعيدة عن البئر.
3. التحكم بالإنتاج وبعمليات الحقن في مختلف مقاطع البئر.

ونظراً لارتفاع تكاليف الحفر، فإن جمع عدة جذوع تحفر من بئر ذكي واحد، يعني تخفيضاً لا يستهان به في التكاليف، كما أن التحكم بالبئر يعني التحكم بإنتاجه، وهو ما انعكس في تقديرات Shell لفوائد الحقل الذكي حسب الجدول السابق.

تم عملياً استغلال العديد من التقنيات والمفاهيم الجديدة للحفاظ على الربحية في تطوير الحقول وخاصة الهامشية منها، وبطبيعة الحال فإن تبني عمليات الحقول الذكية، يتطلب تغييراً في آلية العمل وفي الطواقم العاملة أيضاً، وهنا يمكن أن ينظر لبيئة العمل التعاونية على أنها المنصة التي تعمل من ضمنها الحقول الذكية. حيث توظف بيئة العمل التعاونية من قبل الصناعة البترولية للوصول إلى البيانات الناتجة عن الحقول الذكية، بحيث ترفع من مستوى التعاون لاتخاذ القرار بين مختلف الجهات التي تدير عمليات الحقل. وهو ما يتطلب التعاون التشاركي Cross functional والذي يشار له باسم التعاون متعدد التخصصات

Multidisciplinary، إضافة إلى التعاون الافتراضي Virtual[56].

ومع ظهور مختلف التقنيات التي تهدف إلى تحسين إنتاج النفط لتلبية الطلب العالمي المتزايد، يبدو أن التحول واسع النطاق من الآبار التقليدية إلى الآبار الذكية بات أمراً وشيك الحدوث، ذلك أن الحاجة إلى مراقبة سهولة تدفق موائع المكمن نحو الآبار أو حركة السوائل المحقونة في آبار الحقن وخاصة في المكامن غير المتجانسة قد شجعت الكثير من الأبحاث والدراسات. وكما هو الحال مع الصورة العامة للحقل الذكي أو الرقمي، فإن البئر الذكي لا يعني وجود تقنية واحد تطبق على كل الحالات للوصول إلى هذا النوع من الآبار، فالبئر الذكي قد يكون نتاج تقنية الإكمال الذكي، أو الإنتاج الذكي، أو الحقن الذكي.

فعلى سبيل **المثال** تضمنت تقنية الإكمال الذكي للآبار في حقل NH في النرويج تقييد الضغط بشكل موضعي باستخدام صمامات تحكم داخلية (ICV)[57] تعمل على موازنة نموذج الإنتاج على طول مقاطع الإكمال في البئر عبر تقسيمه إلى جزئين أو أكثر.

ويمكن بالتالي تعريف مهمة تقنية الإكمال الذكي بأنها: تعظيم الإنتاج من البئر مع الحد ما أمكن من تشكل ألسنة الغاز والماء، وهو ما يمكن الوصول إليه على مستوى البئر عبر إدارة القدرة الإنتاجية للبئر، أو عبر

---

[56] هو التعاون في مجال الواقع الافتراضي، حيث يتم تكوين نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد يتم التعامل معه من قبل مجموعة من المتخصصين ينظرون له باستخدام معدات خاصة تتيح لهم رؤيته وكأنهم جزء من الصورة التي أمامهم.

[57] Internal Control Valves.

التعامل مع الألسنة الغازية والمائية المتشكلة عند ظهورها، أو عبر نمذجة الإنتاج والتحكم بجبهة الموائع المتحركة باتجاه البئر. وتحتاج الحالة الأخيرة إما إلى وجود مستشعرات تراقب جبهة الموائع بشكل مستمر، أو قد يكون الخيار الأمثل هو بناء نموذج إنتاجي قادر على التنبؤ بحركة الموائع ضمن المكمن[58].

أما على مستوى آبار الحقن، فتشير دراسة أعدت في جامعة Kwame Nkrumah للعلوم والتقنية في غانا[59] إلى أن فعالية عملية الكسح Sweep ارتفعت بشكل ملحوظ عند تطبيق تقنية الحقن الذكي باستخدام صمامات التحكم الداخلية، كما ارتفع أيضاً معامل الاستخلاص. وبينت الدراسة التي اعتمدت على الجانب النظري عبر بناء نموذج مكمني، أن النتائج الإيجابية التي تم التوصل لها لا يمكن تعميمها على كافة الحالات، إذ أنها ترتبط بشروط المكمن ومواصفاته الخزنية[60].

عموماً، ونظراً للتوسع الملحوظ في سوق التقنيات الرقمية، تسارع بعض الشركات العاملة في قطاع البرمجيات لعرض تقنياتها كمحفظة متكاملة من التطبيقات التي يمكن الاشتراك بها كلها أو بعضها أو إلغاؤها

---

[58] S.M. Elmsallati, D.R. Davies, S.M. Erlandsen, Norsk Hydro. *A Case Study of Value Generation with Intelligent Well Technology in a High Productivity, Thin Oil Rim Reservoir*. 14th SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference. Bahrain International Exhibition Centre, Bahrain, 12–15 March 2005. Paper SPE 94995.

[59] Kwame Nkrumah University of Science and Technology

[60] Philip Asante-Mireku, Kwabena Okyere-Nyako, Joel Teye Tetteh. *Intelligent Well Technology: Incorporation of Smart Controls in Injection Wells to Enhance Sweep Efficiency and Maximize Oil Recovery*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 5, Issue 4, April 2016.

مثل أي تطبيق آخر على الهواتف الذكية، ومنها على سبيل المثال لا الحصر مجموعة ABB التي تعمل في مجال الرقميات، حيث تعرض حزمة من البرمجيات (ABB Ability™) التي تتحكم بمجموعة صمامات داخلية يمكن التعامل معها من خلال تطبيق Application، للتعامل مع البئر في حالات[61]:

1- **حالة إدارة الخَبَث** Slug: وهو مزيج لزج من السوائل والغاز يمكن أن يتجمع في أنابيب الإنتاج ثم يتحرك نتيجة فرق الضغط ليندفع باتجاه رأس البئر عبر خطوط الإنتاج، متبوعاً بدفعة قوية من الغاز المحتبس. وهي ظاهرة يمكن أن تسبب اضطراباً في البئر وفي المرافق السطحية ربما يصل إلى حالة إغلاق البئر وإيقاف الإنتاج.

2- **الرفع التدريجي لإنتاج البئر بعد توقفه** Autonomized Well Ramp-up: يتم إيقاف الآبار عن الإنتاج لعدة أسباب خلال حياة الحقل، مثل الاختبارات أو بسبب عمليات الصيانة، ويتم إعادتها إلى الإنتاج يدوياً بمعدلات ترفع بالتدريج للحفاظ على تكامل البئر. هذه الطريقة تعني أن هناك ضياعاً محتملاً في الكميات المنتجة من كل بئر بسبب الرفع البطيء لمعدلات الإنتاج. بينما يمكن إعادة الآبار بشكل مؤتمت إلى الإنتاج إذا أمكن مراقبة تغيرات وضعها الديناميكي والتحكم برفع معدلات بسرعة الإنتاج بما يتوافق مع هذه التغيرات.

وهنا تطرح ABB **مثالاً** عن حقل Ormen Lange النرويجي الذي تديره شركة Shell، حيث يمتد كل بئر على عمق 2000 م تحت سطح

[61] ABB (No date), Smart Wells - Offshore | ABB Ability™. Available at: https://new.abb.com/oil-and-gas/digital/smart-well Retrieved: 29/4/2019

مياه بحر الشمال. وكان من المعتاد أن تستغرق إعادة تشغيل البئر المتوقف 9 ساعات إذا كان من الآبار منخفضة الضغط، وحتى 20 ساعة للآبار مرتفعة الضغط. ورغم أن سير العملية بهذا البطء يعتبر آمناً، إلا أنه لا يأخذ بعين الاعتبار ما يحدث من تغيرات ديناميكية في البئر في الوقت الفعلي، كما أن إعادة البئر للعمل بشكل بطيء، يعني عملياً فقدان جزء من الإنتاج خلال فترة الإعادة. وقد ساهم استخدام تطبيق البئر الذكي في تخفيض زمن إعادة الآبار إلى الإنتاج إلى 2 ساعة لآبار الضغط المنخفض، و6 ساعات لآبار الضغط المرتفع.

3- **القياس الافتراضي للتدفق** Virtual Flow Metering: تعتبر إدارة المكمن وتعظيم الإنتاج من العمليات الهامة لأي شركة تعمل على إنتاج النفط والغاز، ولإنجاز هذه العمليات لابد من توفر معلومات عن معدلات الإنتاج، ودرجة الإماهة ونسبة الغاز إلى النفط المنتج، وذلك من كل الآبار التي تنتج من نطاق معين. وفي الوضع التقليدي يتم تجميع بيانات الإنتاج من كل بئر عبر الاختبارات الإنتاجية وهو ما يتطلب الوقت ويحتاج فيما يحتاجه إلى فواصل تكلف استثمارات عالية، كما تحتاج لتكاليف صيانة ومعايرة وإصلاح. وهنا تقدم تقنية البئر الذكي حلاً يكمن في القياس الافتراضي للتدفق، وذلك عبر نظام يتتبع هذه البيانات من المكمن وحتى مرافق المعالجة، ويمكنه أن يستفيد من أي معدات حقلية موجودة. هذا القياس بحسب ما تذكره الشركة يمكن أن يشكل دعماً أو حتى بديلاً لقياسات الجريان متعدد

الأطوار، وأداة لتقييم نتائج اختبارات الآبار.

4- **التآكل الفيزيائي**[62] Erosion: تعاني بعض آبار النفط والغاز من إنتاج نسبة من الرمال التي قد تشكل خطراً على سلامة البئر إما بسبب التآكل الفيزيائي، أو بسبب تراكم الرمال في الأنابيب ومعدات المعالجة. يتم عادة مراقبة التآكل عبر مجسات خاصة (مسابير)[63] ، لكنها كغيرها عرضة للتعطل إضافة إلى أنها معدات مكلفة، كما لا يمكن دوماً تركيب هذه المعدات في كل الأماكن التي يحتمل حدوث التآكل فيها. ويمكن في بعض الأحوال أن يتم خفض الإنتاج من بئر ما في محاولة للحد من تحرك الرمال باتجاه البئر، مما يعني فقدان جزء من الإنتاج. وهنا تأتي تقنية البئر الذكي لتقدم منصة لإدارة التآكل مبنية على نموذج نظري، حيث تعمل إما عبر الاتصال بالشبكة (Online) كنظام مراقبة، أو تعمل بدون اتصال (Offline) لتقدم تحليلاً متوقعاً للحالة. ويمكن تبين تكلفة المجسات التقليدية من خلال الإشارة إلى عقد جرى توقيعه في نهاية عام 2018 حصلت بموجبه شركة ONGC الهندية على أنظمة مراقبة للتآكل لتركيبها على 11 منصة، ضمن عقد بلغت قيمته 380 ألف دولار[64].

5- **موثوقية المضخات الكهربائية الغاطسة** ESP Reliability: يمكن لأداء هذا النوع من المضخات أن يتأثر بطيف واسع من العوامل مثل:

---

[62] Erosion هو تآكل فيزيائي بالدرجة الأولى، بينما Corrosion هو تآكل نتيجة عوامل كيميائية.

[63] Probes

[64] Offshore Magazine (2018). Cosasco to monitor corrosion at ONGC platforms. Available at: https://www.offshore-mag.com/articles/2018/04/cosasco-to-monitor-corrosion-at-ongc-platforms.html

ظروف التشغيل ودرجة الحرارة والضغط ونوعية الموائع المنتجة وخواصها، وغيرها من العوامل. وعند تعرض هذه المضخات للتعطل، فإن إصلاحها نادراً ما يتم في الحقل، وفي العديد من الحالات تلجأ الشركات إلى تغيير المضخة حتى قبل تعطلها للحد ما أمكن من توقفات الإنتاج غير المتوقعة. وتذكر ABB هنا أنها لا تمتلك جميع الأجوبة على كل الحالات، لذلك تعمل على بحث يتعلق بتحليل الإشارة الكهربائية (ESA) بالتعاون مع مجموعة صناعية من عدة شركات، وذلك بهدف الوصول إلى حل مرن لمراقبة أداء هذا النوع من المضخات. تتمثل بعض العناصر الأساسية التي يتم بحثها في القدرة على جمع كل أوقات البيانات المتزامنة، وحساب الطاقة المقدمة للمضخة بما يمكن من الدقة. ومن أمثلة الخوارزميات التي تدرسها الشركة التحليل الطيفي للقوة، وشدة التيار، وتحليل عدم اتزان المضخة، وجودة الطاقة، وتحليل الاهتزاز الالتوائي Torsional Oscillation Analysis[65].

وقد شقت تقنية البئر الذكي طريقها إلى بعض الدول العربية منذ مدة ليست بالقصيرة، فحتى مطلع عام 2014، كانت أرامكو السعودية قد زودت 150 بئراً بصمامات جوفية ضمن تشكيلة إكمال الآبار، وذلك في خمسة من حقول المنطقة الشمالية في السعودية. وتشير ورقة نشرت حول الموضوع[66] إلى أن استخدام تلك الصمامات شكل خطوة متميزة وناجحة

---

[65] هو اهتزاز زاويّ لجسمٍ ما حول محور الدوران.
[66] Hatem H. Al-Shammari (2014). Intelligent Wells' Performance and Reliability

في الحفاظ على سير الإنتاج من تلك الحقول[67]، وإن كان قد واجه بعض العقبات التي كان من أهمها تعطل لوحات التحكم السطحية[68] SCP في بعض الأحيان، بينما كانت المعدات الجوفية أقل عرضة للأعطال، ولكن تعطل الصمامات في حال حدوثه كان أكثر كلفة ويحتاج لاستخدام حفارات إصلاحية.

4- 2- 2 الفوائد المتوخاة من بيئة العمل التعاونية

يمكن لبيئة العمل التعاونية أن توجد العديد من الفوائد للصناعة البترولية، ومن أهمها:

1. توفير المرونة للاستفادة من أفضل المهارات المتاحة للمشاريع في أي مكان. ويمكن للخبراء في شركة ما تقديم الدعم الفوري لزملائهم باستخدام نفس البيانات والتطبيقات، مما يسمح بحل المشكلات بشكل أسرع.

2. الحد من التنقلات والسفر، مما يخفض التكاليف ويساهم في تحسين أداء العاملين وإنتاجيتهم.

3. تؤدي زيادة عدد العمليات التي يمكن التحكم بها عن بعد إلى رفع كفاءة الصحة والسلامة المهنية عن طريق تقليل تعرض العاملين للمخاطر الحقلية.

in the Northern Fields of Saudi Arabia. *International Petroleum Technology Conference*, Doha, Qatar, 20 -22 January 2014. IPTC 17329.

[67] غالباً لا تحتوي الأوراق المنشورة من قبل أرامكو السعودية على أسماء الحقول الفعلية، ويكتفى باستخدام رمز ما للإشارة لها.

[68] Surface Control Panel

4 المساهمة في جعل العمال الحقليين قريبين من صنّاع القرار في المكاتب.

5 تسهيل وتحسين التواصل بين التخصصات الفنية والهندسية والعمليات وأنظمة الدعم المسؤولة عن أداء المشروع.

وقد تم التطرق لهذه الفوائد بشكل عملي في مثال مجموعة حقول Salym الذي سيرد لاحقاً في هذه الدراسة.

4-3- 2 تأثير الطواقم البشرية على بيئة العمل التعاونية

يصنف معهد كامبردج لأبحاث الطاقة الطواقم العاملة في الاستكشاف والإنتاج ضمن نوعين رئيسيين[69]:

1- طاقم العمليات Operational staff.

2- الطاقم الفني Technical staff.

طاقم العمليات هو الطاقم المسؤول عن فتح وإغلاق الصمامات، وصيانة واستبدال المضخات التالفة، وغيرها من الأعمال المشابهة. وتتمثل المسؤولية الرئيسية لهذا الطاقم في الحفاظ على استمرار الإنتاج في موقع الإنتاج نفسه. ويمكن تقسيم هذا الطاقم بدوره إلى:

- طاقم حقلي: عمال مضخات، عمال صيانة، الخ.
- إدارة حقلية.

[69] CERA (2006), The Digital Oil Field of the Future: Making the Transition from Vision to Implementation, *Cambridge, Massachusetts: Cambridge Energy Research Associates*. In: Ewoud Guldemond (2011). Collaborative Work Environments in Smart Oil Fields. *PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University, Nijmegen*.
https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/91397/91397.pdf

لا يتأثر الطاقم الحقلي كثيراً بتطبيقات الحقول الذكية وبيئة العمل التعاونية، على خلاف الإدارة الحقلية التي لها دور هام في التحول نحو الحقول الذكية، حيث وجد معهد كامبردج علاقة قوية بين موقف الإدارة الحقلية من هذا التحول وبين نجاحه، ذلك أن تطبيق الحقول الذكية يضع متطلبات مختلفة على الطاقم الفني للعاملين في الاستكشاف والإنتاج (مثل الجيولوجيين والجيوفيزيائيين ومهندسي المكامن ومهندسي الإنتاج) وهو أكثر تحديا بكثير بالنسبة لهم مما هو بالنسبة لطاقم العمليات.

5- 2 التعاون بين الشركات البترولية وشركات البرمجيات

أشير سابقاً في هذه الدراسة إلى التعاون المثمر بين شركتي BP، وKongsberg في عام 2013. والواقع أن هذا النوع من التعاون بين شركة عاملة في الصناعة البترولية، وبين شركة عاملة في مجال البرمجيات والتكنولوجيا بات أداة رئيسية بالنسبة للشركات الكبرى على اختلاف مشاربها، وخاصة تلك التي تمتلك حجم أعمال كبير في المغمورة، إذ لا يخفى أن التكاليف الرأسمالية والتشغيلية في حقول المغمورة أكبر بكثير من نظيرتها على اليابسة.

ويمكن هنا الإشارة إلى التعاون بين شركة Microsoft وشركة Halliburton الذي تم الإعلان عنه في أواخر عام 2017، إذ دخلت الشركتان في تحالف استراتيجي لتطوير التحولات الرقمية في صناعة النفط والغاز. وتركز Halliburton على إيجاد سحب بيانات ذكية تكون نواة الجيل الجديد لعمليات الاستكشاف والإنتاج. بالمقابل تعتمد

Microsoft على قوة خدمة الحوسبة السحابية التي تقدمها عبر منصة Microsoft Azure فائقة السعة لرفع قيمة سلسلة القيمة Value Chain للمستثمرين[70]. وبموجب هذا التحالف سيتم العمل من قبل باحثي ومهندسي الطرفين على رفع كفاءة تقنيات Microsoft في التعلم الآلي، والواقع المعزز AR[71]، والتفاعل مع المستخدِمين، والنموذج الصناعي لإنترنت الأشياء[72]، إضافة إلى تعزيز أداء منصة Azure. وكانت أولى ثمار هذا التحالف قيام Halliburton بمكاملة مجموعة تطبيقاتها DecisionSpace® 365[73] مع منصة Azure، مما يسمح بنقل البيانات اللحظية عبر إنترنت الأشياء[74].

وعلى صعيد التطبيق العملي يمكن أيضاً الإشارة إلى العديد من الأمثلة، ومن بينها اتفاق شركة Brunei Shell Petroleum مع شركة WellDynamics في عام 2005 على تقديم خدمات الإكمال الذكي لثمانية عشر بئراً في حقل Champion West الواقع في المغمورة في سلطنة بروناي. اكتشف الحقل عام 1975، وهو يمتد تحت مياه يتراوح عمقها بين 40- 74 م. يتميز الحقل بمكامن متطبقة عمودياً تمتد لعمق 1200 م، تتوزع على مساحة تقارب 40 كم مربع. وكانت المرحلة

[70] تعرضت خلاصة هذه الدراسة لمزيد من التفصيل عن سلسلة القيمة.
[71] الواقع المعزز Augmented reality، هي تقنية تعمل على وضع الأجسام الافتراضية في بيئة المستخدم.
[72] ورد تعريفه سابقاً في الدراسة.
[73] أول مجموعة برمجيات خدمية متكاملة (برمجيات عند الطلب) تقدم للاستكشاف والإنتاج.
[74] Offshore Magazine (2017). Halliburton, Microsoft to form digitization alliance. Available at: https://www.offshore-mag.com/articles/2017/08/halliburton-microsoft-to-form-digitization-alliance.html Retrieved on: 19/3/2019

الثالثة من خطة تطوير الحقل التي امتدت بين 2005 و2009 قد تضمنت تصوراً عن "الحقل الرقمي" بحيث يتم تطويره كحقل متكامل يتم التحكم به عن بعد[75].

6-2 الثورة الصناعية الرابعة

قبل السير قدماً نحو تطبيقات تقنيات الحقول الرقمية، لابد من الإشارة إلى مفهوم الثورة الصناعية الرابعة، لما لذلك من علاقة وطيدة بموضوع الدراسة.

لقد شهد العالم ثلاث ثورات صناعية منذ فجر تاريخه، حيث استخدمت الثورة الصناعية الأولى في القرن الثامن عشر طاقة الماء والبخار لميكنة الإنتاج بعد اختراع محرك البخار من قبل المهندس James Watt، والذي تنسب له واحدة القدرة (واط).

أما الثورة الصناعية الثانية التي شهدها العالم في القرن التاسع عشر، فقد ميزها استخدام الطاقة الكهربائية ومحركات الاحتراق الداخلي، وظهور خطوط الإنتاج. بينما كان استخدام الالكترونيات وتكنولوجيا المعلومات لأتمتة الإنتاج ميزة للثورة الصناعية الثالثة.

