منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول
أوابك

النفط والتعاون العربي

المجلد الثامن والأربعون 2022 - العدد 180

الأبحاث

- دور التحول الرقمي في تحسين أداء صناعة التكرير والبتروكيماويات

م. عماد ناصيف مكي

- دور التعاون الدولي في تحقيق التوازن والاستقرار في أسواق النفط العالمية

عبد الفتاح دندي , ماجد عامر

تقارير

- مراجعة قطاع الهيدروجين العالمي، عام 2021

ماجد عامر

- توقعات استثمارات الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا للأعوام 2022-2026

سهيل شاتيلا ، رامي العشماوي

النفط والتعاون العربي

مجلة فصلية محكمة تصدر عن الأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول

الاشتراك السنوي : **4 أعداد (ويشمل أجور البريد)**

البلـــدان العـربيـــة

للأفراد : **8 د. ك أو 25 دولاراً أمريكياً**

للمؤسسات : **12 د.ك أو 45 دولاراً أمريكياً**

البلدان الأخرى

للأفراد : **30 دولاراً أمريكياً**

للمؤسسات : **50 دولاراً أمريكياً**

الاشتراكات باسم : منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول

جميـع حقـوق الطبـع محفوظـة ويجوز الاقتبـاس مع ذكر اسم المجلة.

النفط والتعاون العربي

رئيس التحرير

علي سبت بن سبت
الأمين العام لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

مدير التحرير

عبد الفتاح دندي
مدير الإدارة الإقتصادية والمشرف على إدارة الاعلام والمكتبة
منظمة أوابك

هيئة التحرير

م.عماد مكي
مدير إدارة الشؤون الفنية
منظمة أوابك

د. داوود باهزاد
مدير إدارة العلوم والتكنولوجيا
معهد الكويت للأبحاث العلمية

د. بلقاسم العباس
كبير المستشارين
المعهد العربي للتخطيط

قواعد النشر في المجلة

تعريف بالمجلة واهدافها

النفط والتعاون العربي مجلة فصلية محكمة تعنى بشؤون النفط والغاز والطاقة حيث تستقطب نخبة من المتخصصين العرب والأجانب لنشر أبحاثهم وتعزيز التعاون العلمي في المجالات التي تغطيها المجلة، كما تقوم على تشجيع الباحثين على إنجاز بحوثهم المبتكرة والإسهام في نشر المعرفة والثقافة البترولية وتلك المتعلقة بالطاقة وتعميمها والعمل على متابعة التطورات العلمية في مجال الصناعة البترولية.

الأبحاث

كافة الأبحاث التي تتعلق بالنفط والغاز والطاقة والتي تهدف إلى الحصول على إضافات جديدة في حقل الفكر الإقتصادي العربي.

مراجعة الأبحاث والكتب

تقوم المجلة بنشر المقالات التي تقدم مراجعة تحليلية لكتب أو دراسات تم نشرها حول صناعة النفط والغاز والطاقة عموماً، بحيث تكون هذه المقالات مرجعاً للباحثين حول أحدث وأهم الإصدارات المتعلقة بالصناعة البترولية.

التقارير

تتناول التقارير وقائع مؤتمر أو ندوة حضرها الكاتب، شريطة أن تكون مواضيعها ذات صلة بالنفط والغاز والطاقة، كما يشترط استئذان الجهة التي أوفدته للمؤتمر أو المؤسسات المشرفة عليه لكي تسمح له بنشرها في مجلتنا. وأن لا تزيد عدد صفحات التقرير عن 10 صفحات مع كافة الأشكال والخرائط والجداول إن وجدت.

شروط البحث

- نشر الأبحاث العلمية الأصيلة التي تلتزم بمنهجية البحث العلمي وخطواته المتعارف عليها دولياً ومكتوبة باللغة العربية.
- أن لا يتجاوز البحث العلمي المنشور على 40 صفحة، (متن البحث، الجداول والاشكال) بدون قائمة المراجع، ويرسل إلكترونيا كاملاً إلى المجلة على شكل word document.
- ترسل الأشكال، الخرائط والصور في ملف اضافي على شكل JPEG.
- استخدام خط Times New Roman في الكتابة وبحجم 12، وأن تكون المسافة بين الأسطر 1.5. وأن تكون تنسيق الهوامش الكلمات بطريقة Justified.
- أن يتم الإشارة الى مصادر المعلومات بطريقة علمية واضحة.