وقد تبنى المنتدى الاقتصادي العالمي في عام 2016 تعبير الثورة الصناعية الرابعة، معتبراً أن هناك ثلاثة أسباب تؤكد أن التحولات

[75] J.P. Schulz-Rojahn, P. Walshe, and Hj. I. Suhaili (2004). Champion West Field Development, Brunei: A Study in Seal, Compartmentalization and Fluid Fill Uncertainty. *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition*. Perth, Australia, 18- 20 October 2004. Paper SPE 88518

الحالية لا تمثل مجرد امتداد للثورة الصناعية الثالثة، بل هي معالم ثورة صناعية رابعة يميزها:

① السرعة.

② المدى أو النطاق.

③ تأثير النظم.

ذلك أن سرعة ظهور الابتكارات الحالية لم يشهد التاريخ لها مثيلاً، إذ عند مقارنتها بالثورات الصناعية السابقة، فإن الثورة الصناعية الرابعة تتطور بوتيرة أسية. علاوة على ذلك، فإن الثورة الصناعية الرابعة تخلط الأوراق في كل صناعة تقريباً في كل بلدان العالم، ويبدو أن اتساع وعمق هذه التغييرات يبشران بتحول أنظمة الإنتاج والإدارة والحوكمة برمتها. ويتصل حالياً مليارات من الأشخاص عبر أجهزة الهاتف المحمولة، كما بات للحواسب قدرة معالجة هائلة، وارتفعت سعات التخزين الإلكترونية إلى أرقام فلكية ضمن مساحات صغيرة، وبات الوصول إلى المعرفة عملية أسهل بكثير من السابق. كما ظهر رأي في المنتدى الاقتصادي العالمي[76] يبين أن الثورة الصناعية الرابعة تتميز بفتوحات تقنية في مجالات الذكاء الاصطناعي، والروبوتات، وإنترنت الأشياء، والمركبات

[76] Klaus Schwab. *The Fourth Industrial Revolution, What It Means and How to Respond?* Foreign Affairs Magazine. 12/12/2015. Available at: https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution Retrieved: 17/4/2019

ذاتية الحركة، والطباعة ثلاثية الأبعاد، وتقنيات النانو، والتكنولوجيا الحيوية، وعلوم المواد، وتخزين الطاقة، بل والحوسبة الكمومية التي لا تزال تدرج في مراحلها الأولى[77].

ويتابع المنتدى الاقتصادي العالمي بالقول إن الثورة الصناعية الرابعة تمتلك القدرة على رفع مستويات الدخل العالمية، وتحسين نوعية الحياة للسكان في جميع أنحاء العالم. حيث قدمت التكنولوجيا منتجات وخدمات جديدة على مختلف الأصعدة بدءاً من الخدمات الشخصية مثل حجز رحلة طيران أو شراء منتج ما أو دفع الفواتير، وصولاً إلى العمليات التقنية المعقدة في مختلف الصناعات.

وهذا لا يعني تجاهل حقيقة أن الذين استفادوا حتى الآن هم أولئك المستهلكين القادرين على تحمل تكاليف العالم الرقمي ممن يمتلكون إمكانية الوصول إليه. كما لا يعني بحالٍ من الأحوال تناسي أن الثورة الصناعية الرابعة يمكن أن تسفر عن قدر أكبر من عدم المساواة، لا سيما في قدرتها على تعطيل أسواق العمل حيث تحل الأتمتة محل العمالة في جميع أنحاء الاقتصاد ناشرة البطالة أينما حلّت، مع ما لذلك من أثر غير خفيٍ على الوضع الاقتصادي للمجتمع، وإن كان من الوارد أيضاً أن تظهر وظائف محددة أكثر أمناً وأكثر مردوداً، لكنها ستوظف أعداداً أقل من العمالة بالتأكيد.

وعموماً فإن الثورة الصناعية الرابعة تشترط إعادة الهيكلة الاقتصادية

[77] هي الحوسبة بالاعتماد على ميكانيك الكم (Quantum Mechanic) أي نظرية الحقل الكمومي التي تسعى لتفسير الظواهر على مستوى الذرة والجسيمات دون الذرية.

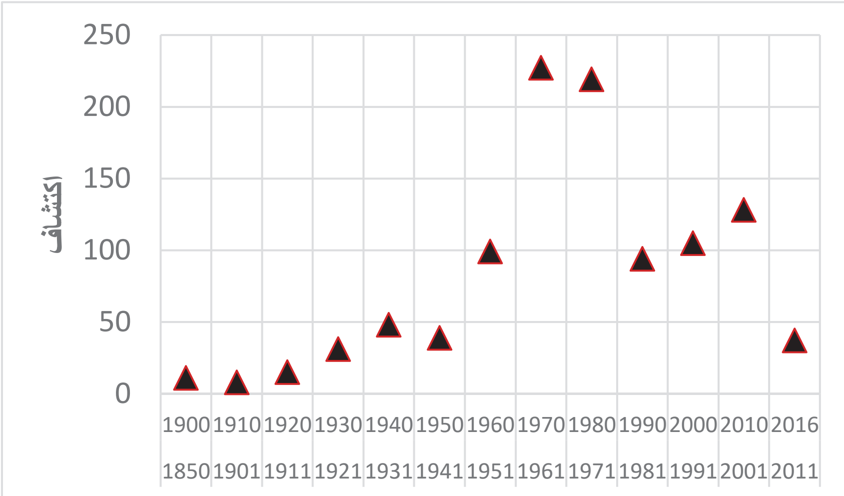
بشكل كلي، وهذا ما سوف يتبعه بالضرورة ظهور هيكلة اجتماعية وهيكلة سياسية، أي أن الوصول لأهداف الثورة الصناعية الرابعة يتطلب تطوير البنى الاقتصادية والاجتماعية والسياسية، والتعامل مع نتائج تغير القيم الثقافية والاجتماعية بما يتماشى مع مفهوم التنمية الشاملة والمستدامة.

7- 2 التطبيق المرحلي العملي لمفهوم الحقل الرقمي

تترافق الحقول الذكية عادة مع مستويات عالية من الأتمتة الحقلية واستخدام المعدات المتطورة، إضافة إلى بناء النماذج الهندسية المتقدمة. وعند النظر إلى أهم الحقول العملاقة في العالم[78]، يلاحظ أن أغلبها حقول قديمة إذ يبين الشكل 7 أن العالم اكتشف 152 حقلاً عملاقاً خلال 100 عام تقريباً (1850- 1950) بينما اكتشف 744 حقلاً خلال الأعوام الخمسين التي تلت (1950- 2000). لكنه يوضح أيضاً أن نحو 85% من الحقول العملاقة في العالم اكتشفت قبل عام 2000.

[78] Robert K. Merrill1 and Charles A. Sternbach (2017). The AAPG Century – Giant Fields through the - Decades. *AAPG Datapages, Search and Discovery Article #70267(2017). Adapted from oral presentation given at AAPG 2017 Annual Convention and Exhibition*, Houston, Texas, April 2-5.

الشكل 7: عدد الاكتشافات النفطية العملاقة في العالم



إدارة الشؤون الفنية، أوابك، معدّل عن Merrill و Sternbach، 2017

ولا يغيب عن الذهن أن هذه الحقول ومنذ ستينات القرن الماضي تساهم في أكثر من 60% من إنتاج النفط العالمي، مما يعني أن عدداً منها قد لا يحتوي على المعدات التقنية أو النماذج الهندسية الكافية بما يساهم في متابعة تطوير تلك الحقول بشكل فعال، وخاصة تلك التي قاربت مرحلة النضوج Maturation، وهي قد تكون أهم الحقول التي قد تستفيد من تطبيق تقنية الحقل الرقمي.

لذلك وفي سياق المحاولة لإيضاح الهدف من تطبيق مفهوم الحقل الرقمي على الحقول الناضجة، قد يكون من المفيد إجراء مقارنة في مجال الأتمتة بين التنقيب والإنتاج من جهة Upstream، وبين عمليات التكرير من جهة أخرى Downstream. ولما كانت العمليات في المجالين تتباين بشكل صارخ، فمن الأجدى أن تتم المقارنة بين عدد محدود من العمليات، كما هو موضح فيما يلي[79]:

[79] Denis Gauder, Mikhail Koloskov and Sukhamera Dmitry (2017). Practical

7- 2- 1 مراقبة الإنتاج

تمتلك جميع مصافي العالم تقريباً أنظمة مراقبة تسمح للمشغلين بتتبع عمليات المصفاة بشكل مستمر، وتتوفر فيها مخططات عملية تفاعلية تعرض منحى تغير القياسات في الوقت الفعلي. ويمكن الوصول إلى البيانات المخبرية من خلال قواعد بيانات مخصصة مدمجة في أنظمة المراقبة. كما يوجد عدد كبير من أجهزة الإنذار لتنبيه المشغلين إلى أية أخطاء محتملة في النظام، وهذا العدد قد يكون كبيراً لدرجة قد تضع حملاً ثقيلاً على عاتق المشغلين، لذلك قد تقوم الأنظمة المؤتمتة بإيقاف بعض الإنذارات المنفردة ودمجها مع بعضها تلقائياً.

تتميز حقول النفط الحديثة غالباً بميزات مشابهة من ناحية أنظمة مراقبة الإنتاج، بينما يختلف الوضع في الحقول الناضجة والقديمة، إذ في العديد من الحالات، لا يزال الحصول على القياسات الأولية عملية يدوية، حيث يقوم المشغلون الميدانيون بزيارة الآبار وأخذ الأرقام يدوياً عن طريق قراءة البيانات المتاحة على أجهزة القياس، والتي يتم إعادتها إلى المكاتب عبر البريد أو الفاكس أو حتى عن طريق الاتصالات الهاتفية العادية[80].

عموماً، من الصعب مكاملة البيانات في هذه الحالة، حيث تكون العديد من قواعد البيانات مفصولة بين الحقول والمكاتب ويصعب الوصول إليها من قبل المستخدم النهائي (على سبيل المثال، مقاطعة

Staged Implementation of Digital Field with Short Term Benefits. *SPE Annual Caspian Technical Conference and Exhibition*, Baku, Azerbaijan, 1-3 November 2017. Paper SPE-189047-MS.

80 تشير الخبرة العملية لمعد الدراسة إلى أن هذه العملية تستغرق وقتاً طويلاً حسب عدد الآبار والعمليات اليومية التي تتم عليها، ناهيك عن الأخطاء التي قد تحدث خلال نقل المعلومة أو إعادة كتابتها.

ومقارنة بيانات الإنتاج مع البيانات المخبرية وتحليل المكامن يتطلب مستخدمين متقدمين لإنشاء ملفات Excel معقدة مع استعلامات لقواعد بيانات مختلفة). لذلك تكون معظم بيانات مراقبة الإنتاج مؤقتة، وتتم على الأغلب باستخدام ملفات Excel يتم إنشاؤها من قبل الإدارات أو من الأفراد، مما يخلق صعوبة في التعامل معها بين الجهات المختلفة.

كل هذا يظهر على هيئة افتقار لوجهة نظر متكاملة حول العمليات، وبالتالي يصبح التواصل أصعب. كما أن الإنذارات (في حال وجودها) سوف تعتمد على الخبرة البشرية لتفسيرها، إضافة إلى الاستجابة لهذه الإنذارات سوف تعتمد بدورها على آلية تفاعل الإدارات المختلفة مع الحدث.

7- 2- 2 توزيع (تحصيص) الإنتاج

تزوّد المصافي الحديثة بأنظمة تسجيل مستمرة للتوفيق بين خطوط الإنتاج، وللوصول إلى توازن آني بين الطاقة وبين المواد الداخلة المستخدمة وتلك الخارجة من المصفاة. ويتم ذلك باستخدام عدادات تراقب التدفق وأجهزة تحليل تنقل القيم في الوقت الفعلي.

ويتم إنتاج النفط في الحقل من عشرات أو مئات الآبار في وقت واحد، لذلك فإن بيانات إنتاج كل بئر قد لا تكون موثوقة بسبب عدم كفاية نقاط البيانات، مما يجعل عملية رصد الإنتاج وتقييمه وتحسينه في البئر الواحد أمراً في غاية الصعوبة. كما أن تحصيص الإنتاج[81] ليس ضرورياً لتقييم

[81] توزيع أو تحصيص الإنتاج، هو معرفة ما ينتجه كل بئر

أداء كل بئر فحسب، لكنه ضروري أيضاً لتحديد نقاط الاختناق ومعرفة الآبار التي تحتاج لعمليات إصلاح حتى يمكن تعديل ظروفها التشغيلية مما يؤدي لتحسن الإنتاج من الحقل ككل. تعتمد بعض الحقول المتقدمة إستراتيجية مماثلة لتوزيع إنتاجها، حيث يتم قياس الإنتاج بشكل مستمر باستخدام عدادات تدفق متعددة المراحل، ويتم توزيع المكامن والآبار وشبكة النقل ونماذج العمل بما يحقق تعديل الاختلالات (إن وجدت) بأعلى دقة ممكنة[82]. وبالرغم من ذلك فكثيراً ما يتم توزيع الإنتاج بشكل شهري، ويتم اللجوء إلى الاستقراء المباشر[83] اعتماداً على آخر بيانات إنتاج تم قياسها للبئر. لذلك يكون معامل التوزيع[84] في هذه الحالة بعيداً عن الرقم (1) الذي يعني في حال وجوده أن هناك توافقاً تاماً بين إنتاج البئر وبين عدادات التصدير أو النقل. كما يتم في معظم الأحوال تجاهل تحصيص المياه أو الغاز المنتج ضمن منظومة إنتاج النفط بسبب صعوبة تقييمها وقياسها، رغم أن مراقبة إنتاج الماء والغاز وتحديد حجمها في كل بئر يعتبر من أساسيات تفهّم أداء الحقل.

[82] Eddy Lek. *How Digitalization of Production Allocation Maximizes Throughput in Oil Fields*. Schneider Electric, Industrial Software. 2017. Available at: https://blog.schneider-electric.com/industrial-software/2017/09/27/how-digitalization-of-production-allocation-maximizes-efficiency-in-oil-field/

[83] Straight Extrapolation

[84] معامل التوزيع (Allocation Factors) يمثل النسبة بين حجم الإنتاج المقاس خلال اختبار البئر، وبين قراءة عدادات التصدير التي يتم احتساب الأعباء المالية (كالضرائب مثلاً) استناداً إليها.

7- 2- 3 تعظيم الإنتاج

يتم تجهيز معظم المصافي بأنظمة آنية لتعظيم الإنتاج، عبر استخدام تقنيات متطورة للتحكم في العمليات التي تجري داخل هذه المصافي، حيث يتم تحليل الإنتاج باستمرار، ويتم تغيير أوضاع التشغيل Modes بناء على نتائج التحليل[85]. كما يجري التحكم بالمشغلات الميكانيكية Actuators تلقائياً ضمن نظام مغلق، مما يضمن الحفاظ على استمرارية الإنتاج بشكل دائم بلا انقطاع.

أما في عمليات التنقيب عن النفط والغاز، فغالباً ما تكون عمليات تعظيم أو نمذجة الإنتاج ناتجة عن دراسات طويلة نسبياً من قبل مجموعة من المهندسين، تعطي توصياتها بشأن ناحية ما من نواحي عمليات الإنتاج، ويجري تنفيذ هذه التوصيات عبر عملية طويلة قد تستغرق أياماً أو أسابيع، أي أن أنظمة التحكم في النظام المغلق موجودة بدورها في هذه الحالة، لكنها فعلياً بعيدة عن البئر، ويحتاج تأثيرها لفترة طويلة حتى يبدأ بالظهور.

من خلال المقارنة السابقة، يظهر سؤال هام مفاده: لماذا توجد هذه الفروقات بين الصناعتين، رغم أن الهدف النهائي هو الحصول على ريع مادي واقتصادي من كليهما؟

ويبدو أن الإجابة على هذا السؤال تتجلى في سببين:

[85] Howes, S., Le Pore, J., Mohler, I., Bolf, N. (2014). Implementing Advanced Process Control for Refineries and Chemical Plants. *Goriva i maziva*, 53 (2), 97–119.

① التحديات التقنية وعدم اليقين الذي يسود في معظم عمليات التنقيب والإنتاج، إذ أن المكمن هو كيان معقد تتغير عناصره بشكل مستمر (كتغير الضغط، والتشبع، وغيرها من العناصر)، وبالتالي لن يكون مماثلاً للمعدات والآلات العاملة في المصافي، والتي يتم صنعها بمواصفات دقيقة محددة. إضافة إلى أن خواص ومواصفات المُنتَج (النفط أو الغاز) يصعب وصفها بشكل محدد ثابت، حيث تتغير نسب الغاز أو الماء في النفط بشكل دائم، وتتغير أطوار الجريان، مما يعني صعوبة قياس كميات الإنتاج بشكل مطلق الدقة.

② تاريخياً، هناك ضغوط مالية أقل على عمليات التنقيب والإنتاج منها على عمليات التكرير. إذ أن المصافي تعمل ضمن هامش ربح محدود، مما يؤدي إلى بذل جهد أكبر للوصول إلى التميز في الإنتاج والفعالية. ومن المؤكد أن تذبذب أسعار النفط بات دافعاً للبحث عن تقنيات جديدة تسمح بسير العمليات بشكل أكثر كفاءة رغم الحد من النفقات العامة، وتساعد المشغلين على نحو أفضل ضمن مسار تحسين الإنتاج ورفع معامل الاستخلاص.

وبالعودة إلى أهمية تطبيق تقنية الحقول الذكية في الحقول الناضجة، يظهر أيضاً سؤال آخر مفاده: *هل هناك مبرر لاستخدام هذه التقنية وللاستثمار فيها في الحقول الناضجة التي قاربت على نهاية حياتها الإنتاجية؟*

إن التجربة العملية تبين أن استراتيجيات الإدارة المؤتمتة للبيانات والمهام الروتينية تؤدي إلى رفع الكفاءة التشغيلية، وانخفاض النفقات العامة للمشروع في إطار زمني قصير للغاية. إذ تقود المراقبة المتطورة للإنتاج (بما في ذلك أنظمة الإنذار عالية الكفاءة) إلى زيادة فرص تحسين الإنتاج والوصول إلى زمن استجابة أسرع لأي تغيرات تظهر فيه، مما يقلل بشكل كبير من خسائر الإنتاج.

كما تسمح زيادة دقة العمليات وزيادة جودة البيانات بتفهم المكمن وأداء الآبار بشكل أفضل، مما قد يعني إطالة العمر الافتراضي للحقل. كل هذه النشاطات تترجم عملياً على شكل زيادة في الإنتاج وتخفيض في النفقات التشغيلية، وبالتالي يكون هذا النوع من الحلول مجدياً عبر المنظور قصير الأجل. ومن نافل القول إن الحقول القديمة الناضجة تختلف عن تلك الجديدة، ومن أهم أوجه الاختلاف:

1. وجود مستوى منخفض من المعدات والأجهزة في الحقول القديمة، وغالباً ما تكون المقاييس المثبتة على رؤوس الآبار غير قادرة على بث بياناتها آلياً إلى نظام تحكم مركزي، وحتى عمليات الاختبار تتم يدوياً وعلى فترات متقطعة.

2. هناك حجم كبير من العمليات في الحقول القديمة والتي يقع معظمها على اليابسة، ومعظم الآبار تكون منخفضة الإنتاجية، كما يكون في الحقل عدد كبير من الآبار تنتشر على كامل مساحته. وهنا تبرز أهمية أتمتة العمل لمراقبة أداء هذه الابار.

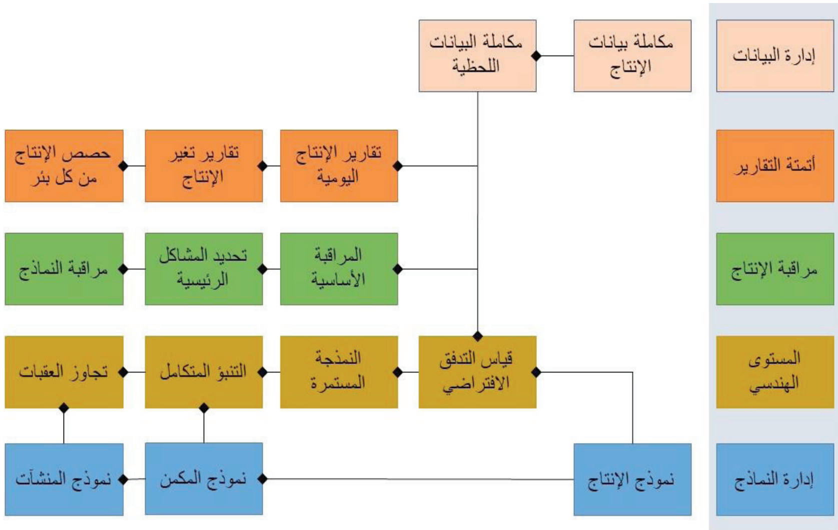
3 يتمثل التحدي الرئيسي في الحقول الجديدة في بناء وتحديد العمليات والنظم عالية الكفاءة لاستثمار الحقول. ويظهر نفس التحدي في الحقول القديمة، إنما تضاف له مصاعب إدارة عمليات تغيير ما هو متوفر، والحذر الذي يرافق هذه العمليات عند وضع التوقعات المستقبلية لعوائدها على استثمار الحقل.

4 وهناك اختلاف آخر يتمثل في موضوع الخبرة وتوفر الطواقم البشرية المؤهلة للتعامل مع التقنيات المتقدمة.

وجود هذه النقاط من الاختلاف يعني أنه من غير الممكن وجود طريقة واحدة لتطبيق تقنية الحقول الذكية يمكن تعميمها على كافة الحقول. ويبدو أن البداية يجب أن تنطلق من الاعتماد على كميات محدودة من البيانات عالية الدقة، وأن تركز الحلول على إعطاء منظور عام للحقل وتسليط الضوء على القضايا الرئيسية فيه، بدلاً من تقديم رؤى تفصيلية دقيقة لكل صغيرة وكبيرة.

كما تذهب بعض الآراء إلى أن النماذج التي يجب تطبيقها على الحقل يجب أن تتناسب مع الخبرات المتاحة فيه بما يسمح للطواقم العاملة في الحقل بالتعامل معها تدريجياً. يبين الشكل 8، مخططاً مقترحاً للتطبيق المرحلي لتقنية الحقول الرقمية على الحقول الناضجة.

الشكل 8: التطبيق المرحلي لتقنية الحقول الذكية على الحقول القديمة



المصدر: Gerrard *et al*، 2010.[86]

في الخلاصة يمكن القول إن الحقول الرقمية ليست مجرد مفهوم بسيط، فتكاليفها توحي بأن تطبيق هذا المفهوم لن يكون بديلاً عن الخبرة. كما أن السؤال عما يمكن عمله يجب أن يستبدل بالسؤال عما ينبغي عمله، إذ أن الزيادة الكبيرة في اعتماد الحوسبة السحابية من قبل شركات الصناعة البترولية تبدو كأمر لا مفر منه.

[86] Carl A. Gerrard, Heather McCabe, and Andrew D. Beck. Installation and Implementation of "Smart Fields Foundation" on a Brown Field Asset, Adding Value Without Major Capital Investment. SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Utrecht, The Netherlands, 23–25 March 2010. SPE 127849.

الفصل الثالث

يتضمن هذا الفصل عرضاً للتطبيق المرحلي لمفهوم الحقل الرقمي، مع بعض الأمثلة والحالات الدراسية (Case Studies) من الدول العربية وغير العربية

أمثلة وحالات دراسية

ربما يكون من الصعوبة بمكانٍ تتبع كل الحالات التي يتم استخدام التقنيات الرقمية فيها ضمن مفهوم الحقل الذكي، ذلك أن هذه التقنيات تتطور بشكل متسارع بحيث يعزّ حصرها. لذلك تضمن هذا الفصل أمثلة عن مساعي الدول العربية وغير العربية نحو تبني التقنيات المختلفة التي تندرج تحت مظلة الحقل الرقمي، في محاولة لتوضيح فوائد هذه التقنيات على المدى القريب والبعيد. كما تطرق إلى مبادرة التحول الرقمي للمنتدى الاقتصادي العالمي.

أمثلة وحالات دراسية

أولاً: أمثلة عن تبني تقنيات الحقول الرقمية في الدول العربية

1- مركز الذكاء الاصطناعي ومركز "ثمامة" لدارسة المكامن البترولية ـأدنوك

انتهجت الإمارات العربية المتحدة عدة سبل لتعزيز تطوير وتسريع تفعيل تطبيقات الذكاء الاصطناعي على مختلف المستويات الحكومية، وفي عام 2017، جرى إطلاق "استراتيجية الإمارات للذكاء الاصطناعي" وتم تخصيص وزارة مستقلة للذكاء الاصطناعي ضمن حكومة الدولة[87]. وتهدف هذه الاستراتيجية إلى:

---

[87] أحمد ماجد. الذكاء الاصطناعي بدولة الإمارات العربية المتحدة. *إدارة الدراسات والسياسات الاقتصادية*، وزارة الاقتصاد، الإمارات العربية المتحدة. 2018.

①- تبني أدوات وتقنيات الذكاء الاصطناعي للارتقاء بالأداء الحكومي.

②- أن تكون الإمارات الأولى عالميا في استثمارات الذكاء الاصطناعي.

③- خلق سوق جديدة واعدة ذات قيمة اقتصادية عالية في المنطقة.

④- دعم مبادرات القطاع الخاص وزيادة الإنتاجية.

⑤- بناء قاعدة قوية في مجال البحث والتطوير.

⑥- الاعتماد على الذكاء الاصطناعي للخدمات وتحليل البيانات بمعدل 100% بحلول العام 2031.

ضمن هذا التوجه، افتتحت شركة بترول أبو ظبي الوطنية "أدنوك" في عام 2017 مركز التحكم المتقدم والذكاء الاصطناعي (بانوراما)، ويوفر هذا المركز الرقمي إمكانية الوصول إلى البيانات الضخمة من العمليات والأداء، ويضع البيانات الهامة في متناول المختصين. ويستمد المركز بياناته من نقاط البيانات التابعة لأدنوك في مجالات الاستكشاف والتطوير والإنتاج، ومعالجة الغاز والتكرير والبتروكيماويات، وحجم المبيعات والتسويق ونقل المنتجات للعملاء في جميع أنحاء العالم وكذلك الخدمات والإمداد.

حيث يوفر المركز نافذة موحدة تعرض بيانات مباشرة تغطي كافة تلك العمليات من خلال شاشة عملاقة تمتد بطول 50 م.

ويتكامل مع مركز (بانوراما) مركز (ثمامة) لدراسات المكامن البترولية، وهو مركز تستخدم فيه "أدنوك" طرق التحليل الذكية مترافقة مع منصات الذكاء الاصطناعي للبحث عن حلول للمشكلات التي تواجه العمليات تحت سطح الأرض. ويعمل هذا المركز على الاستفادة من العديد من الموارد التي يصعب الوصول إليها عادة، وذلك ضمن مسعى لتحسين خطط تطوير الحقول، إضافة إلى خفض تكاليف الحفر وإدارة الطاقة الإنتاجية في الحقول البرية والبحرية.

وقد عملت "أدنوك" على تجهيز المركز بتطبيقات ذكية لتحليل البيانات سعياً نحو بناء نماذج ديناميكية لباطن الأرض بهدف تعزيز قدرة المختصين على رسم صورة تفصيلية للمكامن في أبو ظبي، وهي خطوة تساهم في تعزيز فرص نجاح عمليات الحفر والحد من المخاطر. ويتيح القسم المخصص للحفر في مركز "ثمامة" إمكانية المتابعة اللحظية المتزامنة للعمليات في 120 موقعاً للحفر، كما يسمح بمقارنة أداء الآبار مع الخطط والمعايير المعدة مسبقاً، وهو ما يساهم في خفض تكاليف الحفر وتحسين كفاءة الحفارات وزيادة الإنتاجية[88].

2- منصة غير مأهولة في دبي

يعتبر الطقس من أهم العوامل عند تشغيل منصة في عرض البحر. وفي حال تغيّره نحو الأسوأ تزداد الخطورة على الطاقم حتى تبلغ في

[88] Adnoc (2018). UAE’s AI Minister Visits ADNOC’s Artificial Intelligence and Big Data Centers. 20 February. Available at: https://www.adnoc.ae/en/news-and-media/press-releases/2018/uaes-ai-minister-visits-adnocs-artificial-intelligence-and-big-data-centers Retrieved on: 10/2/2019.

بعض الأحيان حد إجلاء العاملين لمنع الإصابة أو الخسائر في الأرواح. كما أن الحوادث التي تقع في المنصات في المغمورة (كالاندفاعات البترولية) قد تنتهي بكارثة رغم كل عوامل الحيطة وكل إجراءات الأمن والسلامة المتبعة. فعلى سبيل المثال، تعتبر بعض المصادر اندفاع بئر Macondo في خليج المكسيك عام 2012 أحد أكبر الكوارث التي أصابت الولايات المتحدة الأمريكية في التاريخ الحديث. وعند حدوث الاندفاع، كان العمل جارياً على حفر بئر استكشافي في امتياز "ماكوندو" في خليج المكسيك على بعد 66 كم من سواحل ولاية لوزيانا. أدى اندفاع البئر إلى تسرب كميات كبيرة من غاز الميثــان إلى السطح، واشتعل الغاز متسبباً بانفجار نتج عنه مقتل 11 شخصاً وإصابة 17 آخرين من طاقم منصة الحفر. وقد نشر مكتب تنظيم طاقة المحيطات الأمريكي[89] التابع لوزارة الداخلية في 2011/9/14، تقريراً مفصلاً عن الأسباب التي أدت إلى حادث الاندفاع، حيث وجد التقرير أن السبب الرئيسي للاندفاع كان بسبب سوء تنفيذ عمليات السمنتة لمواسير تغليف المرحلة الإنتاجية[90].

لهذه الأسباب ولغيرها، تسعى العديد من الشركات العاملة في المغمورة لاستخدام منصات غير مأهولة خاصة في المرحلة الإنتاجية، بحيث تقول الأجهزة والمعدات بالعمل بدون وجود طواقم على المنصة.

---

[89] The Bureau of Ocean Energy Management, Regulations and Enforcement

[90] تركي الحمش. *اندفاعات الآبار وآثارها البيئية*. مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 39، العدد 144، شتاء 2013.

وقد أعلنت شركة "الأحواض الجافة العالمية" في الإمارات العربية المتحدة في نهاية عام 2018 عن إكمالها بناء المنصة غير المأهولة "راشد د" لصالح شركة "دبي للبترول". يتكوّن الجانب العلوي من المنصة من وحدة معالجة للنفط والغاز تزن 950 طناً، تم تصميمها خصيصاً للعمليات البحرية التي يتم التحكم بها عن بعد بعمر افتراضي يقارب 25 عاماً. كما يحتوي الجانب العلوي على أنظمة متقدمة للتحكم بالأنابيب[91].

وتم تصميم الهيكل الذي بلغ وزنه 500 طن لدعم الجانب العلوي من المنصة البحرية التي سوف تستخدم في دبي في مياه عمقها 31 م. شمل نطاق العمل على المنصة البحرية تصنيع الدعامات والركائز، ومعدات ضخ الغاز والمياه بالإضافة إلى بكرات تحت سطح البحر لتوصيل المنصة بالشبكة البحرية في "دبي للبترول". ومن المقرر أن تكون المنصة جزءاً من عمليات تطوير حقلي "راشد" و"جليلة".

3- مبادرة الحقل الذكي في أرامكو السعودية

تعود مبادرة الحقل الذكي في شركة أرامكو السعودية إلى نحو ستة عشر عاماً خلت، وتحديداً في عام 2003 عندما انضمت الشركة إلى دراسة حول المبررات التجارية والتقنيات الرئيسة للحقل الذكي، أجرتها

[91] Drydocks World (2018). Rashid D Wellhead Platform completed by Drydocks World for offshore UAE. Available at: http://www.drydocks.gov.ae/en/news/drydocksworld.rashiddwellhead.aspx Retrieved on: 19/3/2019.

جمعية Cambridge Energy Research[92] لحساب عملاء متعددين[93]. وقد تم تكليف فريق محدود العدد في عام 2004 للبدء بمشروعات تعنى ببعض العناصر الأولية ضمن الحقل الذكي، وفي وقت لاحق من العام نفسه، أطلق كبير مهندسي البترول في الشركة مبادرة الحقل الذكي رسمياً، وتم تشكيل فريق تنسيق يمثل جميع الدوائر المعنية في أرامكو السعودية.

وضمن خطة وضعت لتبادل الاستراتيجيات والخبرات والخطط المتعلقة بالحقل الذكي ومناقشة أوجه التعاون الممكنة، قام أعضاء فريق الحقل الذكي بزيارات متعددة إلى الولايات المتحدة الأمريكية وعدة دول في أوروبا بهدف التواصل مع معاهد الأبحاث مثل جامعة Stanford، وبعض شركات الخدمات وشركات الإنتاج الكبرى مثل Chevron، وShell، وBP، وغيرها. حيث ساهمت هذه اللقاءات في تحديد التقنيات الأساسية التي تحتاجها أرامكو في مجال دراستها لتطوير وتنفيذ الحقل الذكي من جهة، مع إتاحة الفرصة للفريق للتعرف على مقدمي هذه التقنيات.

ولما كانت بعض عناصر الحقل الذكي تعد جديدة وغير متوفرة بصورة تجارية في ذلك الوقت، فقد عملت أرامكو مع شركاء مختلفين من شركات تجارية وجهات أكاديمية لإجراء الأبحاث الخاصة بتلك التقنيات الجديدة في مسعى لتطويرها بصورة فعالة.

---

[92] مؤسسة استشارية تفرعت عن الشركة الأم HIS Energy.

[93] مارتن كلارك (2005). حقل النفط الرقمي. *مجلة القافلة*، شركة أرامكو السعودية، المجلد 54، العدد 6، نوفمبر، ديسمبر.

وبينت المعلومات التي تلقتها الشركة في حينها من مختلف الجهات التي تم اللقاء معها، أن أرامكو السعودية تتمتع بوضع متميز فيما يتعلق بتنفيذ مبادرة الحقل الذكي بسبب هيكلها التنظيمي والدعم الإداري. فيما كانت معظم الشركات التي جرى اللقاء معها في ذلك الحين تعاني من صعوبات في تطبيق مفهوم الحقل الذكي بسبب هياكلها التنظيمية التي تقوم على مراكز أو وحدات الممتلكات (Unites)، إضافة إلى أن فرق الحقل الذكي فيها تعد جزءاً من الهيكل العام مما يُلزم تلك الفرق بأن تحصل على معظم التمويل والموافقة على التطبيق من وحدات الممتلكات، وهذا ما يحد من ديناميكية حركتها.

وقد قامت أرامكو السعودية بتركيب البنى الأساسية مثل أجهزة الاستشعار والاتصال مع المقر الرئيسي في جميع الحقول التي تقوم بتشغيلها. كما عملت على تطوير أنظمة لغربلة المعلومات الواردة من الحقل Filtration دون الإخلال بقيمتها، ومعالجة تلك المعلومات وتخزينها في قاعدة بيانات شاملة.

كما واصلت أرامكو اختبار أنظمة تتيح للمهندسين عرض البيانات في هيئة صور ومخططات وتتيح أيضاً تنبيه المهندس المسؤول وقت الحاجة بصورة آلية، وذلك في ظل ظروف حقلية فعلية قبل نشر تلك الأنظمة على مستوى الشركة، وهو ما يمثل المستوى الأول للحقل الذكي، أي المراقبة.

أما فيما يخص باقي المستويات فقد كان لدى الشركة مسبقاً بعض العناصر مثل نظام محاكاة المكامن المتميز Powers والبرامج المرتبطة به التي تسهل بناء وتشغيل النماذج ثم عرض النتائج في هيئة صور وتحليلها[94]. وكانت الشركة تعمل على تطوير مشروع "حرض 3" في أقصى الجزء الجنوبي لحقل "الغوار" لإنتاج 300 ألف ب/ي، حيث وضعت خطة لإكمال معظم الآبار المنتجة في الحقل بما يعرف بطريقة الإكمال الذكي، مع تزويد الآبار بأجهزة استشعار داخل جذوعها لتسهيل عملية التحكم عن بعد في الإنتاج من الجذوع المختلفة للبئر ضمن المكمن نفسه، بحيث يمكن رفع معدل إنتاج النفط مع الحد من إنتاج المياه. كما تضمنت الخطة تزويد الحقل بشبكة اتصالات متطورة من الألياف البصرية لتسهيل الحصول على المعلومات من الآبار ومراقبة إنتاجها عن بعد.

4- مركز الثورة الصناعية الرابعة في أرامكو السعودية

ضمن مساعيها لتطوير أعمالها بشكل مستمر، حولت أرامكو السعودية في عام 2019 مجمع مكاتب لها في مدينة الظهران إلى ما يعرف باسم "مركز الثورة الصناعية الرابعة"، وذلك لتطبيق الابتكارات

[94] سجلت السعودية في عام 2016 فتحاً علمياً حيث طوّرت شركة أرامكو السعودية أول محاكي من نوعه في العالم بإمكانه معالجة تريليونات الخلايا. وتمكن المحاكي من تتبع هجرة النفط حتى وصوله للمكمن في أحد الحقول عبر ملايين السنين، وذلك خلال عملية استغرقت عشرة ساعات فقط، مما فتح الأفق واسعاً أمام عمليات الاستكشاف في كافة مناطق المملكة. تحقّق هذا الإنجاز غير المسبوق باستخدام 150 ألف وحدة تمثل 75% من قدرة كومبيوتر (شاهين 2) العملاق الموجود في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية.

التكنولوجية والرقمية. وهي خطوة ستؤدي إلى تطوير المهارات الفنية للقوى العاملة في الشركة لمساعدتها على تحقيق رؤيتها للتحول الرقمي، كما سوف تسمح بتحسين كفاءة العمل وتوفير التكاليف[95]. وجرى تصميم المركز لدعم مفهوم الأفكار الجديدة والنماذج الأولية والتجريبية تمهيداً لتوظيفها بشكل كامل. يمتاز المركز بإمكاناته المتقدمة وقدرته الكبيرة على توفير المعلومات، مع تركيزه الذي يتمحور حول العنصر البشري مما يجعل منه حاضناً للتحول الرقمي، حيث يوفر الحلول التقنية عبر مختلف مراحل سلسلة القيمة الهيدروكربونية.

يتكون مركز الثورة الصناعية الرابعة من ثلاث مناطق، هي:

1. منطقة الذكاء الاصطناعي.
2. منطقة التميّز البيئي
3. مراكز الواقع الافتراضي والمحاكاة.

وتذكر شركة أرامكو[96] أن مساحة المركز تبلغ نحو 2500 متر مربع ويحتوي على شاشات عرض جدارية بمساحة 279 متر مربع، وبرقعة نقاط ضوئية إجمالية (Pitch) تزيد على 109 ملايين نقطة

[95] Offshore Magazine (2019). Aramco unveils digital/AI center. Available at: https://www.offshore-mag.com/articles/2019/03/aramco-unveils-digital-ai-center.html Retrieved: 9/4/2019.
[96] Saudi Aramco (2019). Spearheading innovation: Aramco unveils new 'Fourth industrial revolution center'. *News*, Dharan, March 21, 2019. Available at: https://www.saudiaramco.com/en/news-media/news/2019/fourth-industrial-revolution-center Retrieved: 9/4/2019.

ضوئـيـة (pixels) مقسمة إلى مجموعات ومناطق متعددة، وتوفر قدرات تفاعلية وتعاونية، وتساند المحتوى الرقمي الابتكاري وتحليلات البيانات المتقدمة، والعرض المباشر لنمذجة البيانات والعروض الرقمية المتقدمة. ويتم استقبال الزوار لمعاينة نظام عرض صور طيفية مجسمة يدعى "مسؤول الاستقبال بتقنية الواقع الافتراضي"[97]، حيث يقدم لهم تعليمات السلامة ونبذة عن المركز. وفي قلب المركز توجد ساحة دائرية خاصة بجناح الذكاء الاصطناعي، وهي محاطة بشاشة فيديو دائرية مقعرة ضخمة يعرض عليها أكثر من 20 حلاً من حلول الأعمال، وتعتبر من أكبر الشاشات من نوعها في العالم.

ويركز جناح الذكاء الاصطناعي في المركز على إعداد حلول التحليل المتقدم وتعليم الآلات للتطبيقات المرتبطة بالمجال الهيدروكربوني. وتستفيد تقنية البيانات الضخمة والتحليل المتقدم من الحلول الابتكارية في هذا المجال لتوظيفها في التمثيل المرئي وتوقعات الأداء الخاصة بأصول أرامكو السعودية. ويجمع جناح الذكاء الاصطناعي بين قدرات التطوير الداخلية والأدوات الخارجية لتمكين الخبراء المتخصصين من اتخاذ قرارات تحسين توافر الأصول، وكفاءتها واستثمارها في الوقت المناسب.

---

[97] Virtual- receptionist” hologram

أما منطقة الواقع الافتراضي فيجري استخدامها في أعمال التطوير وإعداد النماذج الأولية والتدريب الخاصة بتقنيات الواقع المعزز والافتراضي والمحاكاة الرقمية، والنماذج الطيفية المجسمة وغيرها، ويمكن استخدام هذا الجناح في التمثيل المرئي لأصول المعامل وخوض تجارب افتراضية مباشرة في قمرة المحاكاة. كما يتمتع المركز بالقدرة على عرض حالات الاستخدام الخاصة بالروبوتات الجوية والأرضية والمائية عبر "حيز الطائرات بلا طيار"، ويشتمل هذا القسم على تقنيات حديثة تساند مجموعة مختلفة من التطبيقات بما في ذلك كشف غاز الميثان، والاستجابة للحالات الطارئة وخدمات المعاينة، ومراقبة المشاريع وإدارة المخزون، وتطبيقات أخرى كثيرة تساهم في الحد من التكاليف وتعزيز الكفاءة وتحسين وضع الصحة والسلامة والبيئة. ويمكن ضمن المركز إعداد النماذج الأولية (Prototype) من خلال عملية المسح والطباعة ثلاثية الأبعاد في "منطقة الأبعاد الثلاثية". وبعد بناء الأفكار يأتي دور "ركن التطوير" المجهز لاختبار هذه الأفكار والتقنيات الرقمية، التي تساند أعمال الشركة وتسهم في تحقيق رؤية التحول باستخدام تقنيات الثورة الصناعية الرابعة.