- عند اقتباس أي معلومات من أي مصدر (إذا كانت المعلومات رقميه أو رؤية معينة أو تحليل ما) يجب أن لا يتم الاقتباس الحرفي وإنما يتم أخذ أساس الفكرة وإعادة صياغتها بأسلوب الباحث نفسه، والإشارة إلى مصدر الإقتباس. أما في حالات الإقتباس الحرفي فتضع المادة المقتبسة بين علامتي الإقتباس (”...“).
- يفضل أن تذكر المدن ومراكز الأبحاث والشركات والجامعات الاجنبية الواردة في سياق البحث باللغة الانجليزية ولا تكتب باللغة العربية.
- إرفاق نسخة من السيرة العلمية للباحث مع البحث المرسل.
- تعبر جميع الأفكار المنشورة في المجلة عن آراء كاتبيها ولا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر جهة الإصدار ويخضع ترتيب الأبحاث المنشورة وفقاً للاعتبارات الفنية.
- البحوث المرفوضة يبلغ أصحابها من دون ابداء الأسباب.

ترسل المقالات والمراجعات باسم رئيس التحرير، مجلة النفط والتعاون العربي، أوابك،
ص. ب: 20501 الصفاة- الرمز البريدي: 13066 دولة الكويت
الهاتف: 24959000 -00965 أو 24959779-00965
الفاكس: 24959755 - 00965
البريد الالكتروني oapec@oapecorg.org
موقع الأوابك على الانترنت www.oapecorg.org

المحتويات

الأبحاث

دور التحول الرقمي في تحسين أداء صناعة التكرير والبتروكيماويات
م. عماد ناصيف مكي ——— 7

دور التعاون الدولي في تحقيق التوازن والاستقرار في أسواق النفط العالمية
عبد الفتاح دندي , ماجد عامر ——— 101

التقارير

مراجعة قطاع الهيدروجين العالمي، عام 2021
ماجد عامر ——— 177

توقعات استثمارات الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا للأعوام 2022-2026
سهيل شاتيلا ، رامي العشماوي ——— 187

مجلة عربية تهتم بنشر المعرفة والثقافة البترولية وتلك المتعلقة بالطاقة وتعميمها والعمل على متابعة التطورات العلمية في مجال الصناعة البترولية

المقالات المنشورة في هذه المجلة تعكس آراء مؤلفيها ولا تعبر بالضرورة عن رأي منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول - أوابك

البحـــث الأول

دور التحول الرقمي في تحسين أداء صناعة التكرير والبتروكيماويات

م. عماد ناصيف مكي *

* مدير إدارة الشؤون الفنية ، أوابك - الكويت

ملخص تنفيذي

دور التحول الرقمي في تحسين أداء صناعة التكرير والبتروكيماويات

يعرف التحول الرقمي Digital Transformation في الصناعة بأنه عملية استخدام التكنولوجيا الرقمية Digital technology بهدف تحقيق التميز في أداء الشركات، وتعزيز قدرتها التنافسية.

يؤثر التحول الرقمي في استراتيجيات الشركات من خلال خمس مجالات رئيسية هي: الزبائن، والمنافسة، والبيانات، والابتكار، والقيمة. وهي المجالات التي يمكن للتقنيات الرقمية تغيير القواعد التي يجب أن تعمل الشركات من خلالها لتحقيق النجاح المنشود. يبين الجدول-1 مجالات تطبيق التحول الرقمي وتأثيرها على عمل الشركات.