وفي مطلع عام 2019، أدرج المنتدى الاقتصادي العالمي (WEF)[98] معمل الغاز في العثمانية ليكون ضمن قائمة "المنارات الصناعية" التي تضم مرافق التصنيع الرائدة على مستوى العالم في تطبيق تقنيات الثورة

[98] World Economic Forum

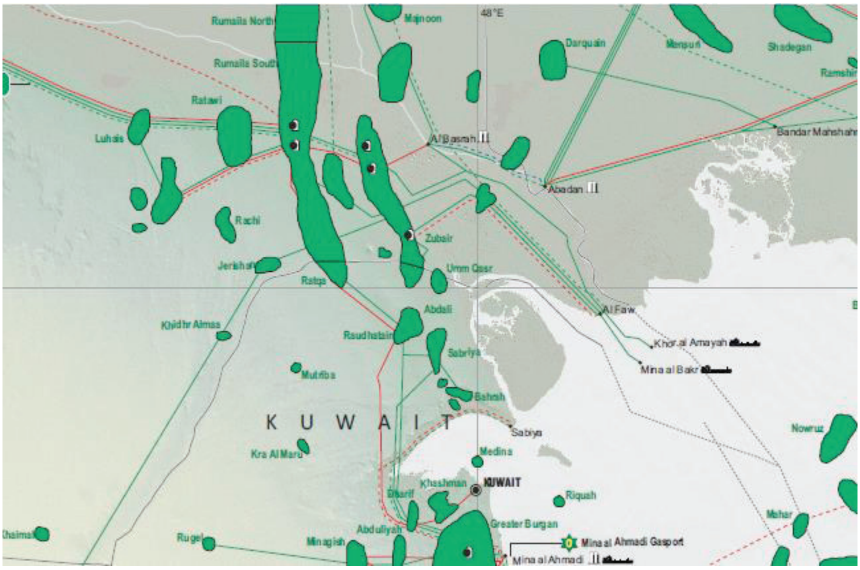
الصناعية الرابعة. وبهذا تكون أرامكو السعودية أول شركة على مستوى العالم في قطاع النفط والغاز تنضم إلى قائمة "المنارات الصناعية"، ويأتي ذلك بعد المكانة التي حققها المعمل في تطبيق أحدث الحلول التقنية المعتمدة على التحليلات المتقدمة والذكاء الصناعي للوصول إلى درجة عالية من الكفاءة التصنيعية بما فيها زيادة الإنتاجية وتحسين مستويات البيئة والسلامة والموثوقية في المرافق التشغيلية لأرامكو. وقد انعكس ذلك من خلال استعمال الطائرات المسيّرة بدون طيار (Drones) والأجهزة التقنية المستخدمة في فحص وتفتيش خطوط الأنابيب والآلات، إذ أثبتت هذه الأجهزة الذكية والروبوتات كفاءتها العالية في تقليص مدة الفحص والتفتيش بنسبة 90%.

5- مشروع تطوير حقل الرميلة في العراق

يقع حقل الرميلة في جنوب العراق على بعد 50 كم إلى الغرب من مدينة البصرة (الشكل 9)[99]، ويعد من أكبر حقول النفط في العالم. اكتشف الحقل عام 1953 من قبل شركة BP، وبدأ الإنتاج منه عام 1972، وقدرت احتياطياته بأكثر من 17.7 مليار برميل من النفط. يمتد الحقل من الشمال إلى الجنوب على طول 80 كم، وهو عبارة عن طيتين محدبتين تكوّنان قبتين في الرميلة الشمالية والجنوبية.

[99] World Energy Atlas. 7th Edition. The Petroleum Economist Ltd. 2013.

الشكل 9: موقع حقل الرميلة العراقي



المصدر: World Energy Atlas، 2013

وقع العراق عقد خدمة فنية في عام 2009 مع شركة BP وشركة PetroChina لإنشاء "هيئة تشغيل الرميلة" التي تضم شركة "تسويق النفط العراقية"، وذلك بهدف دعم تطوير الحقل ليصبح حقل نفط عالمي مستدام، وتم توقيع الاتفاق النهائي في عام 2010 الذي يسعى إلى رفع إنتاج الحقل من نحو 960 ألف ب/ي، إلى 2.8 مليون ب/ي. حيث تضمن الاتفاق أن تستثمر الشركتان (BP وPetroChina) حوالي 50 مليار دولار لتطوير الحقل، وحدد العقد بين الشركاء أجوراً قدرها 2 دولار لكل برميل إضافي ينتج، على أن تدفع الشركات ما نسبته 35 % من هذه الأجور كضريبة لوزارة المالية، و25 % حصة الشريك العراقي، وفي عام 2014 تم تمديد عقد الخدمة الفنية حتى عام 2035.

بلغ إنتاج الحقل عام 2011 حوالي 1.06 مليون ب/ي، بزيادة تقارب 10% عن بدء تشكيل الهيئة. وقد تم توقيع العديد من العقود التي تصب في صالح تطوير الحقل، ففي عام 2010 جرى توقيع ثلاثة عقود بقيمة 500 مليون دولار لحفر 49 بئراً ضمن برنامج توسعة الحقل، منها 7 آبار تحفرها شركة Weatherford، و42 بئراً تحفرها كل من شركة Schlumberger، وشركة الحفر العراقية (Iraqi Drilling) وشركة Daqing Oil Field. وجرى في وقتها كذلك توقيع عقدين بقيمة 100 مليون دولار لتوريد مضخات غاطسة كهربائية. يتضمن الجدول 3 بعض العقود التي تم توقيعها في فترة انطلاق أعمال تطوير الحقل، حيث يتبين منه التكلفة العالية التي احتاجها الحقل[100].

الجدول 3: بعض عقود عمليات التطوير في حقل الرميلة

العام	الشركة	قيمة العقد مليون دولار	الأعمال
2011	Petrofac	90	خدمات تفتيش وصيانة وإصلاح
2011	GE Oil and Gas	40	حزمة متكاملة من المضخات والضواغط ومعدات إعادة حقن الماء.
2012	Tekfen Construction	98	خدمات إدارة المشاريع حتى عام 2014
2012	Cameron	100	معدات للآبار الجديدة ومعدات لتأهيل آبار قديمة
المصدر: HCT، بدون تاريخ.			

[100] Hydrocarbon Technology. Rumaila Oil Field Expansion. Available at: https://www.hydrocarbons-technology.com/projects/rumaila-oil-field-expansion/ Retrieved: 22/4/2019.

في عام 2017، وصل معدل إنتاج حقل الرميلة إلى 1.452 مليون ب/ي، أي بزيادة تعادل نحو 36% عن معدل إنتاجه منذ تشكيل هيئة تشغيل الحقل، وأنتج الحقل خلال سبع سنوات (2010-2017) أكثر من 3 مليار برميل من النفط. وفي حزيران/ يونيو 2017 بلغ عدد الآبار المنتجة في الحقل 595 بئراً، وهو ضعف عدد الآبار التي كانت منتجة في عام 2010 والتي كان عددها 276 بئراً حسبما تذكره هيئة تشغيل حقل الرميلة[101].

وكان من بين أسباب نجاح عمليات التطوير، تدشين أحد أكبر مشاريع حقن الماء في العالم، حيث تراوح معدل حقن الماء بين 60 ألف- 90 ألف ب/ي وذلك بين شهر آذار/ مارس 2013، وشهر تشرين الأول/ أكتوبر 2016[102].

وقد ركزت الهيئة جهودها على بناء حقل رقمي، وعلى خلاف ما كان سائداً في السابق حيث كانت العمليات في حقل الرميلة تعتمد على التدوين الورقي التقليدي، قامت التقنيات الحديثة بتوفير فهم شامل وموسع لمكامن الحقل المعقدة، وقد أشارت الهيئة في بيان رسمي لها صدر في أواخر

---

[101] هيئة تشغيل حقل الرميلة. بيان صحفي رسمي: ارتفاع الانتاج المنظور في الرميلة 400,000 ب/ي خلال 7 أعوام. 2017/10/9. البيان متاح على الرابط: http://www.rumaila.iq/img/news-press-releases/7year_anniversary_PR_Arabic_Final.pdf تم الحصول عليه بتاريخ: 2019/4/22.

[102] BP. *Rumaila oilfield achieves 3 billion barrel production landmark*. Press Release, 20/12/2016. Available at: https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/press-releases/rumaila-oilfield-achieves-3-billion-barrel-production-landmark.html Retrieved: 22/4/2019.

عام 2017 أنه تتم مراقبة 480 بئراً بشكل مباشر من داخل مكاتب مقر الهيئة، حيث يتم الوصول إلى بياناتها في الوقت الحقيقي، مما يسهم في رفع مستوى الأداء وسرعة اتخاذ القرار لمعالجة الآبار واعادة وضعها على الإنتاج، وتقليل الجهود البشرية والزيارات الحقلية للآبار خاصة وأن الحقل يمتد على مساحة تناهز 1600 كم مربع. كما جرى توفير أحدث النظم والبرمجيات والمعدات لتعزيز وتحسين مجريات العمل اليومي، حيث تم إجراء مسح زلزالي شامل للحقل ساهم في رسم خرائط ثلاثية الأبعاد للحقل، وجرى توفير وحدات تحكم طرفية لاسلكية (RTU) مرتبطة برؤوس 400 بئر، بالإضافة الى 14 محطة عزل غاز، وخمس محطات حقن ماء، وتوفر تلك الوحدات قراءات لدرجات الحرارة ومستويات الضغط لمهندسي الرميلة في الوقت الفعلي، مما يسمح لهم باتخاذ القرارات بسرعة لتحسين أداء الحقل.

ويتم توفير ما يجري الحصول عليه من معلومات إلى منظومة إدارة بيانات متقدمة (SCADA) ومنظومة (IVM/ProcessBook) لنمذجة الإنتاج، ومنظومة إدارة العمل (IFM)[103] ويلي ذلك توحيد جميع تلك المعلومات من خلال إطار هندسة نفطي موحد معد للمساعدة في تعظيم إمكانات الانتاج على المدى القريب والبعيد.

بالإضافة إلى ذلك، تقوم شبكة اتصالات سريعة بربط أجزاء الحقل وتأمين التواصل بين مفاصله المختلفة، حيث اكتملت كذلك عملية ادخال

---

[103] Workflow Management

نظام الاتصالات الراديوي المتطور والمعروف بنظام الاتصالات الراديوي الأرضي (TETRA)[104] مما وفر تغطية اتصالات موسعة لجميع مفاصل ومنشآت حقل الرميلة. يمثل نظام TETRA تقنية متقدمة في عالم الاتصالات، وتتكون بنيته التحتية الخاصة بالبث في الرميلة من 6 محطات بث راديوي رئيسية و1800 جهاز راديوي طرفي تتوزع ما بين الأجهزة المحمولة يدوياً او تلك المثبتة على السيارات أو على أجهزة الهاتف المكتبية. وتتيح ميزات النظام تغطية واسعة ونوعية اتصال واضح. ويحتوي النظام على معدات تشفير تحول دون اختراق المكالمات، بعكس أنظمة الهاتف التقليدية والأنظمة الراديوية عالية التردد.

ويعمل النظام أيضاً على تحديد موقع كل جهاز راديو ضمن الشبكة من خلال الاعتماد على نظام تحديد الموقع الجغرافي العالمي (GPS) والسماح بإجراء المكالمات ما بين أجهزة الاتصال الراديوية مع أجهزة الهواتف في الرميلة، وكذلك القدرة على تعطيل أي اجهزة مفقودة أو مسروقة، والقدرة على تسجيل المكالمات الصوتية وتوثيق معلومات المكالمات وقابلية إرسال واستلام الرسائل وتصفح قاعدة بيانات المشتركين المرتبطة بالنظام. وقد ساهم نظام الاتصال هذا في التغلب على العوائق في أجهزة الاتصال التقليدية، حيث كانت أنظمة الاتصالات في الرميلة تتأثر بالعوامل الخارجية مثل الظروف الجوية السيئة أو ضعف الإرسال في الهواتف المحمولة وهو ما كان

---

[104] Terrestrial Trunked Radio

يتسبب بتأخير بعض الأعمال، الأمر الذي كان يترك تأثيرا سلبياً على الاستجابة للمواقف الطارئة[105].

6- مشروع المراقبة عن بعد لعمليات حقن الماء في حقل دخان، قطر

اكتشف حقل "دخان" في قطر عام 1938، ووضع أول بئر منه (دخان-1) على الإنتاج عام 1939، وأتبع لاحقاً ببئرين آخرين، وعندما بدأت الحرب العالمية الثانية كان الحقل ينتج حوالي 40 ألف ب/ي، ولكن الآبار الثلاثة أغلقت بسبب الحرب ولم توضع على الإنتاج ثانية إلا في أواخر عام 1947 بعد أن وضعت الحرب أوزارها، وصدرت أول شحنة من نفط حقل دخان عام 1949.

يمتد الحقل بشكل متطاول* (80 كم X 8 كم)، ويقع على بعد 80 كم إلى الغرب من العاصمة الدوحة (الشكل 10)[106]. ينتج الحقل النفط الخام، والغاز المصاحب، والغاز غير المصاحب والمتكثفات. ويتميز النفط المنتج من حقل دخان بالجودة العالية (40.9° API)، ولا تتجاوز نسبة الكبريت فيه 1.2%.

شكل إنتاج النفط من هذا الحقل حوالي 49% من مجمل إنتاج قطر في عام 2006، بمعدل بلغ 335 ألف ب/ي. بينما تراجع إنتاجه إلى 257 ألف ب/ي في عام 2009 أي ما مثل حوالي 30% من إنتاج قطر في ذلك العام[107].

---

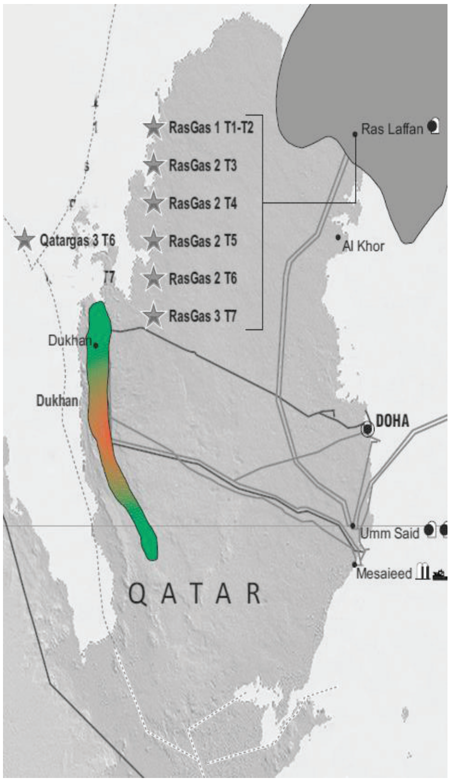
* Elongated

105 هيئة تشغيل الرميلة. اكتمال مشروع تحديث الاتصال الراديوي. متاح على الرابط:
http://www.rumaila.iq/story-tetra.php تم الحصول عليه بتاريخ 2016/4/22.

106 World Energy Atlas. 7th Edition. The Petroleum Economist Ltd. 2013.

107 الورقة القطرية لدولة قطر، مؤتمر الطاقة العربي التاسع، دولة قطر، 2010.

الشكل 10: حقل دخان، قطر



المصدر: World Energy Atlas، 2013

بلغت الطاقة الإنتاجية للحقل في عام 2014 حوالي 180 ألف ب/ي، إضافة إلى حوالي 20 ألف ب/ي من المتكثفات يتم إنتاجها منذ عام 1998 من خلال مشروع عرب- د لتدوير الغاز واستخلاص المتكثفات من القبة الغازية، حيث يقدر احتياطي الغاز الطبيعي المصاحب في الحقل بنحو 142 مليار متر مكعب. ومع وصول حقل دخان إلى مرحلة النضج، بدأ العمل على إعادة تقييم وتطوير الحقل باستخدام التقنيات الحديثة لاستخراج النفط المتبقي في الحقل[108]، حيث بدأت عمليات حقن الماء في

[108] الورقة القطرية لدولة قطر، مؤتمر الطاقة العربي العاشر، الإمارات العربية المتحدة، 2014.

عام 1989 في مكمن "دخان"، وبدأت عمليات الحقن في مكمن "العوينات" في عام 2009[109]. يوجد في الحقل 300 بئر لإنتاج النفط، وفيه 182 بئراً لحقن الماء[110].

وضمن عمليات تطوير الحقل، أطلقت "قطر للبترول" مشروعاً لتثبيت نظام SCADA اللاسلكي لمراقبة الضغط والتدفق في آبار حقن المياه لتسهيل المراقبة عن بعد في الوقت الفعلي وتخزين البيانات التاريخية لتحقيق إدارة أفضل للمكامن، بالإضافة إلى نقل البيانات إلى المحطات الميدانية وغرفة التحكم الرئيسية. وقد عمل المشروع على تزويد مهندسي المكامن والإنتاج في مكتب الشركة البعيد ببيانات تاريخية وبيانات فورية تصل إلى أجهزة الكمبيوتر المكتبية الخاصة بهم.

تضمنت البنية التحتية لحقل دخان[111] عدداً من المحطات الميدانية المرتبطة بغرفة تحكم مركزية عبر شبكة من حلقات الألياف البصرية، كما تضمنت البنية التحتية للآبار عدادات تدفق عنفية (توربينية) ومحللات تدفق محلية يجب تسجيل بياناتها يدوياً على فترات منتظمة.

[109] Qatar Petroleum (no date). Dukhan Concession Area Brochure. *QP Publications*. Available at: https://qp.com.qa/en/MediaCentre/Lists/QPPublications/Attachments/25/Dukhan%20Concession%20Area.pdf Retrieved: 9/4/2019

[110] Qatar Petroleum (no date), Onshore oil. *QP Activities, QP Operations, Oil and Gas Details*. Available at: https://qp.com.qa/en/QPActivities/QPOperations/Pages/OilandGasDetails.aspx?OID=11 Retrieved: 9/4/2019

[111] Zencus (no date). Dukhan Water Injection Wireless SCADA Project Overview. Available at: https://www.zencus.com/project-1.html#qpt1 Retrieved: 9/4/2019.

وللحد من العمل اليدوي، تمثل الحل في تثبيت أدوات مراقبة الضغط والتدفق اللاسلكية على كل بئر إلى جانب وحدات تحكم طرفية لاسلكية RTU[112] تعمل بالطاقة الشمسية لنقل البيانات إلى أقرب محطة ميدانية حيث تم تثبيت محطات نقل محلية (الشكل 11). وجرى ربط المحطات الميدانية بواسطة شبكة ألياف بصرية إلى مخدّم ملفات مركزي ومؤرخ بيانات[113]. ويتم إيصال البيانات في الوقت الفعلي إلى شركة "قطر للبترول" عبر شبكة إنترنت محلية (Intranet).ويمكن تبيان أهم الملامح الأساسية لهذا المشروع فيما يلي:

1- الكلفة المنخفضة، والبنية التحتية اللاسلكية لرؤوس الآبار، بدون الحاجة لمد كابلات الكهرباء أو كابلات الإشارة.
2- أجهزة القياس من 190 بئراً مع أجهزة إرسال الضغط ومعدل الإنتاج في الوقت الحقيقي مع أخذ عينات من البيانات ونقلها كل 30 ثانية.
3- نقل البيانات لمسافات بعيدة عن مواقع الآبار باستخدام مودم راديوي واسع الطيف بتردد 2.4 جيجا هرتز.
4- تحويل البيانات إلى أشكال بصرية (مخططات، صور، الخ) في محطات الحقل المختلفة، وفي غرفة التحكم المركزية.
5- الاستفادة من البنية التحتية الموجودة في الحقل لاتصالات الألياف البصرية بين المحطات الميدانية وموقع مخدّم الملفات المركزي.

[112] Remote Terminal Unit
[113] Data Historian

الشكل 11: وحدة تحكم لاسلكية في حقل دخان

المصدر: شركة Zencus التي ساهمت في تنفيذ مشروع أتمتة حقل دخان

7- مركز الكويت للحقل الذكي المتكامل

افتتحت شركة نفط الكويت في عام 2012 "مركز الكويت للحقل الذكي المتكامل"، الذي يدخل منظومة متكاملة تهدف إلى تحقيق استراتيجية مؤسسة البترول الكويتية في رفع إنتاج النفط إلى 4 مليون ب/ي عام 2040[114].

[114] مجلة الكويتي (2012). افتتاح مركز الحقل الذكي المتكامل. *شركة نفط الكويت*، العدد 1343.

لكن دخول الصناعة البترولية في الكويت إلى المجال الرقمي سبق هذا المركز، حيث أطلقت شركة نفط الكويت المشروع التجريبي "الحقل الرقمي المتكامل الكويتي"[115] في مركز التجميع رقم 1 في جنوب شرق الكويت، في حقل برقان، وقد بدأ تشغيله الميداني الفعلي في نهاية عام 2009. وتذكر مؤسسة البترول الكويتية أن رؤية الحقل الرقمي المتكامل الكويتي في العمل تتمحور حول تحقيق تكامل التكنولوجيا الذكية مع العمليات والمكان والعاملين، وذلك لضمان قياس وتخطيط وإدارة المكامن بأعلى الكفاءات وأقل التكاليف، وتوفير بيانات دقيقة وفورية ومعلومات صحيحة ولحظية لضمان اتخاذ القرارات الأفضل في وقت مبكر في بيئة عمل تتضافر فيها الجهود التعاونية بين العاملين[116].

يعتبر المشروع حلاً متعدد المجالات، ويتكون من بنية تحتية متكاملة تدعم التواصل مع المعدات الحقلية وأتمتة العمل.

وقد ساهمت بيئة العمل المزودة بكمٍ كبير من المعدات في تكوين تدفق مستمر للبيانات نتج عنه تزايد هائل في كمية المعلومات التي يجب معالجتها وإدارتها ونقلها لفرق متوزعة على عدة مناطق. وهذا يعني وجوب التحقق من صحة البيانات، ومزامنتها، ليمكن مشاهدتها والتعامل معها في وقت واحد من قبل عدد من المستخدمين النهائيين. ولم يعد كافياً

[115] Kuwait Integrated Digital Field Jurassic (KwIDF-Jurassic)

[116] مؤسسة البترول الكويتية (بدون تاريخ). مشروع الحقل الرقمي المتكامل الكويتي في مركز التجميع رقم 1. متاح على العنوان: https://www.kpc.com.kw/ar/Technology-Innovation/Pages/KWIDF.aspx

وجود البيانات ووجود بنية تحتية لنقلها، حيث برزت الحاجة إلى وجود برمجيات معيارية تستخدم على مستوى المؤسسة، بحيث يتم استبدال كل جداول البيانات الفردية بعمليات مؤتمتة ذكية.

وقد أشارت إحدى الدراسات[117]، إلى أن شركة نفط الكويت واجهت تحدياً بيئياً عليها أن تطور ضمنه أحد حقولها الذي ينتج من مكمن كربوناتي غير متجانس، حيث يمكن للشقوق الطبيعية فيه أن تساهم بشكل كبير في الإنتاج. تتكون بعض أجزاء المكمن من مصفوفة منخفضة النفاذية مع شبكة كثيفة من الشقوق المتصلة، بينما في مناطق أخرى تكون الشقوق متفرقة وذات اتصال محدود فيما بينها.

يضاف إلى ذلك أن المكمن يقبع تحت درجة حرارة عالية وضغط مرتفع (HPHT)، وموائع المكمن قريبة من الحدود الحرجة Critical Conditions. علاوة على تحدٍ آخر يتمثل في وجود غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S وغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2. لذلك تم تصنيف جزء كبير من الغاز والمتكثفات الموجودة في الحقل على أنها صعبة التطوير. وقد تسبب السلوك المعقد لنظام "غاز- متكثفات" في إيجاد عدد من المصاعب والتحديات أمام عمليات الإنتاج، وخاصة موضوع انفصال المتكثفات عن الغاز خلال الإنتاج. كما أن وجود الغازات الحامضية (CO_2 - H_2S) كان عامل تعقيد إضافي أمام عمليات التطوير، بل وحتى أمام عمليات المحاكاة.

---

[117] A. Al-Jasmi, Fangda Qiu, Zaki Ali. *Digital Oil Field Experience: An Overview and a Case Study*. The 2013 SPE Digital Energy Conference and Exhibition, The Woodlands, Texas, USA, 5-7 March 2013. Paper SPE 163718.

لمواجهة هذه التحديات تم اعتماد آلية عمل مؤتمتة لتحديد نسب الغازات الحامضية بحيث لا تتجاوز الحد المسموح به في عقود بيع المنتَج الهيدروكربوني. كما تم إيجاد آلية مؤتمتة لرصد نسب الغاز الطبيعي وغاز كبريتيد الهيدروجين قرب موقع البئر، وإخطار مهندسي الإنتاج والإدارة بتلك النسب بشكل فوري، وهذا ما ساهم برفع معايير السلامة للطواقم العاملة في الحقل. كما تم الاعتماد على برمجيات (تشغيل/ إنتاج) خاصة من شركة Schlumberger تشغل برامج العمل من خلال مخدّم رئيسي Server بدل الاعتماد على مخدّمات متفرقة، وهذا ما سمح لفريق تطوير الحقل بوضع برنامج عمل ومراقبة ونمذجة فوري ساهم في تحسين أداء الحقل بشكل عام، وتخفيض النفقات، وجمع وإدارة وتحليل البيانات الحقلية في وقت تسجيلها.

8- منصة نبراس الرقمية في عُمان

تذكر شركة Shell على موقعها الرسمي[118] أن شركة تنمية نفط عمان PDO طورت عدة تقنيات لزيادة الإنتاج من النفط الثقيل في الحقول ذات المكامن المعقدة، حيث تقوم منصة نبراس[119] بتجميع نصف مليون بيان في الدقيقة من عشرة آلاف بئر وبضع منشآت سطحية، وتوفر البيانات مؤشرات رئيسية حول الآبار وحالة المكامن، مما يساعد المهندسين على اتخاذ قرارات أفضل.

[118] Shell (no date). The Rise of Intelligent Oil Fields. Available at: https://www.shell.com/inside-energy/the-rise-of-intelligent-oil-fields.html Retrieved: 8/4/2019
[119] Nibras Portal

وتعرّف منصة نبراس بأنها: منصة ذكية لإدارة المكامن والآبار. وقد برزت فكرة هذه المنصة من الحاجة إلى أداة قياسية سهلة الاستخدام والصيانة، وذلك لاستبدال العدد الكبير من جداول البيانات وغيرها من الأدوات التي لا تكون بالضرورة قياسية بالنسبة لجميع الفرق العاملة في الحقول[120].

تم تصميم منصة نبراس ضمن شركة تنمية نفط عمان وهي منصة ترتكز على بوابة إنترنت، وتستمد قوتها من حقيقة أنها ليست منصة تقدم الحلول الجاهزة بناء على خبرات مؤسسة خارجية، لكنها تعمل مدفوعة بمفاهيم شركة تنمية نفط عمان حول:

1. متطلبات إدارة المكامن والآبار من ناحية المراقبة، والتحليل، وتنميط أنظمة الإنتاج بدءاً من المكمن وحتى محطات التصدير.
2. تسليط الضوء على مبدأ العمل الجماعي والتعاون ضمن الفرق مختلفة التخصصات، إذ تقوم المنصة بتحميل البيانات سواء القديمة أو اللحظية، وتعرضها بحيث يمكن الاستفادة منها عبر العمليات المختلفة التي يمكن للمنصة القيام بها.

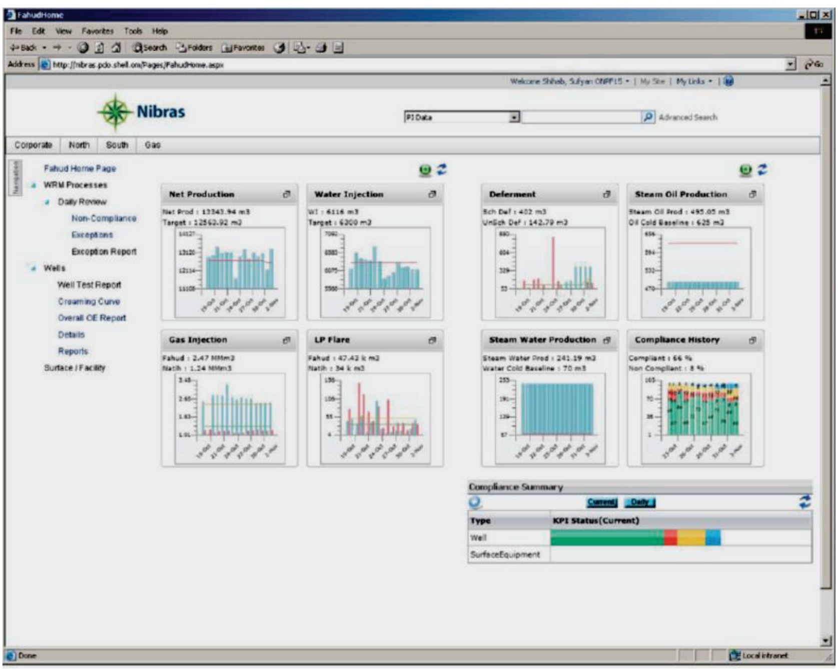
وقد ساهم استخدام منصة نبراس في الحد من الارتباك الذي قد يحصل نتيجة استخدام برمجيات مختلفة، وتتمتع المنصة بمرونة إضافة خيارات جديدة أو إزالتها أو تطوير الأدوات والخيارات المتاحة فيها دون الحاجة

---

[120] Sufyan Shihab, Shaikhan Khadhuri, Salim Busaidy, Solenn Bettembourg (2011). Real-Time Operations Portal (Nibras): Another Step En Route to a Smart Field Management. *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference*. Manama, Bahrain, 25-28 September 2011. Paper SPE 141771

لتثبيت إصدار جديد منها. وساهمت المنصة في تسهيل إدارة الأصول بفعالية من خلال توفير البيانات التاريخية والآنية للحقول، وذلك ما منح المستخدمين من الشركات المتخصصة في الاستكشاف والإنتاج، إمكانية رصد ومراقبة أداء الحقول والآبار والخزانات والمرافق السطحية وعمليات التشغيل عن بعد، باستخدام لوحة بيانات فعالة سهلة الاستخدام، مما وفر الكثير من الوقت والجهد والتكلفة. يظهر الشكل 12 صفحة من منصة نبراس تبين مجموعة كبيرة من المعلومات مثل الإنتاج الصافي، وحقن الماء، وانحراف كميات الإنتاج، وحقن الغاز وغيرها من البيانات في حقل "فاهود" في عُمان.

الشكل 12: صفحة من منصة نبراس، شركة تنمية نفط عمان



المصدر: Shihab *et al*، 2011

. ثانياً: تطبيقات الحقول الرقمية في بعض دول العالم

1- أول عملية إكمال ذكي في خليج المكسيك

رغم إيراد بضع أمثلة سابقاً في هذه الدراسة عن الآبار الذكية، إلا أنه من الهام سوق مثال آخر عن أول عملية إكمال ذكي في خليج المكسيك في الولايات المتحدة الأمريكية، كونها كانت أول عملية من نوعها يتم فيها تبرير إكمال بئر هامشي بناء على التوفير المتوقع من خلال تطبيق تقنية كانت جديدة في حينها.

تشير دراسة في هذا المجال[121] إلى حقل[122] قبالة سواحل ولاية لويزيانا، في مياه عمقها نحو 1000 م، يتكون من وحدات رملية منفصلة عمودياً وأفقياً على امتداد الحقل. وبسبب هذا النوع من المكامن، ظهرت الحاجة إلى وجود نقاط متعددة ليتم الإنتاج عبرها، مما حدا بالمشغّل لتطوير خطة إنتاج تتضمن الترتيب الذي سيتم من خلاله الوصول إلى المناطق المختلفة لزيادة الإنتاج إلى أقصى حد. وقد تم التنبه في وقت مبكر من حياة الحقل إلى أن هناك حاجة لحلول تخفض التكلفة الإجمالية لتطوير هذا الحقل بسبب احتياطياته الهامشية. فدرست العديد من الخطط لكن خيار استخدام أنظمة الإكمال الذكية كان يطفو على السطح كخيار بدا أنه الأفضل لتطوير الحقل، خاصة مع ظهور الحاجة لتقنية تسمح بالإنتاج من نطاقين مختلفين أو أكثر ضمن البئر نفسه، ومع الحاجة كذلك

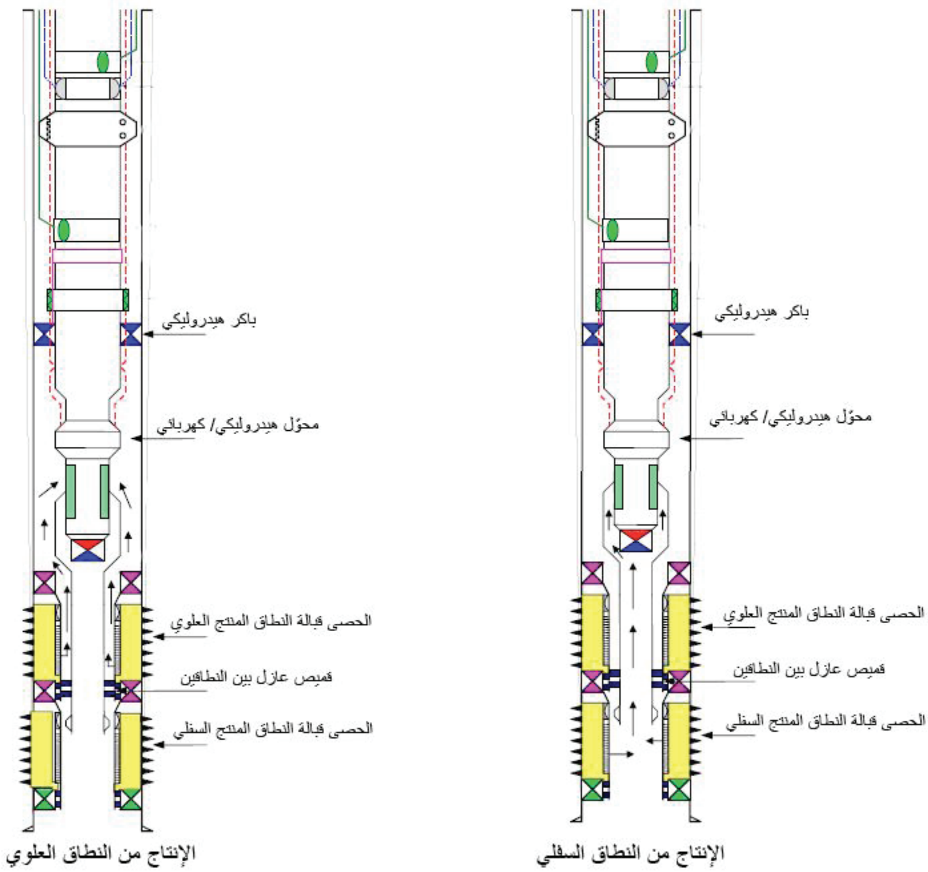
---

[121] V. B. Jackson, and T. R. Tips (2001). Case Study: First Intelligent Completion System Installed in the Gulf of Mexico. *SPE Middle East Oil Show*. Bahrain, 17 -20 March 2001. Paper SPE 68218.

[122] لم تذكر الورقة اسم الحقل، واكتفت بأنه (حقل) في خليج المكسيك.

لاستخدام الحصى خلف مواسير التغليف قبالة النطاقات المنتجة. وكان الإكمال الذكي باعتماد نظام إكمال هيدروليكي/كهربائي، بدلاً من نظام هيدروليكي مستقل أو نظام كهربائي فقط، هو الحل الأمثل الذي يمكن أن يسمح بمراقبة الضغط ودرجة الحرارة من أي نطاق، كما أتاح الإنتاج من النطاق العلوي أو السفلي أو من عدة نطاقات في البئر حسب الحاجة. يبين الشكل 13 الإكمال في بئر ينتج من نطاقين ضمن الحقل المذكور.

الشكل 13: الإكمال الذكي للإنتاج من نطاقين



المصدر: Jackson *et al*، 2001

2- مجموعة حقول Salym في روسيا

تقع مجموعة حقول Salym في مدينة Nefteyugansk في روسيا، وقد تم تأسيس شركة مشتركة بين Shell Salym وشركة OAO NK Evikhon عام 1996 دعيت باسم: (SPD)[123]، وذلك بهدف تطوير مجموعة الحقول المذكورة[124].

تتكون مجموعة حقول Salym من:

1- Upper Salym: اكتشف هذا الحقل عام 1966، ويمتد على مساحة 952 كم مربع، وتقدر احتياطاته القابلة للإنتاج من النفط (C1+ C2)[125] بحوالي 181 مليون برميل (25 مليون طن)[126].

2- West Salym، الذي اكتشف عام 1987، ويمتد على مساحة 829 كم مربع، وتقدر احتياطاته القابلة للإنتاج من النفط (C1+ C2) بنحو 393 مليون برميل (96 مليون طن).

3- Vadelyp، اكتشف الحقل عام 1989، وهو يمتد على مساحة 433 كم مربع، وتقدر احتياطاته القابلة للإنتاج (C1+ C2) بحوالي 130 مليون برميل (18 مليون طن من النفط).

بدأت عمليات التطوير في مجموعة الحقول هذه في عام 2004، ويلاحظ من الجدول 4 أن كميات الإنتاج السنوية استمرت في التزايد

---

[123] Salym Petroleum Development.

[124] الموقع الرسمي لشركة Salym Petroleum Development، متاح على: https://salympetroleum.com/technologies/production/smartfields/

[125] بحسب التصنيف الروسي للاحتياطيات، فإن **C1** هي: تقديرات استندت على نتائج إيجابية من آبار أمكن الحصول منها على شواهد بترولية دون أن توضع على الاختبار. أما **C2** فهي: احتياطيات تم تقديرها بناء على معلومات جيولوجية وجيوفيزيائية من منطقة لم تجرى عليها عمليات الاستكشاف بعد. كما قد تدل أحياناً على احتياطيات يتوقع وجودها في طبقات لم تختبر بعد. (أوابك، دور الاستثمار المحسن للنفط في تطوير الاحتياطيات الهيدروكربونية، 2018).

[126] تستخدم واحدة الطن في روسيا للاحتياطيات والإنتاج، وبحسب مواصفات النفط في مجموعة حقول Salym، فإن كل 1 طن من النفط، يعادل 7.22 برميل.

حتى وصلت إلى 61 مليون في عام 2011، ثم بدأت في التراجع التدريجي، حيث قررت شركة SPD في شهر كانون الأول/ ديسمبر 2017، استخدام تقنية حقن منشطات التوتر السطحي والبوليميرات لرفع معامل الاستخلاص، حيث بينت الدراسات أن هذه التقنية سوف تساهم في رفع معامل الاستخلاص بنسبة 15%.

الجدول 4: مؤشرات الإنتاج لمجموعة حقول Salym

السنة	الشهر	معدل الإنتاج ألف ب/ي	إجمالي الإنتاج السنوي مليون برميل
2006			14
2007	كانون الثاني/يناير	70	
	تموز/ يوليو	90	
	تشرين الأول/ أكتوبر	100	
	كانون الأول/ ديسمبر		30.7
2008	نيسان/ أبريل	120	
	آب/ أغسطس	130	
	تشرين الثاني/ نوفمبر	140	
	كانون الأول/ ديسمبر		45.5
2009	كانون الثاني/يناير	150	
	نيسان/ أبريل	160	
	كانون الأول/ ديسمبر		55.3
2010	كانون الأول/ ديسمبر		59.9
2011	أيلول/ سبتمبر	177.5	
	كانون الأول/ ديسمبر		61
2012	كانون الأول/ ديسمبر		55.1
2013	كانون الأول/ ديسمبر		50.5
2014	كانون الأول/ ديسمبر		47.1
2015	كانون الأول/ ديسمبر		43.9
2016	كانون الأول/ ديسمبر		44.6

المصدر: تم تجميع البيانات من المخطط الزمني لتاريخ عمل شركة SPD في مجموعة حقول Salym، حسبما أوردته على موقعها الرسمي[127].

[127] https://salympetroleum.com/technologies/production/smartfields/

ركزت شركة SPD على المراقبة المنتظمة لمعدلات الإنتاج/ الحقن، ونسبة الإماهة، وضغط قاع البئر منذ اليوم الأول للإنتاج في مجموعة حقول Salym، وذلك للحصول على البيانات الأساسية لتحليل أداء آبار وتنميطها Optimization. حيث يتم قياس معدلات التدفق ونسب الإماهة على أساس يومي في جميع الآبار، وتؤخذ عينات من الموائع المنتجة لتحديد نسب السوائل فيها مخبرياً. يحتوي كل بئر على مقاييس باطنية للضغط ودرجة الحرارة لتوفير قياسات مستمرة لهذين العاملين. كما تم تركيب مقاييس عالية الدقة في بعض الآبار الرئيسية في الحقل. وتتم تغذية قاعدة بيانات الحقل بجميع بيانات الإنتاج إضافة إلى البيانات التي يتم الحصول عليها خلال عمليات الإكمال وعمليات الصيانة.

تذكر شركة SPD على موقعها الرسمي أن كل مختص كان يشرف على 15- 20 بئراً، يقوم بزيارتها بشكل دوري لتسجيل البيانات التي تقدمها أجهزة القياس. ويمكن تقدير مدى صعوبة هذا العمل عند معرفة أن عدد الآبار في مجموعة الحقول تلك بلغ 1000 بئر في منتصف عام 2015. لكن تطبيق تقنية الحقل الذكي، ساهمت في أن يقوم كل مختص بالإشراف على 30- 40 بئراً، دون الحاجة إلى الزيارات الحقلية للآبار إلا في حالات نادرة. توصلت الشركة إلى هذه المرحلة عبر تبني تقنية شاملة ترى أن الحقول الذكية تشكل جزءاً هاماً من

مشـــروع أكبـــر لإدارة الآبـــار والمكامـــن WRM[128] ضمن مسعى يهدف إلى تطوير مسار منهجي لتعزيز التنمية المستدامة لاحتياطيات الشركة.

بدأت الشركة تطبيقها لتقنيات الحقل الذكي في عام 2008 عبر مجموعتي آبار في حقل West Salym، وحتى عام 2010 كانت الشركة قد عممت التقنية على كل آبارها، حيث نجحت في تركيب نظام حقن مائي مؤتمت على كافة الآبار للتحكم في كميات الماء المستهلكة أو المعالجة. وهذا ما أتاح لكل مختصي الشركة ضمن هذا المجال الوصول إلى نطاق نظام المجال الذكي لمراقبة وتغيير خصائص ومستويات حقن المياه، وتشغيل مضخات الحقن والتحكم في الضغط. يمكن الوصول إلى هذا النظام من المكاتب والمرافق الميدانية للشركة، أو مكتبها الرئيسي في العاصمة موسكو التي تبعد عن مجموعة الحقول أكثر من 2800 كم.

كما تم تطبيق تقنيات مشابهة على كل الآبار الإنتاجية منها ما هو خاص بعمليات الاختبار، ومنها ما يتعلق بإدارة المضخات الغاطسة ESP، مما سمح بالتحكم ومراقبة عمل هذه المضخات، وقياس تدفقات الآبار بشكل آني، والتعامل الفوري مع الإنذارات الناتجة عن انحراف كميات الإنتاج من كل بئر عن معايير الحدود التشغيلية.