الجدول-1: مجالات تطبيق التحول الرقمي وانعكاساتها على عمل الشركات

المجال	قبل	بعد
الزبائن	الاتصال بالزبائن جماعي، والشركة هي المؤثر الأساسي في إقناع الزبون.	التواصل مع الزبائن تفاعلي، والزبون هو المؤثر الرئيسي في تسويق المنتج.
المنافسة	الشركات المنافسة محددة ومعروفة.	المنافسة مفتوحة، والمنافسون غير معروفين.
البيانات	• إنتاج البيانات يتم عبر تخطيط مسبق لعمليات استطلاع رغبات الزبائن. • ينحصر استخدام البيانات بشكل أساسي للتقييم والتنبؤ واتخاذ القرار.	• يتم إنشاء البيانات بشكل مستمر من خلال كل محادثة، أو تفاعل، أو نشاط داخل، أو خارج الشركة عبر وسائل التواصل الحديثة. • تستخدم البيانات الضخمة" في الحصول على أنواع جديدة من التنبؤات، وكشف الأنماط غير المتوقعة من النشاط التجاري، وفتح مصادر لتحسين القيمة.
الابتكار	• تتركز جهود الشركات نحو الابتكار في المنتج النهائي. • تستند القرارات المتعلقة بالابتكار إلى تحليل المديرين وحدسهم.	• يعتمد الابتكار على التعلم المستمر. • سهولة اختبار الأفكار الابداعية من خلال آراء الزبائن ومتطلبات الأسواق.
القيمة	قيمة الشركة ثابتة ولا تتغير	القيمة متغيرة حسب متطلبات السوق

يتركز الهدف الرئيسي للتحول الرقمي في تعزيز القدرة التنافسية للشركات، من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد، وتعظيم الإنتاجية، وذلك باستخدام التكنولوجيات الرقمية مثل الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligent (AI)، والفضاء السحابي Cloud system، والحوسبة السحابية Cloud Computing، وتحليلات البيانات الضخمة Big Data Analytics، والروبوتات التكيفية Adaptive Robotics، والواقع المعزز Augmented Reality، وإنترنت الأشياء الصناعي Industrial Internet of Things (IoT)

إنترنت الأشياء الصناعي Industrial Internet of Things

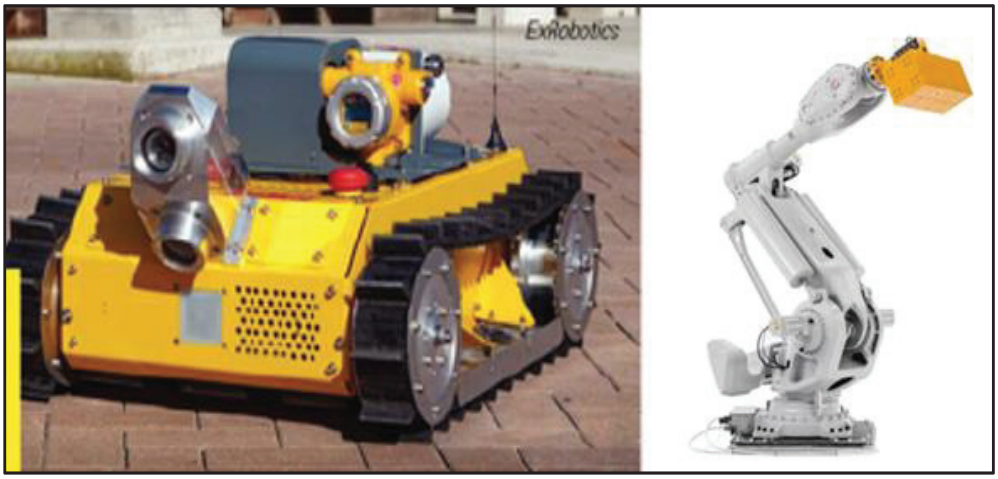
يتكون إنترنت الأشياء الصناعي من ثلاث عناصر رئيسية هي الأجهزة الذكية، وتقنية تحليل البيانات المتقدمة، والأشخاص العاملين في موقع العمل. ترتبط هذه العناصر فيما بينها بواسطة تقنيات الاتصالات الحديثة التي تؤدي إلى نظم يمكنها تجميع، وتبادل، وتحليل البيانات، وتقديم رؤى جديدة ثمينة، تستطيع من خلالها الشركات الإنتاجية اتخاذ القرارات بسرعة أعلى وأكثر فعالية.