ومن أجل نمذجة التخطيط لعمليات الإنتاج، قام فريق الحقل الذكي في الشركة بتطبيق تقنية نمذجة متكاملة للإنتاج تغطي كافة آبار الحقن

[128] Well and Reservoir Management.

والإنتاج. وتضمن منظور المشروع كذلك تطوير وتطبيق نظام معلومات (Andon)[129] الذي يتيح الحصول على تنبيهات فورية للمشغلين حول انحراف أداء الآبار عبر عرض مؤشرات لونية خاصة يسهل تمييزها والتعامل معها. ففي حال انحراف البئر عن خطته الإنتاجية، يقوم النظام بتنبيه المختص فوراً مما يتيح له سرعة التعامل مع الوضع وتصحيح معايير حقن الماء.

بعد تطبيق تقنية الحقل الذكي، قامت SPD بإنشاء نموذج إنتاج متكامل، مما شكل أساساً صلباً لمشاريع أخرى لتعزيز الإنتاج، مما غطى كل مناحي الآبار وإدارة المكامن، أي أن الشركة باتت تستلم البيانات الآنية لحظة تسجيلها، وتعالجها باستخدام أدوات متكاملة لإدارة الآبار، وتضبط معايير التشغيل، وتنظم العمليات على كل بئر باستخدام نظام تحكم مؤتمت. عملت تقنية الحقل الذكي ضمن مجموعة حقول Salym على نمذجة الإنتاج، ورفعت معامل الاستخلاص، كما خفضت من تكاليف التشغيل بشكل ملحوظ. فقد سمح مشروع إدارة الآبار والمكامن برفع معدلات الإنتاج بما يتراوح بين 2 إلى 2.5% سنوياً، وخفض من الوقت الضائع، وزاد من المدة الفاصلة بين حالات تعطل المعدات الجوفية.

كما ساهمت هذه التقنية في الحد من عدد تنقلات المشغلين نحو مواقع

---

[129] هو مصطلح صناعي يعبر عن نظام يسمح بتجميع ونقل المعلومات من عدة مصادر إلى حاسب واحد، ويعطي البيانات على شكل تقارير أو مخططات بيانية. كما يمكن أن يعطي تنبيهات مباشرة عن الأعطال عبر مجموعة مختلفة من المعدات مثل أجهزة الهاتف النقال، أو أجراس الإنذار أو غيرها. التعريف من موقع الشركة الصانعة: http://www.smartandon.com/Andon.html

الآبار، وهو ما ساهم بدوره في تخفيض النفقات، كما قلل من تعرض المشغلين للمخاطر المرتبطة بالقيادة نحو الآبار على الطرق الحقلية، أي أن التقنية رفعت فعلياً وضع الأمن والسلامة للعاملين، كما زادت من إنتاجيتهم.

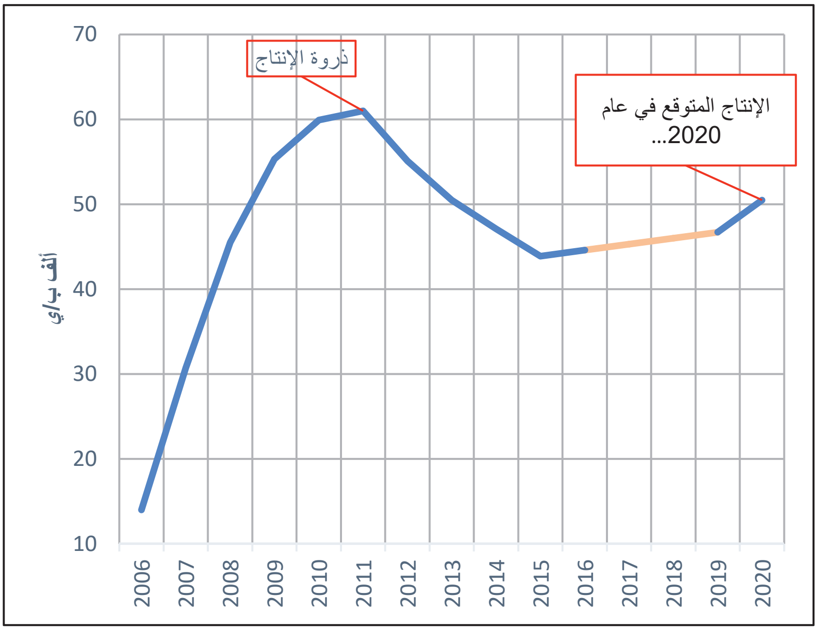
وتذكر شركة SPD أنها حالياً في طور إنجاز المرحلة الثانية من مشروع إدارة الآبار والمكامن، حيث تعمل على تثبيت أجهزة قياس للصدى Echometers في كل الآبار المنتجة في مجموعة حقولها، وهذه التقنية سوف تسمح للمشغلين بمراقبة مستوى الموائع في الفراغ الحلقي للبئر Annulus، وفي حال الحاجة إلى تعديل هذا المستوى، يمكن ضبط معايير تشغيل المضخات الغاطسة عن بعد، أي أن هذه التقنية سوف تقدم المزيد من العون في مجال نمذجة الإنتاج وتخفيض التكاليف.

يبين الشكل 14 بيانات الإنتاج السنوي المتاحة لمجموعة الحقول، حيث تمكنت الشركة في عام 2017 من إيقاف معدل تراجع الإنتاج الذي بدأ عام 2012، وذكر المدير التنفيذي للشركة في مطلع عام 2019، أن الإنتاج المتوقع في عام 2020 من مجموعة حقول Salym يقارب 51 مليون برميل[130]، كما أن الإنتاج التراكمي للشركة زاد عن 505 مليون برميل، أي أن معامل الاستخلاص حتى عام 2019 بلغ أكثر من 50.4%، وهو رقم قلَّ أن يتم التوصل إليه في الصناعة البترولية.

---

[130] Salym Petroleum Development (2019). Michael Collins: SPD has demonstrated the possibility to achieve ORF higher than the world average. *SPD Publications*. Available at: https://salympetroleum.com/media/publications/michael-collins-spd-has-demonstrated-the-possibility-to-achieve-orf-higher-than-the-world-average/ Retrieved: 19/2/2019.

الشكل **14**: بيانات الإنتاج لمجموعة حقول Salym



مصدر البيانات: الجدول 4، وتصريحات المدير التنفيذي لشركة SPD في مطلع عام 2019

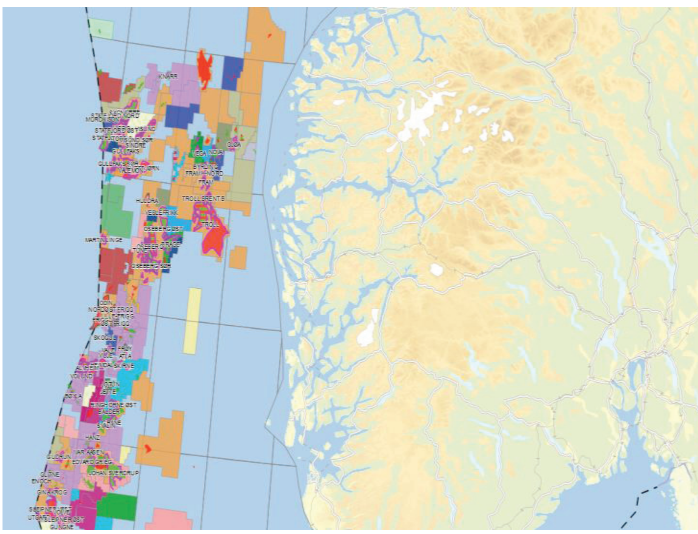
3- المنصات غير المأهولة في حقل Oseberg في النرويج

باتت المنصات غير المأهولة Unmanned جزءاً رئيسياً من تقنية الحقل الذكي، ومع تطور أجهزة التحكم عن بعد يتزايد التحرك نحو استخدام هذا النوع من المنصات بسرعة حيث يدرك العاملون في الصناعة البترولية (وخاصة في المغمورة) الفوائد الهامة التي يتم جنيها من حيث توفير التكاليف، ورفع كفاءة العمل، وقبل كل شيء السلامة[131].

[131] ورد في الدراسة مثال عام عن المنصات غير المأهولة في دبي/ الإمارات العربية المتحدة. والمثال الحالي فيه المزيد من التفاصيل عن الموضوع.

اكتشف حقل Oseberg عام 1973، على بعد 115 كم من سواحل النرويج[132] (الشكل 15)، وبدأت مراحل الإنتاج التجريبي منذ عام 1986، لكن الحقل وضع على الإنتاج عملياً عام 1988. قدرت الاحتياطيات القابلة للإنتاج في الحقل بحوالي 336 مليون برميل، و140 مليار متر مكعب من الغاز. بينما تقدر الاحتياطيات المتبقية حالياً في الحقل بنحو 109 مليون برميل من النفط، و40 مليون برميل من سوائل الغاز الطبيعي، و66 مليار متر مكعب من الغاز[133].

الشكل 15: موقع حقل Oseberg في بحر الشمال

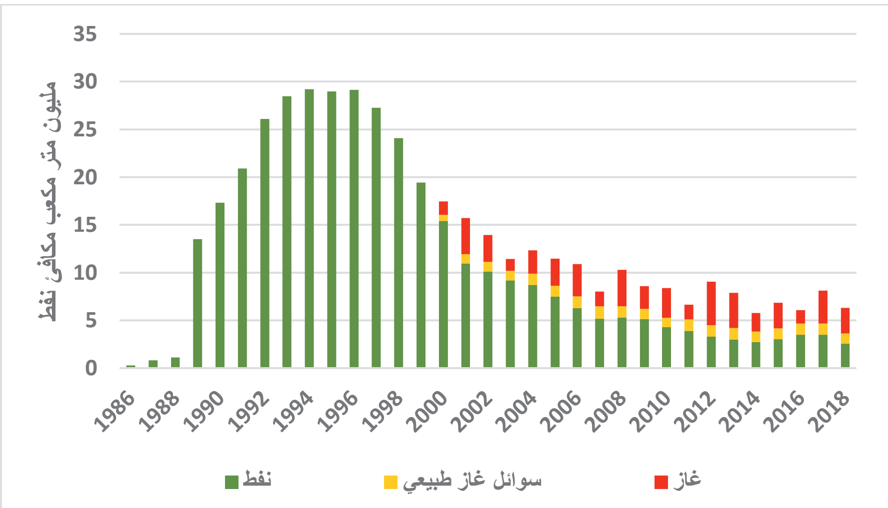


المصدر: Norsk Petroleum، 2018

بلغ الحقل ذروة إنتاجه عام 1994 حيث أنتج أكثر من 29.2 مليون متر مكعب من النفط، أي ما يعادل 504 آلاف ب/ي[134]. يبين الشكل 16

تاريخ إنتاج الحقل الذي يوضح أن إنتاج سوائل الغاز الطبيعي في الحقل بدأ في عام 2000، وازداد بالتدريج مع تراجع كبير في معدل إنتاج النفط الذي وصل إلى حوالي 44 ألف ب/ي في نهاية عام 2018. يتم حقن الماء والغاز في الحقل للمحافظة على الضغط الطبقي، وقد تبين أن المواصفات الخزنية للمكمن المنتج ملائمة جداً لحقن الغاز، حيث تشكلت قبعة غازية ساهمت في إزاحة النفط بفعالية عالية، ومن المخطط إنتاج الغاز من هذه القبعة لاحقاً.

الشكل 16: إنتاج حقل Osberg



المصدر: Norsk Petroleum، 2018

---

[132] كل حقول النرويج تقع في المغمورة.

[133] Norsk Petroleum, (2018). Oseberg Field. Available at: https://www.norskpetroleum.no/en/facts/field/oseberg/ retrieved on: 19/3/219. The site is run in cooperation by the Ministry of Petroleum and Energy and the Norwegian Petroleum Directorate.

[134] تصدر وزارة البترول والطاقة النرويجية بياناتها بالمتر المكعب، وكل 1 متر مكعب من النفط يعادل 6.3 برميل تقريباً بحسب مواصفات النفط النرويجي.

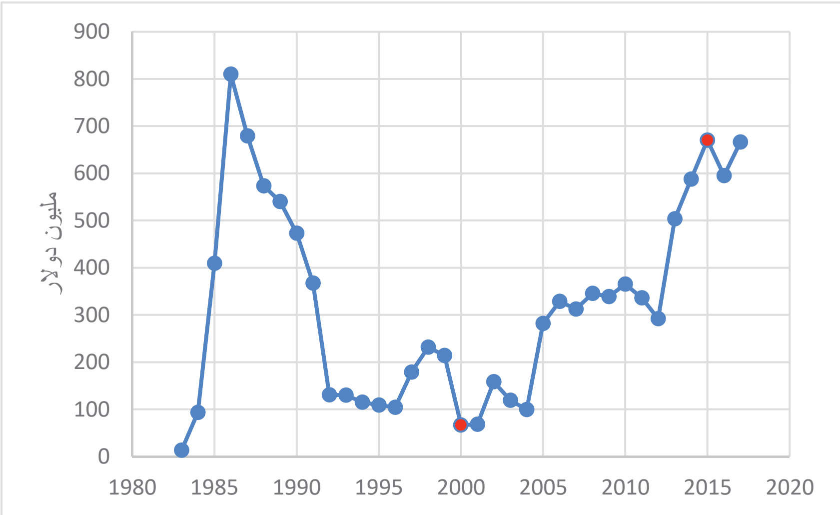
تمثل التحدي الرئيسي في الحقل في الموازنة بين إنتاج النفط والغاز، وهذا ما جعل الشركاء في الحقل يسعون في عام 2015 لتركيب منصة غير مأهولة تمثل أساس مشروع المرحلة الأولى من تطوير حقل Oseberg. وقد تم تركيب المنصة في الحقل في عام 2017، وفي عام 2018 حصل الشركاء على موافقة إدارة البترول النرويجية NPD على تركيب وتشغيل المنصة.

وقد ساهم ذلك في تخفيض الاستثمارات السنوية (الشكل 17) حيث كان من المتوقع أن تبلغ تكاليف التطوير والتشغيل نحو 960 مليون دولار، بينما أدى اعتماد المنصة غير المأهولة إلى خفض تلك الاستثمارات إلى ما يقارب 600 مليون دولار عام 2016[135].

ويلاحظ عموماً من الشكل أيضاً أن استثمارات التطوير ارتفعت بشكل ملحوظ بعد عام 2000، وهو أمر طبيعي في ضوء بدء ظهور الغاز في الإنتاج، وتراجع إنتاج النفط.

[135] Offshore Energy Today (2018). Production from Equinor's first unmanned wellhead platform to start in September. Available at: https://www.offshoreenergytoday.com/production-from-equinors-first-unmanned-wellhead-platform-to-start-in-september/ . Retrieved on: 19/3/2019.

الشكل 17: الاستثمارات السنوية في حقل Oseberg



المصدر: Offshore Energy Today، 2018.

4- المركبات الجوية بدون طيار

لا تتوقف التطورات في التقنيات الحديثة عن مد جسور التواصل بين مختلف مراحل تطوير الحقول، ويمكن هنا الإشارة إلى نظم استخدام المركبات الجوية بدون طيار (UAV)[136]، والتي أوجدت العديد من الفرص لتعزيز السلامة وفعالية العمليات في مختلف مناحي الصناعة البترولية.

وتتراوح التطبيقات لهذه النظم ما بين تفحص البنية التحتية للمنشآت، والتأكد من نوعية وجودة الصيانة، وصولاً إلى أمن المنشآت والاستجابة لحالات الطوارئ والامتثال للقوانين والأنظمة البيئية (الشكل 18).

[136] Unmanned Aerial Vehicles.

الشكل 18: تفحص منصة بحرية باستخدام مركبة بلا طيار

المصدر: Offshore Magazine، 2017

وفي هذا المجال تذكر شركة Cyberhawk Innovations[137] أن استخدام هذا النوع من المركبات لعمليات التفتيش على المنشآت في المغمورة، أسرع بعشرين مرة من العمليات التي تقوم بها الطواقم البشرية، وكلفها أقل من نصف كلفة الطريقة التقليدية[138]. وأتت هذه المقارنة بعد تحليل بيانات الإنتاج لمدة سنتين، حيث ساهمت في تخفيض العمل في الأجزاء المرتفعة من المنشآت، وتخفيض أماكن إقامة

[137] شركة بريطانية تأسست عام 2008، وتعمل في مجال أتمتة الإدارة المرئيّة للممتلكات عن طريق المركبات الطائرة بدون طيار.

[138] Offshore Magazine (2017). UAV cuts time, costs of offshore inspections. Available at: https://www.offshore-mag.com/articles/2017/04/unmanned-aerial-vehicle-cuts-time-costs-of-offshore-inspections.html Retrieved: 3/4/2019.

الطواقم في المنصات في المغمورة، وتخفيض عدد رحلات طائرات المروحية (الهيلوكوبتر) من وإلى المنصات، ولا يخفى أن كل هذه المساهمات تعني عملياً الحد من التكاليف[139].

5- استخدام مواسير الحفر الناقلة للبيانات من قبل شركة BP

يعتبر مبدأ نقل البيانات بشكل فوري من أهم ركائز موضوع الحقول الرقمية، ويتمثل أحد تحديات هذا المجال في استخدام المستشعر المناسب في المكان المناسب. شهد عام 1997 بداية أبحاث مولتها إدارة الطاقة الأمريكية[140] لدراسة نقل البيانات سلكياً عبر مواسير الحفر. وفي أواخر عام 2002، تـم الإعلان عـن نتائج اختبار تقنية جديدة تمكنت من نقل 2 مليون بت[141] من البيانات في الثانية عبر مواسير الحفر. حيث تنتقل إشارة البيانات عبر وصلات المواسير من خلال ملفات خاصة موصولة بسلك يدخل ضمن قناة خاصة في أنبوب الحفر حتى الوصلة الثانية[142]، كما هو موضح في الشكل 19.

---

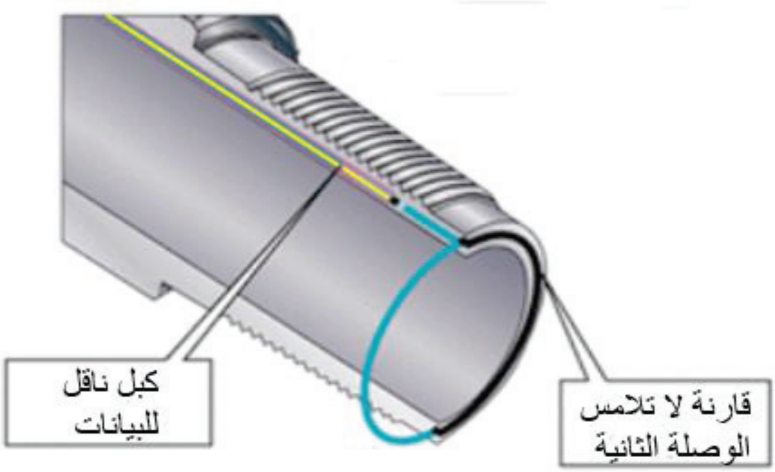
[139] ورد في الدراسة أن مدة الفحص والتفتيش في أرامكو السعودية تقلصت بنسبة 90% عند استخدام هذا النوع من المركبات.

[140] US Department of Energy.

[141] 1 megabyte = 8 × 1000^2 bits

[142] Stephen T. Edwards, Chris J. Coley, Nick A. Whitley, Richard G. Keck, Vishwahnath Ramnath, Tommy Foster, Keith Coghill and Mark Honey (2013). A Summary of Wired Drill Pipe Field Trials and Deployments in Bp. *SPE/IADC Drilling Conference*, Amsterdam, The Netherlands, 5-7 March 2013. Paper SPE/IADC 163560.

الشكل 19: وصلة أنبوب الحفر الناقل للبيانات



المصدر: Edwards *et al*، 2013.

بدأت شركة BP باستخدام هذا النوع من المواسير لأول مرة بشكل غير تجاري في تجربة حقلية على سبعة آبار في ولاية Oklahoma، وامتدت التجربة بين عامي 2004 و2005. ثم بدأت بتطبيق التقنية التجارية في عام 2007 على بئرين في ولاية Wyoming ضمن تشكيلة حفر استخدمت للاختبارات خلال الحفر (MWD)[143]. وبين عامي 2008 و2009 تم استخدام هذه التقنية من قبل شركة BP في عدة مواقع منها ما كان في المغمورة، مثل ترينيداد، وخليج المكسيك وبحر الشمال، ومنها على اليابسة مثل كولومبيا. وحتى عام 2013، كانت BP قد حفرت 14 بئراً باستخدام هذه التقنية.

وبينت ورقة Edwards *et al* بعض نتائج استخدام هذه التقنية، حيث أمكن من خلالها:

---

[143] Measurement While Drilling

1. مراقبة ما يحصل في البئر بشكل أكثر وضوحاً من أي تقنية أخرى سواء فيما يخص المعدات العاملة أو فيما يخص التشكيلة المحفورة.
2. ساهمت في الحفاظ على استقرار جذع البئر، وتحديد مساره بدقة ضمن التشكيلة المحفورة.
3. سمحت بتنظيف البئر من فتات الحفر بشكل أفضل.
4. سمحت بالتحكم بعملية الحفر بما يتيح تخفيض الاهتزازات والصدمات التي تتلقاها تشكيلة الحفر.
5. مراقبة الضغط في الفراغ الحلقي بين المواسير وجذع البئر.
6. التحكم بالمعدات الجوفية واختبار الضغط أثناء الحفر.

مبادرة التحول الرقمي للمنتدى الاقتصادي العالمي

ذكر في الدراسة عند الحديث عن الثورة الصناعية الرابعة في السعودية، أن المنتدى الاقتصادي العالمي أدرج معمل الغاز في العثمانية ليكون ضمن قائمة "المنارات الصناعية" في العالم. ولابد هنا من توضيح علاقة المنتدى الاقتصادي العالمي بهذا الموضوع.

أطلق المنتدى الاقتصادي العالمي في عام 2015 مبادرة التحول الرقمي Digital Transformation Initiative[144]، وذلك بالتعاون مع شركة Accenture للاستشارات الإدارية والخدمات المهنية. حيث يرى

[144] World Economic Forum. Digital Transformation Initiative, Unlocking $100 Trillion for Business and Society from Digital Transformation. Executive Summary, May 2018. Available at: http://reports.weforum.org/digital-transformation/ Retrieved: 16/4/2019.

المنتدى الاقتصادي العالمي أن العالم يتحول بشكل مستمر من خلال التقنيات الجديدة التي تعيد تحديد توقعات العملاء، وتساهم في تمكين الشركات من تلبية هذه التوقعات الجديدة، كما تساهم في تغيير الطريقة التي يعيش بها الناس ويعملون. ويرى المنتدى أن التحول الرقمي يمتلك إمكانات هائلة لتغيير حياة المستهلكين، كما يعمل على إيجاد قيمة متميزة للأعمال التجارية ويفتح الآفاق أمام المنافع الاجتماعية.

وفي هذا المجال أتت مبادرة المنتدى الاقتصادي لتكون بمثابة نقطة محورية للفرص والتوجهات الجديدة الناشئة عن أحدث التطورات في رقمنة الأعمال والمجتمع. وتدعم المبادرة نشاط المنتدى الأوسع فيما يخص الثورة الصناعية الرابعة.

وقد حللت المبادرة منذ نشأتها تأثير التحول الرقمي عبر 13 صناعة وخمسة مجالات صناعية متعددة القطاعات، هادفة بذلك إلى تحديد المجالات الرئيسية التي يمكن عبرها الحصول على القيمة الناتجة عن الرقمنة لصالح الأعمال التجارية ولصالح المجتمع عموماً. واعتماداً على هذه المجالات، قام المنتدى الاقتصادي بتطوير سلسلة من النقاط الضرورية سواء لرجال الأعمال أو للقادة السياسيين الذين يتطلعون إلى تحقيق أقصى قدر من فوائد الرقمنة، وقد ساهم في عملية التطوير هذه أكثر من 300 من المدراء التنفيذيين، والسياسيين والأكاديميين. وينظر المنتدى إلى أن كل صناعة تتميز بفروق دقيقة واختلافات في سياق عملها عن باقي الصناعات، لكنها جميعاً تشترك في بعض الأمور التي تثبط همّة التغيير، وهو ما يمكن وصفه بمعضلة الابتكار، والتي تشمل الخوف

من تفكيك النماذج القائمة للإيرادات، وانخفاض معدلات الاعتماد على التكنولوجيا في الهيئات المختلفة، والثقافات المحافظة التي لا ترحب بالتغيير ضمن الشركات، وتشمل أيضاً القضايا التنظيمية. كل هذه النقاط وغيرها تحتّم على روّاد الأعمال والحكومات مواصلة السعي نحو مواجهة هذه التحديات.

ويذكر المنتدى الاقتصادي كذلك أن إحدى النتائج البارزة لهذه المبادرة تتمثل في تطوير الإطار الاقتصادي الذي يحدد تأثير الرقمنة على الصناعة والمجتمع. ويعتقد أنه من الممكن تطبيق الإطار الذي أثمرته المبادرة بشكل متسق على جميع مستويات الأعمال الخاصة والحكومية للمساعدة في إطلاق نحو 100 تريليون دولار، وهي القيمة التي يمكن أن تنتجها عمليات الرقمنة على مدار العقد المقبل. ويؤكد المنتدى أنه قد بدأ بالفعل في الاستفادة من هذا الإطار لإجراء مناقشات خاصة مع بعض الحكومات، على أمل أن تساهم نتائج المبادرة في تحسين حالة العالم ككل من خلال التحول الرقمي لقطاع الأعمال وللمجتمع.

وليس من المستغرب أن تكون الصناعة البترولية من ضمن أهم الصناعات الثلاث عشرة التي بحث المنتدى الاقتصادي في شأنها، حيث ينظر إلى الصناعة البترولية على أنها صناعة تتمتع بفرصة متميزة للانتقال من التحسينات التشغيلية الإضافية المدفوعة رقمياً، نحو صناعة يمكنها أن تحتضن التقنيات الرقمية بشكل أوسع، وذلك من خلال أربعة مواضيع تلعب دوراً محورياً في هذا التحول، وهي:

1- إدارة دورة حياة الممتلكات والأصول رقمياً[145]

يعمل ربط العمليات الشاملة عبر سلسلة القيمة على ضمان أن جميع الأنظمة والمعدات وأجهزة الاستشعار والبيانات تتواصل مع بعضها وتتعلم من الإجراءات المتخذة. وهذا سيؤدي إلى زيادة الكفاءة والإنتاجية والامتثال لمعايير الصحة والسلامة والبيئة، أي أن المبادرات الرئيسية سوف تشكل عصراً جديداً من الأتمتة والتحليلات المتقدمة والنمذجة والتواصل بين العاملين.

2- النظام البيئي التعاوني الدائري[146]

سوف تساعد الرقمنة في نماذج التعاون المتقدمة والمبتكرة بين المنتجين والموردين والمجتمع، بالإضافة إلى جعل العمليات المختلفة أكثر شفافية، وتجنب الممارسات غير الفعالة التي تهدر الوقت والمال. وتتمثل المبادرات الرئيسية في الطباعة ثلاثية الأبعاد، والعقود الذكية، وسلسلة الكتل[147].

---

[145] Digital Asset Life Cycle Management
[146] Circular Collaborative Ecosystem
[147] هي قاعدة بيانات موزعة (أي لا تكون اجهزة التخزين فيها موصولة إلى وحدة معالجة مشتركة كوحدة المعالجة المركزية في الحاسب الآلي) وتمتاز بقدرتها على إدارة قائمة متزايدة باستمرار من السجلات المسماة كتل (Blocks). تحتوي كل كتلة على الطابع الزمني (سلسلة من الارقام والاحرف، تدل على التاريخ و/أو الوقت عند حدث معين) ورابط إلى الكتلة السابقة. صُممت سلسلة الكتل بحيث يمكنها المحافظة على البيانات المخزنة بها والحيلولة دون تعديلها، أي أنه عندما تخزن معلومة ما في سلسلة الكتلة لا يمكن لاحقاً القيام بتعديل هذه المعلومة.

3- ما بعد برميل النفط[148]

تفتح التقنيات الرقمية طرقاً جديدة أمام انخراط العملاء في مختلف المهام، وتوفر خدمات إضافية تساعد في إنشاء نماذج أعمال جديدة مبتكرة. المبادرات المهمة في هذا المجال هي خدمات العملاء الرقمية، وخدمات الأقنية غير المحدودة Omnichannel[149] للبيع بالتجزئة، والخدمات القائمة على الخبرة.

4- تنشيط الطاقات الجديدة[150]

تعمل الرقمنة على تشجيع مصادر الطاقة الجديدة وشركاتها، علاوة على تعزيز النماذج المبتكرة لتحسين وتسويق الطاقة. وهنا يرى المنتدى الاقتصادي أن على صناعة النفط والغاز أن تدرك التأثير الكامل لهذا المسار، وضرورة البقاء على اتصال مع آخر التقنيات. وتشمل المبادرات الرئيسية في هذا المجال جميع خيارات استهلاك الطاقة.

يرى المنتدى الاقتصادي العالمي أن الرقمنة يمكنها أن تنتج نحو 2.5 تريليون دولار في مجال صناعة النفط والغاز وفي المجال المجتمعي، وتتضمن الفوائد الاجتماعية تخفيض الانبعاثات وما يرافق ذلك من توفير قرابة 170 مليار دولار على العملاء، حيث يمكن أن يؤدي التحول إلى مصادر جديدة للطاقة إلى تقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمقدار

---

[148] Beyond the Barrel

[149] هي استراتيجية محتوى عبر القنوات تستخدمها المؤسسات لتحسين تجربة المستخدم الخاصة بها.

[150] Energizing New Energies

900 مليون طن، ويمكن لمبادرة المنتدى أن تضيف حوالي 35 ألف وظيفة، حيث أن توليد الطاقة من المصادر المتجددة بدلاً من الوقود الأحفوري يحتاج إلى عدد أكبر من العاملين. ويؤكد المنتدى أن العديد من الشركات الكبرى تتخذ بالفعل خطوات لتخفيف تأثير هذا الاتجاه على أعمالها، وذلك من خلال الاستثمار في الطاقة الخضراء أو البديلة.

ومن الهام هنا التنويه على أن تقرير المنتدى الاقتصادي ذكر أن المواضيع المحورية الأربع المشار لها أعلاه سيكون لها بدورها تأثير على عدد الوظائف، فإدارة دورة حياة الأصول والممتلكات رقمياً ستؤدي إلى فقدان 114 ألف وظيفة، وما تم التعبير عنه بالجهة الأخرى من البرميل، سيضيف 21 ألف وظيفة، وبالتالي فإن المحصلة النهائية لمبادرة المنتدى الاقتصادي العالمي (مع توليد الطاقة من المصادر المتجددة) ستكون خسارة 57 ألف وظيفة.

الخلاصة والاستنتاجات

تتضمن تقنيات الحلول الذكية (الرقمية) لحقول النفط خمسة مكونات تنفيذ تتعلق بأداء هذه الحقول عموماً، وتمثل مكوناتٍ مترابطة وضرورية لتحقيق عائد مجزٍ على الاستثمار، وهي:

1- تجميع البيانات والتحكم بها.
2- إدارة البيانات بالعلاقة مع البنى التحتية في الحقول.
3- الأنظمة المتكاملة والتطبيقات البرمجية.
4- نمذجة سير العمل ككلٍ.
5- التعاون بين الطواقم الحقلية وتلك العاملة في المكاتب.

ولابد من التأكيد على الفرق بين الكلفة العالية وبين القيمة، فالتعاون بين الطواقم يأتي على قمة سلسلة القيمة، بينما يأتي تجميع البيانات والتحكم بها ضمن الخطوات الأكثر كلفة في العملية برمّتها. إن تحديد الإجراء المناسب الذي يجب اتخاذه اعتماداً على بيانات أولية تؤخذ من بئر واحد يمثل تحدياً لا يستهان به نظراً لتفرد المكامن بخصائص متباينة، وهنا تبين المكونات المذكورة أعلاه عملياً صعوبة تحويل البيانات الخام التي يتم تسجيلها على مدار الساعة في الوقت الفعلي إلى معلومات مفيدة أولاً ثم مكاملتها وربطها مع بعضها البعض لتحويلها إلى معرفة تساعد الطواقم على اتخاذ القرارات الصحيحة في الوقت الصحيح. وغالباً ما كان يجري التغاضي عن البيانات الأولية بل نادراً ما كان يتم تحليلها، أو توزيعها على الأشخاص الذين هم في أمس الحاجة

إليها. ويعرف العاملون في الصناعة البترولية بوجود عدد كبير من المشاكل التي تؤثر سلباً على الإنتاج والمعدات، مثل: تحرّك الرمال باتجاه قاع البئر، وتشكل الألسنة المائية والغازية، وغيرها. وبطبيعة الحال فإن توفر البيانات والمعلومات المستخلصة منها يساهم في فهم المشاكل المحتملة واتخاذ الإجراءات المناسبة قبل حدوثها.

تعد أحجام البيانات الحالية أكثر بآلاف المرات من البيانات التي يتم جمعها بالطرق التقليدية مما يزيد من صعوبة إدارة هذه البيانات. ومع تناقص عدد الطواقم الماهرة سواء لأسباب طبيعية أو بسبب تخفيض عدد العاملين لأسباب اقتصادية، فقد ارتفع الطلب على المزيد من التعاون العالمي للاستفادة من المهارات المتاحة، ولتسهيل العمل في بيئات مادية مناسبة تدعم استخدام التطبيقات المشتركة والبنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات.

تحتاج الطواقم المختلفة إلى وصول آمن للإنترنت في أي وقت ومن أي مكان ومن أجهزة متعددة، ويمكن معالجة التهديدات الخارجية لأمن المعلومات خلال تقنيات جمع البيانات وتحليلها وتوزيعها، عبر نظم جدران نارية متطورة، وإن كان لابد من الاعتراف بأن ضمان أمن المعلومات بشكل مطلق هو أمر يصعب الوصول إليه.

يمكن لتقنيـة الحقول الذكية أن ترفع من قيمة الحقول الناضجة حتى لو شارفت حياتها الإنتاجية على الانتهاء، والفوائد التي يمكن الحصول عليها (خاصة رفع معامل الاستخلاص) تبرر الاستثمار في تقنيات

الحقول الرقمية. أما في الحقول الجديدة، فإن تطبيق تقنيات الحقول الرقمية يساعد على وضع الحقول على الإنتاج بشكل مبكر، ويساهم في رفع معدل الإنتاج منها. وتشير الدراسات إلى أنه يمكن تحقيق وفورات للشركات تصل إلى 25% في تكاليف التشغيل، كما يمكن الوصول إلى معدلات إنتاج أعلى بنسبة 8%، وتقليل التكاليف الإجمالية للمشاريع بنسبة 2- 4%، وتحسين معدل استغلال الموارد بنسبة 6%، وكل ذلك يمكن أن يظهر خلال أول سنة كاملة من تطبيق مفهوم الحقول الرقمية.

لا يتوقف مفهوم الحقول الرقمية على استخدام التقنيات الحقلية فقط، بل يتعداه إلى سلسلة القيمة، وهي مجموع العمليات التي تساهم في جعل قيمة المنتج أكثر من تكلفته، وهو ما يسمح بوجود هامش للربح من أي منتج، وبطبيعة الحال فالنفط والغاز لا يخرجان عن هذا التعريف من حيث كونهما سلعة يجب أن يحقق المشغلون والمستثمرون ربحاً من توريدهما.

تبين الأمثلة المختلفة سواء التي ساقتها الدراسة أو التي يعرفها العاملون في الصناعة البترولية، أن الاستثمار في الإمكانيات الواعدة للتقنيات الرقمية في مختلف المجالات لا يستثني شركات النفط والغاز. فقد أوجدت أسعار النفط المتذبذبة بيئة معقدة من الناحية اللوجستية، لكن التقنيات الرقمية تساهم في جعل الصناعة البترولية أكثر كفاءة من الناحية التشغيلية، وأكثر فعالية من جهة التكلفة بحيث يمكنها التكيف بشكل أسهل مع التغيرات السوقية، وبالتالي بات تبني تقنيات الحقول الرقمية خياراً من شأنه تحسين هوامش الربح في بيئة أسعار النفط المتذبذبة عموماً

والمنخفضة نسبياً على وجه الخصوص.

يتطلب التحول نحو الحقول الرقمية الاعتراف بالمشاكل التي يعاني منها قطاع البترول، سواء المشاكل القائمة حالياً، أو تلك المتوقعة في المستقبل، ومن ضمنها موضوع سلسلة القيمة إذ أن سلاسل الإمداد لشركات النفط والغاز لا تزال في معظم الأحيان متركزة كشأن داخلي في العديد من الشركات، ولا يزال من الشائع أن يهيمن العمل اليدوي على عمليات الطلب وتتبع المخزون المتاح من المواد اللوجستية. وهذا ما قد يظهر غالباً على هيئة نقص في التكامل في مجالات النقل والمعدات والتخزين. ولا يزال العديد من المشغلين يعتمدون على عدد كبير من مزودي الخدمات المختلفين المنتشرين في مناطق مختلفة جغرافياً ومختلفة حتى من ناحية التوقيت، مما يزيد من احتمال حدوث تأخيرات مكلفة وأخطاء في سلسلة التوريد. وتظهر هذه المشكلة بوضوح خاصة في حالة المشاريع الخارجية، حيث يعتمد النجاح على تقديم المواد والخدمات في الوقت المناسب وبدون أي أخطاء في المواد الموردة أو عيوب فيها، بينما يمكن أن يتسبب الفشل أو التأخير في أي مكان على امتداد سلسلة التوريد في تجاوزات كبيرة للميزانية.

على الرغم من أن بعض الحلول الرقمية قد تم تنفيذها في المغمورة منذ فترة طويلة بما في ذلك عمليات التحكم عن بعد، إلا أن هذه التقنيات لم تقدم كل الحلول لكل المشاكل، مثل مطالبة عمال الحفر بمراقبة سلامة المعدات في الوقت الفعلي وأرشفة البيانات بشكل دقيق. لذلك عندما تنتهي عمليات المراقبة عن بعد بضياع كميات كبيرة من البيانات، فإن هذا

سيقود بلا ريب إلى معاناة العديد من فعاليات الحفر من توقفات كان من الممكن تفاديها.

ومن الإنصاف هنا الإقرار بأن عمليات الإنتاج من المغمورة كان لها الباع الأطول في الدفع باتجاه الابتكارات الجديدة في الصناعة البترولية، مما يعني أنها تمتلك في المشهد الحالي الفرصة الأكبر لوضع أسس ومعايير عمليات الرقمنة، حيث يجب أن يركز التكامل الرقمي على ربط الأصول والمعدات الميدانية بإنترنت الأشياء الصناعية من خلال استخدام أجهزة الاستشعار التي توفر المراقبة والتشخيص المؤتمت. ويمكن للشركات البدء في بناء رؤى في الوقت الحقيقي والتنبؤ بشأن تشغيل الأصول الفردية والعمليات المختلفة، من خلال تبني التخزين السحابي للبيانات وبيئة تكنولوجيا المعلومات التي يمكنها حفظ وتحليل البيانات الواردة من الأصول المهمة.

رغم كل التحديثات والتطورات والتقنيات الجديدة، تبقى للعنصر البشري الأهمية الكبرى، فهو المسؤول أولاً وأخيراً عن اتخاذ القرار، وبالتالي يبقى العامل الأهم في أي برنامج حقل نفط ذكي مرتبطاً بدرجة استفادة الطواقم من أحدث الأدوات والتقنيات لتحسين التحليل ورفع قدرات الإنذار وإدارة العمليات لمساعدتهم على اتخاذ قرارات أكثر فعالية. أي أن مهارات وطرق العمل الجديدة بما في ذلك التعاون وتشارك المعرفة وإدارة التغيير وتبني النماذج التنظيمية الجديدة، كلها عوامل تصب في صميم مصلحة تبني تقنيات النفط الذكي، أي أن الطواقم يجب

أن تتعاون بطرق مبتكرة فعالة عبر اتصال واضح ومباشر داخل هيكل تنظيمي بسيط. هذا الجهد المشترك بين جميع المسؤولين عن مراقبة أصول وممتلكات الحقول يمنح الطواقم المزيد من الوقت للابتكار والإبداع والتحسين المستمر للأداء.

تعمل تطبيقات التكنولوجيا الرقمية لحقول البترول على إيجاد وحدة تشغيل جماعية عبر المواءمة بين نشاطات كانت سابقاً منفصلة ومتباينة. ولكي تعمل الفرق متعددة الوظائف بشكل فعال تحت مظلة شراكة وثيقة، لابد من الاستفادة من بعض العوامل المساعدة التنظيمية لإقامة علاقات عمل تعاونية، وهذا يتطلب تحديداً تفصيلياً لآلية اتخاذ القرارات ويستوجب تحديد المسؤولية لكل جهة من الجهات التي كانت تعمل بشكل منعزل سابقاً. أي أنه يمكن للحقل الرقمي أن يساعد في إطلاق نموذج تنظيمي أكثر فاعلية، مع الاستفادة من الخبرات الفنية بشكل أفضل.