تلعب البيانات دوراً أساسياً في أي مصنع، وتمثل الجزء الأهم في عملية إعداد نموذج إنترنت الأشياء الصناعي، حيث تساعد هذه البيانات في تقييم الحالة الراهنة للآلات المختلفة، وتحديد الظروف التي يمكن أن تؤثر في العمليات الإنتاجية، وبالتالي تحديد إجراءات تحسين الأداء التشغيلي والاقتصادي للشركات.

تكنولوجيا الروبوتات الصناعية

يعتمد مبدأ عمل الروبوتات الصناعية على الجمع بين المعالجات الدقيقة Microprocessors وتقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) بهدف تنفيذ المهام في الأماكن المحصورة أو الخطرة في المصانع، أو التي تفوق القدرة الجسدية للإنسان، أو لتسريع عمليات الإنتاج وتقليل التكاليف. يبين الشكل-1 نماذج روبوتات تستخدم لتنفيذ المهام في الأماكن المحصورة.

الشكل -1: نماذج روبوتات تستخدم لتنفيذ المهام في الأماكن المحصورة



الواقع المعزز Augmented Reality

تعتمد تكنولوجيات الواقع المعزز على مبدأ التكامل بين كل من عمليات وصف بيئة العمل الحقيقية، وبين المعلومات المتعلقة بهذه البيئة، بهدف تمكين المستخدم من تصورها بشكل أوضح وأشمل. وتستخدم هذه التقنية في مجالات عديدة، مثل عمليات الصيانة في موقع العمل، حيث تظهر تعليمات افتراضية على لوحة عرض تبين مراحل عملية الفحص والإصلاح، وفي نفس الوقت يتم بث صور مباشرة إلى خبراء الصيانة توضح الأجزاء التالفة أو التي تحتاج إلى إصلاح، فيقوم الخبراء بإرسال رسائل نصية معززة بالمخططات التي توضح مراحل عملية إصلاح العطل. كما تستخدم تقنية الواقع المعزز في تدريب المشغلين، أثناء وجودهم في العمل، وذلك بتنظيم دورات تدريبية عن بعد من قبل خبراء مختصين، وتظهر مواقع وأشكال المعدات بالتصوير ثلاثي الأبعاد بطريقة تحاكي الواقع الحقيقي.

الشكل -2: تطبيق الواقع المعزز في تدريب المشغلين على مواقع المعدات في الوحدات الإنتاجية

الحوسبة السحابية

تعرف الحوسبة السحابية بأنها خدمات تقدم للمستخدمين عبر الإنترنت، كعمليات الحوسبة وتخزين البيانات والبرامج، من خلال خوادم موجودة في أماكن بعيدة. فبالإضافة إلى إمكانية الاستغناء عن الأماكن اللازمة لإنشاء مراكز بيانات تكنولوجيا المعلومات IT Data Centers، والخادم المحلي، توفر هذه التقنية سهولة الوصول إلى معدات الحوسبة الافتراضية، وتخزين كميات هائلة من البيانات التي تصبح جاهزة للاستخدام في صناعة القرار.

الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence

تستخدم تقنية الذكاء الاصطناعي (AI) للاستفادة من البيانات والتجارب السابقة في تشغيل أجهزة التحكم بعمليات التصنيع. أي أن الآلات في المصنع يمكنها استخدام البيانات السابقة للتنبؤ بالأحداث المستقبلية. ويمكن أن تشمل هذه التنبؤات مجال صيانة المعدات، أو تقييم حالات اضطراب ظروف تشغيل العمليات التي قد تحدث في المصنع.

تعليم الآلة Machine Learning

تعليم الآلة هو تطبيق للذكاء الاصطناعي يمنح أجهزة الكومبيوتر القدرة على التعلم، لكي تقوم بتصرفات مماثلة لما يفعله البشر، مع تحسين تعلمهم بمرور الوقت بطريقة ذاتية، من خلال تزويد هذه الأجهزة بالبيانات والمعلومات على شكل ملاحظات وتفاعلات في الزمن الحقيقي. ويتم ذلك باستخدام الخوارزميات التي يمكنها تحليل البيانات، والتعلم منها، ثم اتخاذ قرار، أو التنبؤ بوقوع حدث ما.