جدول المصطلحات

Actuators	مشغّل ميكانيكي (محرك) يعمل عند تلقي إشارة معينة
Amplifier	مضخم إشارة
Analog Communications	الاتصالات التناظرية، تعتمد على إشارات تتمثل بتغيرات كميات فيزيائية مثل تغيرات فرق الكمون الكهربائي. وهذه الاتصالات تتأثر بالمسافة بين المستقبل والمرسل، وتتعرض للتشويش، حيث يعمل نظام الإرسال بشكل مستقل عن نظام الاستقبال.
Andon	هو مصطلح صناعي يعبر عن نظام يسمح بتجميع ونقل المعلومات من عدة مصادر إلى حاسب واحد، ويعطي البيانات على شكل تقارير أو مخططات بيانية. كما يمكن أن يعطي تنبيهات مباشرة عن الأعطال عبر مجموعة مختلفة من المعدات مثل أجهزة الهاتف النقال، أو أجراس الإنذار أو غيرها.
Annulus	الفراغ الحلقي. الفراغ بين مواسير التغليف ومواسير الإنتاج.
ATM (Automated Teller Machine)	ماكينة الصرف الآلي للنقود
Big Data	كمية كبيرة من البيانات تنتج عن تسجيل رقمي مستمر للمعلومات الواردة من لعملية ما
Cloud Storage	التخزين السحابي للبيانات هو تخزين رقمي في ما يسمى: البركة المنطقية Logical Pool، بينما يتم التخزين الفيزيائي (الفعلي) على عدّة مخدّمات Servers تمتلكها شركة مستضيفة.
Cyber Intrusion	التطفل الصناعي (نوع من قرصنة المعلومات)

Data Integration	مكاملة البيانات، جمع كل الأجزاء المتاحة لتشكل صورة واضحة
Digital Communications	الاتصالات الرقمية: يتم تحويل البيانات إلى إشارات الكترونية يتم تشفيرها ونقلها بدون تشويش أو تداخل وبسرعة فائقة.
Digital Field	حقل رقمي
Digitalization	الرقمنة، تحويل البيانات الرسومية إلى أرقام
Distributed Control System	نظام التحكم الموزَّع: نظام تحكم صناعي يقوم على توزيع المهام بدل تركيزها في موقع واحد
Downstream	يقصد به عمليات التكرير
Echometers	أجهزة قياس الصدى
E-Field	حقل إلكتروني
Ethernet	شبكات محلية متطورة ضمن نفس المنشأة
Firewall	الجدار الناري أو جدار الحماية: هو برنامج يراقب العمليات التي تحدث على الشبكة بشكل دائم عبر بروتوكول معين يسمح بمرور أو إيقاف برنامج ما من الولوج لهذه الشبكة.
Hardware	معدّات الحاسب، الجهاز نفسه.
Heterogeneous Reservoir	مكمن غير متماثل الخواص (غير متجانس)
IBM (International Business Machines)	المؤسسة الدولية لآلات الأعمال
Industrial Internet of Things (IIOT)	الإنترنت الصناعي للأشياء، تطبيقات إنترنت الأشياء على مقياس صناعي. (أنظر إنترنت الأشياء في هذا الجدول).
Infill Drilling	الحفر البيني، التطويري.
Integrated Circuits	دارات متكاملة
Intelligent Field	حقل ذكي

Internet of Things (IOT)	إنترنت الأشياء: بنية تحتية عالمية لمجتمع المعلومات، تسمح بتقديم خدمات متطورة عبر الاتصالات الفيزيائية والافتراضية المستندة إلى تقنيات المعلومات الحالية أو التي سوف تتطور مستقبلاً. أو يمكن القول ببساطة: إنترنت الأشياء هو مفهوم حديث لشبكة الإنترنت بحيث تمتلك كل الأشياء في حياتنا قابلية الاتصال بالإنترنت أو ببعضها البعض لإرسال واستقبال البيانات لأداء وظائف محددة من خلال الشبكة.
Operator	المشغل. من يباشر العمل فعلياً
Quantum Computing	هي الحوسبة بالاعتماد على ميكانيك الكم أي نظرية الحقل الكمومي التي تسعى لتفسير الظواهر على مستوى الذرة والجسيمات دون الذرية.
Real Time Data	البيانات الآنية (اللحظية)
Remote monitoring	الرصد عن بعد
RF	الموجات اللاسلكية (الرادوية).
Router	الموجّه أو المسيّر (راوتر)، جهاز يعمل على توجيه حزم البيانات إلى الأجهزة المستقبلة.
Routering	التوجيه الصناعي، نقل البيانات لاسلكياً
ROV (Remotely Operated Vehicles)	مركبات آلية (مسيّرة عن بعد)
Sensor	مستشعر (جهاز استشعار)
Services Industry	الخدمات، صناعة الخدمات
Software	برمجيات، برامج
Straight Extrapolation	الاستقراء المباشر، عملية رياضية للتنبؤ ببيانات مستقبلية اعتماداً على بيانات متاحة.
Supervisory control and data acquisition (SCADA)	نظام سكادا: يستخدم الحواسب

وبيانات الشبكات والواجهات الرسومية للمراقبة والتحكم في العمليات المختلفة.	
مفتاح تبديل	Switch
المعنى الحرفي هو (رأس النبع)، التعبير في الصناعة البترولية يشير إلى مراحل الاستكشاف والإنتاج.	Upstream
صمام مخلّى من الهواء	Vacuum Tube
مؤتمر يتم عبر فيديو	Video Conference

قائمة المراجع

أولاً المراجع العربية:

1- أحمد ماجد. الذكاء الاصطناعي بدولة الإمارات العربية المتحدة. *إدارة الدراسات والسياسات الاقتصادية*، وزارة الاقتصاد، الإمارات العربية المتحدة. 2018.

2- أوابك. *التطورات العالمية والعربية في استكشاف واحتياطي وإنتاج مصادر الطاقة*. تقرير الأمين العام السنوي، 43، 2016.

3- أوابك. *التطورات العالمية والعربية في استكشاف واحتياطي وإنتاج مصادر الطاقة*. تقرير الأمين العام السنوي، 45، 2018.

4- تركي الحمش. *اندفاعات الآبار وآثارها البيئية*. مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 39، العدد 144، 2013.

5- تركي الحمش. *مصادر الطاقة في الدول العربية والعالم*. مؤتمر الطاقة العربي الحادي عشر، المغرب، 1-4 تشرين الأول/أكتوبر، 2018.

6- سامي الحمش وآخرون. *قاموس مرجان: مصطلحات تكنولوجيا المعلومات*. منشورات دار الفكر، دمشق، سوريا، 2008.

7- مارتن كلارك. حقل النفط الرقمي. *مجلة القافلة*، شركة أرامكو السعودية، المجلد 54، العدد 6، نوفمبر، ديسمبر، 2005.

8- مجلة الكويتي. *افتتاح مركز الحقل الذكي المتكامل*. *شركة نفط الكويت*، العدد 1343، 2012.

9- مؤسسة البترول الكويتية (بدون تاريخ). *مشروع الحقل الرقمي المتكامل الكويتي في مركز التجميع رقم 1*. متاح على العنوان: https://www.kpc.com.kw/ar/Technology-Innovation/Pages/KWIDF.aspx

10- هيئة تشغيل الرميلة (بدون تاريخ). *اكتمال مشروع تحديث الاتصال الراديوي*. متاح على الرابط: http://www.rumaila.iq/story-tetra.php

11-هيئة تشغيل حقل الرميلة (بدون تاريخ). بيان صحفي رسمي: ارتفاع الانتاج المنظور في الرميلة 400,000 ب/ي خلال 7 أعوام. 2017/10/9. متاح على الرابط:
http://www.rumaila.iq/img/news-press-releases/7year_anniversary_PR_Arabic_Final.pdf

12-الورقة القطرية لدولة قطر. مؤتمر الطاقة العربي التاسع، دولة قطر، 2010.

13-الورقة القطرية لدولة قطر. مؤتمر الطاقة العربي العاشر، الإمارات العربية المتحدة، 2014.

ثانياً: المراجع الأجنبية

1- Alexander Eremin and Nikolai Eremin. *Smart Fields and wells*. Publishing Center of Kazakh-British Technical University (KBTU) JSC. 2013.

2- Al Jasmi, Fangda Qiu, Zaki Ali. *Digital Oil Field Experience: An Overview and a Case Study*. The 2013 SPE Digital Energy Conference and Exhibition, The Woodlands, Texas, USA, 5-7 March, 2013. Paper SPE 163718.

3- ABB (No date), Smart Wells - Offshore | ABB Ability™. Available at: https://new.abb.com/oil-and-gas/digital/smart-well Retrieved: 29/4/2019

4- Adnoc. UAE’s AI Minister Visits ADNOC’s Artificial Intelligence and Big Data Centers. 20 February,2018. Available at: https://www.adnoc.ae/en/news-and-media/press-releases/2018/uaes-ai-minister-visits-adnocs-artificial-intelligence-and-big-data-centers Retrieved on: 10/2/2019.

5- Anshu Mittal, Andrew Slaughter and Vivek Bansal (No date). From bytes to barrels. The digital transformation in upstream oil and gas. *Deloitte Insight*. Available at: https://www2.deloitte.com/insights/us/en/industry/oil-and-gas/digital-transformation-upstream-oil-and-gas.html#endnote-sup-1 Retrieved: 8/10/2018.

6- BP. Statistical Review of World Energy, 2018.

7- BP. *Rumaila oilfield achieves 3 billion barrel production landmark*, 2016. Press Release, 20/12/2016. Available at: https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/press-releases/rumaila-oilfield-achieves-3-billion-barrel-production-landmark.html Retrieved: 22/4/2019.

8- Carl A. Gerrard, Heather McCabe, and Andrew D. Beck. Installation and Implementation of "Smart Fields Foundation" on a Brown Field Asset, Adding Value Without Major Capital Investment. SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition, Utrecht, The Netherlands, 23–25 March 2010. SPE 127849.

9- Carlos Glandt. *Reservoir Management Employing Smart Wells: A Review*. SPE Drilling & Completion, 20 (4), 2005.

10- CERA *The Digital Oil Field of the Future: Making the*

Transition from Vision to Implementation. Cambridge, Massachusetts: Cambridge Energy Research Associates, 2006. In: Ewoud Guldemond. *Collaborative Work Environments in Smart Oil Fields*, 2011. PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University, Nijmegen. https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/91397/91397.pdf

11- David Hemmendinger Michael R. Swaine William Morton Pottenger Paul A. Freiberger. (No date) *Computer*. Encyclopedia Britannica, https://www.britannica.com/technology/computer Retrieved: 18/10/2018.

12- Denis Gauder, Mikhail Koloskov and Sukhamera Dmitry. *Practical Staged Implementation of Digital Field with Short Term Benefits*. SPE Annual Caspian Technical Conference and Exhibition, Baku, Azerbaijan, 1-3 November 2017, Paper SPE-189047-MS.

13- Digital Energy Journal. *Intelligent Energy: Shell, Saudi Aramco, BP, Petoro*. 2012. Available at: http://www.digitalenergyjournal.com/n/Intelligent_Energy_Shell_Saudi_Aramco_BP_Petoro/9a3ed29b.aspx Retrieved: 11/11/2018.

14- Digital Energy Journal. *Report from SPE Intelligent Energy* *conference in Aberdeen*, September. *Issue 63, November*, 2016.

15- Drydocks World. *Rashid D Wellhead Platform completed by Drydocks World for offshore UAE*, 2018. Available at: http://www.drydocks.gov.ae/en/news/drydocksworld.rashiddwellhead.aspx Retrieved on: 19/3/2019.

16- Eddy Lek. *How Digitalization of Production Allocation Maximizes Throughput in Oil Fields*, 2017.Schneider Electric, Industrial Software. Available at: https://blog.schneider-electric.com/industrial-software/2017/09/27/how-digitalization-of-production-allocation-maximizes-efficiency-in-oil-field/

17- Ewoud Guldemond. *Collaborative Work Environments in Smart Oil Fields*.2011. PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University, Nijmegen. https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/91397/91397.pdf

18- Guy Cantwell. *Upstream Oil and Gas Companies Spend Smarter on Digital Technologies to Drive Value, Reduce Costs in Downturn*. Accenture News Release. March, 2016. Available at: https://newsroom.accenture.com/news/upstream-oil-and-gas-companies-spend-smarter-on-digital-technologies-to-drive-value-reduce-costs-in-downturn-accenture-and-microsoft-survey-finds.htm Retrieved: 18/10/2018

19- Hatem H. Al-Shammari. *Intelligent Wells' Performance and*

Reliability in the Northern Fields of Saudi Arabia. International Petroleum Technology Conference, Doha, Qatar, 20 -22 January 2014. IPTC 17329.

20- Heidi Vella. *A history of the digital oil field*. Offshore Magazine, 2018. Available at: https://www.offshore-technology.com/features/featurea-history-of-the-digital-oil-field-4436910/ Retrieved: 29/10/2018

21- Howes, S., Le Pore, J., Mohler, I., Bolf, N. *Implementing Advanced Process Control for Refineries and Chemical Plants*. Goriva i maziva, 53 (2), 2014. 97–119.

22- Hydrocarbon Technology (No date). Rumaila Oil Field Expansion. Available at: https://www.hydrocarbons-technology.com/projects/rumaila-oil-field-expansion/ Retrieved: 22/4/2019.

23- Iberê Alves. *Technology Focus: Intelligent Fields Technology*. SPE, Journal of Petroleum Technology, Volume 61, Issue 05. 2009.

24- IHS Cera Brochure: IHS Upstream Technology and Innovation. 2014. Website:https://ihsmarkit.com/pdf/UTAI-brochure-feb-2014_155819110913044932.pdf Retrieved: 8/10/2018

25- International Energy Agency. *Oil 2018, Analysis and Forecasts to 2023*. 2018. Executive Summary. Available at:

https://www.iea.org/Textbase/npsum/oil2018MRSsum.pdf
Retrieved: 29/10/2018

26- J.P. Schulz-Rojahn, P. Walshe, and Hj. I. Suhaili. *Champion West Field Development, Brunei: A Study in Seal, Compartmentalization and Fluid Fill Uncertainty*. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition. Perth, Australia, 18- 20 October 2004. Paper SPE 88518

27- Jane Whaley. *What is a Digital Oil Field?* GeoExPro Magazine, Vol. 12, No.2. 2015

28- Javier Díaz Lugo. *Why the "Smart Oil and Gas Field" Is Needed Now?* Oil and Gas Products News, Digital Edition. 8 December, 2014. Available at: https://www.oilandgasproductnews.com/article/19978/why-the-smart-oil-and-gas-field-is-needed-now Retrieved: 8/10/2018

29- Kathy Nelson. *Creating secure networks for oilfield digitalization*. World Oil Magazine, Vol. 240 No. 3. P. 35- 37. March 2019.

30- Klaus Schwab. *The Fourth Industrial Revolution, What It Means and How to Respond?* Foreign Affairs Magazine. 12/12/2015. Available at:

https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution Retrieved: 17/4/2019

31- Martin Landrø, Olav Inge Barkved and Lasse Amundsen. *The Valhall LoFS Project*. GeoExPro Magazine, Vol. 6, No. 5. 2009.

32- Norsk Petroleum. *Oseberg Field*. 2018. Available at: https://www.norskpetroleum.no/en/facts/field/oseberg/ retrieved on: 19/3/219. The site is run in cooperation by the Ministry of Petroleum and Energy and the Norwegian Petroleum Directorate.

33- Offshore Energy Today. *Production from Equinor's first unmanned wellhead platform to start in September*. 2018. Available at: https://www.offshoreenergytoday.com/production-from-equinors-first-unmanned-wellhead-platform-to-start-in-september/ . Retrieved on: 19/3/2019.

34- Offshore Magazine. *Halliburton, Microsoft to form digitization alliance*. 2017. Available at: https://www.offshore-mag.com/articles/2017/08/halliburton-microsoft-to-form-digitization-alliance.html Retrieved on: 19/3/2019

35- Offshore Magazine. *UAV cuts time, costs of offshore inspections*. 2017. Available at: https://www.offshore-mag.com/articles/2017/04/unmanned-aerial-vehicle-cuts-time-costs-of-offshore-inspections.html Retrieved: 3/4/2019.

36- Offshore Magazine. *Cosasco to monitor corrosion at ONGC platforms*. 2018. Available at: https://www.offshore-mag.com/articles/2018/04/cosasco-to-monitor-corrosion-at-ongc-platforms.html

37- Offshore Magazine. *Aramco unveils digital/AI center*. 2019. Available at: https://www.offshore-mag.com/articles/2019/03/aramco-unveils-digital-ai-center.html Retrieved: 9/4/2019.

38- Peter Davis. *Managing the transition from legacy to modern systems*. Techstone Energy. 2019. Available at: https://www.touchstoneenergy.co.uk/resources/news/managing-the-transition-from-legacy-to-modern-systems/ Retrieved on: 25/3/2019.

39- Philip Asante-Mireku, Kwabena Okyere-Nyako, Joel Teye Tetteh. *Intelligent Well Technology: Incorporation of Smart Controls in Injection Wells to Enhance Sweep Efficiency and Maximize Oil Recovery*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 5, Issue 4, April 2016.

40- Qatar Petroleum (no date), Onshore oil. *QP Activities, QP Operations, Oil and Gas Details*. Available at: https://qp.com.qa/en/QPActivities/QPOperations/Pages/Oiland

GasDetails.aspx?OID=11 Retrieved: 9/4/2019

41- Qatar Petroleum (no date). Dukhan Concession Area Brochure. *QP Publications*. Available at: https://qp.com.qa/en/MediaCentre/Lists/QPPublications/Attachments/25/Dukhan%20Concession%20Area.pdf Retrieved: 9/4/2019

42- Redline Communications (No date). Brochure: *Virtual Fiber TM for Digital Oil Fields*. Website: https://rdlcom.com/files/pdf/Redline%20Brochure%20-%20Virtual%20Fiber%20for%20Digital%20Oilfields.pdf Retrieved: 8/10/2018.

43- Robert K. Merrill1 and Charles A. Sternbach. *The AAPG Century – Giant Fields through the - Decades*. AAPG Datapages, Search and Discovery Article #70267(2017). Adapted from oral presentation given at AAPG 2017 Annual Convention and Exhibition, Houston, Texas, April 2-5, 2017.

44- Robert Moriarty, Kathy O'Connell, Nicolaas Smit, Andy Noronha, and Joel Barbier. *A New Reality for Oil & Gas Complex market dynamics create urgent need for digital transformation*. Cisco (2015). Available at: https://connectedfutures.cisco.com/report/a-new-reality-for-oil-gas/ Retrieved: 8/11/2018.

45- Ryan Purpura, John Thompson, and Kathryn Keane. *Emerging trends in distressed oil patch*. Oil and Gas Journal, volume13, issue10. 2016.

46- S.M. Elmsallati, D.R. Davies, S.M. Erlandsen, Norsk Hydro. *A Case Study of Value Generation with Intelligent Well Technology in a High Productivity, Thin Oil Rim Reservoir*. 14th SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference. Bahrain International Exhibition Centre, Bahrain, 12- 15 March 2005. Paper SPE 94995.

47- Salym Petroleum Development. *Michael Collins: SPD has demonstrated the possibility to achieve ORF higher than the world average*. 2019. SPD Publications. Available at: https://salympetroleum.com/media/publications/michael-collins-spd-has-demonstrated-the-possibility-to-achieve-orf-higher-than-the-world-average/ Retrieved: 19/2/2019.

48- Saudi Arabia. *International Petroleum Technology Conference*, Doha, Qatar, 20 -22 January 2014. IPTC 17329.

49- Saudi Aramco. *Spearheading innovation: Aramco unveils new 'Fourth industrial revolution center*'. News, Dharan, March 21, 2019. Available at: https://www.saudiaramco.com/en/news-media/news/2019/fourth-industrial-revolution-center Retrieved: 9/4/2019.

50- Shell (no date). The Rise of Intelligent Oil Fields. Available at: https://www.shell.com/inside-energy/the-rise-of-intelligent-oil-fields.html Retrieved: 8/4/2019

51- Stephen T. Edwards, Chris J. Coley, Nick A. Whitley, Richard G. Keck, Vishwahnath Ramnath, Tommy Foster, Keith Coghill and Mark Honey (2013). A Summary of Wired Drill Pipe Field Trials and Deployments in Bp. *SPE/IADC Drilling Conference*, Amsterdam, The Netherlands, 5-7 March 2013. Paper SPE/IADC 163560.

52- Sufyan Shihab, Shaikhan Khadhuri, Salim Busaidy, Solenn Bettembourg. *Real-Time Operations Portal (Nibras): Another Step En Route to a Smart Field Management*. *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference*. Manama, Bahrain, 25-28 September 2011. Paper SPE 141771

53- Thomas Nuth. *Challenges of networking the smart oil field*. Engineering IT, ee Publisher, June 8th, 2016 Available at: http://www.ee.co.za/article/challenges-networking-smart-oil-field.html Retrieved: 31/10/2018

54- V. B. Jackson, and T. R. Tips. *Case Study: First Intelligent Completion System Installed in the Gulf of Mexico*. *SPE Middle East Oil Show*. Bahrain, 17 -20 March 2001. Paper SPE 68218.

55- World Economic Forum. *Digital Transformation Initiative, Unlocking $100 Trillion for Business and Society from Digital Transformation*. Executive Summary, May 2018. Available at: http://reports.weforum.org/digital-transformation/wpcontent/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-executive-summary-20180510.pdf Retrieved: 30/4/2019.

56- World Energy Atlas. 7th Edition. The Petroleum Economist Ltd. 2013.

57- Ref. 54.

58- Zencus (no date). *Dukhan Water Injection Wireless SCADA Project Overview*. Available at: https://www.zencus.com/project-1.html#qpt1 Retrieved: 9/4/2019.

Digital Oil Fields

Companies in the petroleum industry have long recognized the vital role of technology in accessing new resources, improving efficiency, and working in a safe and environmentally sound manner. Such a role is well established in the industry, but a variable is how companies seek progress in this field, the factors affecting the pace and trend of different technologies development, and the mechanism the companies follow to ensure their place on the map of these technologies.

This study acknowledged the general concept of Digital Oil Fields and the need for them. It was divided into three chapters:

Chapter 1: This chapter defined the digital fields; and provided a historical overview of them from early 80s to date.

Chapter 2: This chapter indicated the benefits of these types of fields, their necessity and importance from the point of view of the petroleum industry in the light of the growth of global demand for oil and gas. Chapter 2 also pointed out the most important challenges that stand as obstacles to the application of digital fields technologies.

It examined the meaning of the Fourth Industrial Revolution and its role in the value chain. It was made clear that digital fields were not merely a simple concept, and their costs suggested that the application of that concept would not be a substitute to experience. The question of what can be done? must be replaced by the question of: what should be done? Because the large increase in the adoption of cloud computing by petroleum industry seems inevitable.

Chapter 3: This chapter examined and highlighted several Arab and international experiences in the digital field technology domain, in an attempt to clarify the image of this technique. It also looked at the digital transformation initiative adopted by the World Economic Forum few years ago, focusing on the oil and gas part of the initiative.

Chapter 3 showed that adopting digital field techniques contributes to low operating costs, early production, increase of production rate and increase of recovery factors. This chapter pointed out that Digital field techniques may also reduce capital for development, and cut down costs of field abandonment. Furthermore, a significant increase in the value of assets and properties can be achieved when the reservoirs are managed in real time.

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول

أوابك