التوأم الرقمي Digital Twin

يعرف التوأم الرقمي بأنه نسخة افتراضية مطابقة لمكونات المصنع أو الوحدة الإنتاجية ومعداتها، ويستخدم لتمثيل الأشياء المادية، ووصف حالتها وسلوكها بشكل دقيق باستخدام البيانات التي ترسلها

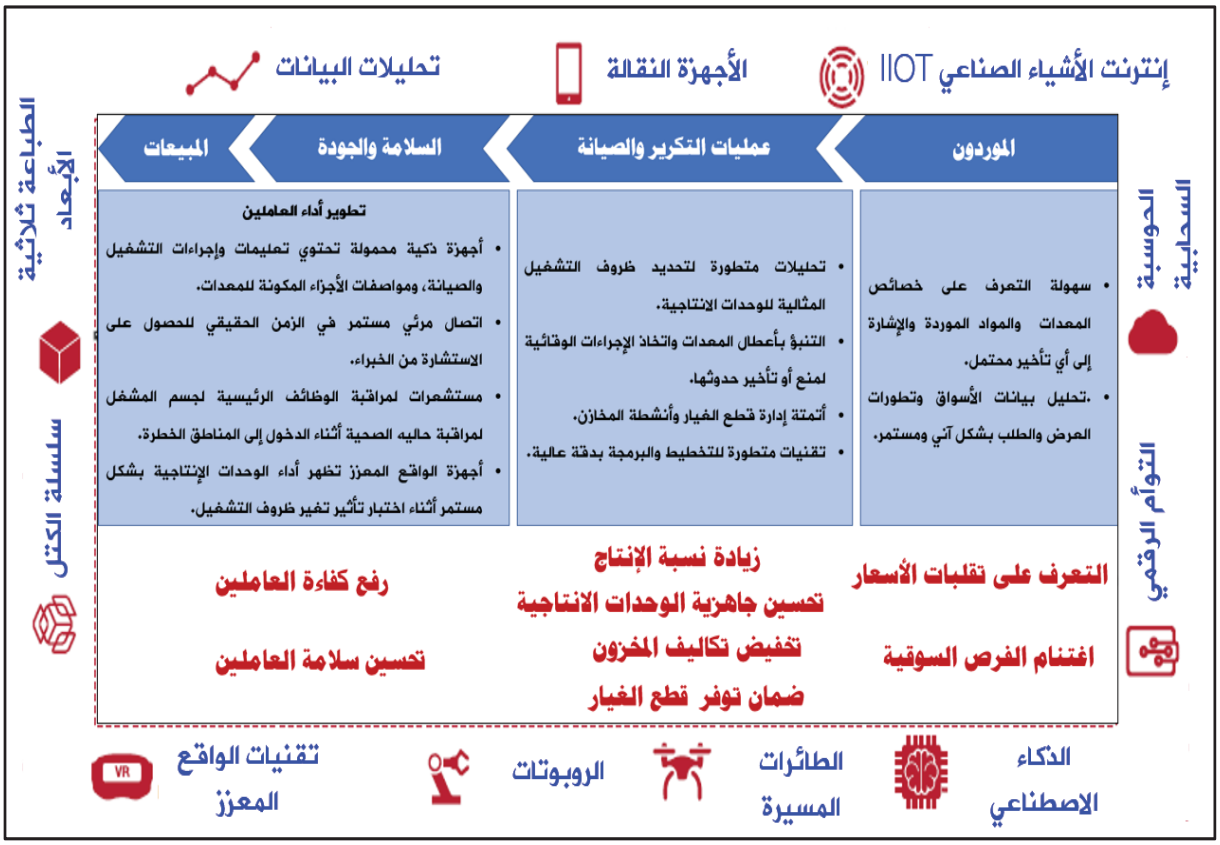
المستشعرات. كما يمكن أن يتنبأ التوأم الرقمي بالأحداث المستقبلية، أو الأعطال المحتملة لنظيره المادي قبل حدوثها، ويمكنه أيضاً اقتراح طرق لمنع تكرار تلك الأعطال.

تطبيقات التحول الرقمي في تحسين أداء صناعة التكرير والبتروكيماويات

تمتلك صناعة التكرير والبتروكيماويات كمية هائلة من البيانات التي يتم الحصول عليها من قراءات أجهزة التحكم بالعمليات خلال سنوات طويلة سابقة، علاوة على نتائج التحاليل المخبرية للمنتجات والمواد الخام وغيرها، علاوة على مئات، وحتى الآلاف من المتغيرات التي ترتبط فيما بينها بعلاقات غير خطية تفوق قدرة الإنسان على استيعابها. وعند معالجة هذه البيانات يمكن للمشغلين الاطلاع على انعكاسات القرارات التشغيلية واستخدامها في تعزيز الكفاءة والربحية عبر لوحة عرض الكترونية سهلة الاستخدام.

يمكن تطبيق الحلول الرقمية الحديثة في مجالات عديدة في عمليات التكرير والبتروكيماويات، بدءاً من العمليات اللوجستية، مروراً بعمليات التكرير، وعمليات ضبط جودة المنتجات، وحتى إدارة عمليات البيع والتوزيع. يبين **الشكل-3** مجالات تطبيق التقنيات الرقمية في مصفاة تكرير النفط.

الشكل-3: مجالات تطبيق التقنيات الرقمية في مصفاة تكرير النفط



تحسين العمليات الإنتاجية

تلعب التكنولوجيا الرقمية دوراً مهماً في تعزيز القيمة المضافة لصناعة التكرير والبتروكيماويات، حيث تقوم تقنية إنترنت الأشياء الصناعي بمعالجة بيانات التصنيع والتخزين والنقل التي تنقلها المستشعرات لتصبح قابلة للاستخدام في تحسين الأداء والإنتاجية. وتساهم تقنية تحليل البيانات في تقديم معلومات للمشغلين حول ظروف التشغيل المثالية.

تحسين كفاءة عمليات الصيانة

تساهم عملية التحول الرقمي لصناعة التكرير والبتروكيماويات في توفير الكثير من الجهد والوقت في مجال تحسين عمليات الصيانة، وذلك باستعمال نظم إدارة الأصول Asset Management Systems، وتمكين العاملين من القيام بأعمال التركيب واختبار جاهزية التشغيل، والاطلاع على النشرات الفنية لمواصفات المعدات Technical bulletins، ومعلومات أخرى يمكن الحصول عليها بواسطة أجهزة الاتصال النقالة.

كما تساهم التقنيات الرقمية في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها وتقدير العمر الإنتاجي المتبقي للمعدات، وإعطاء تحذيرات بوجود مؤشرات على احتمال وجود أخطار قبل وقوعها.

التحكم بمشكلات التآكل

يمكن تحسين عملية التحكم بمشكلات التآكل باستخدام التكنولوجيا الرقمية والحصول على بيانات تفصيلية ودقيقة حول التغيرات التي تحدث في خصائص المواد السائلة الموجودة داخل المعدات المعرضة للتآكل، تساعد المشغل في تقييم الوضع الحالي، وتمكينه من اتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة للمحافظة على معدل التآكل عند أدنى المستويات الممكنة.

كما تساعد تقنية الروبوتات في فحص الأماكن التي يحتاج الإنسان إلى جهد كبير ووقت طويل للوصول إليها، كجدران خزانات النفط الخام والمنتجات النفطية، والمفاعلات، والأفران، حيث أصبح بإمكان الروبوت المحمل بكاميرات وأجهزة فحص أن يتسلق هذه الأماكن بسرعة ويقدم نتائج دقيقة.

ترشيد استهلاك الطاقة

يساهم تطبيق التقنيات الرقمية في ترشيد استهلاك الطاقة، وتحسين كفاءة استخدامها، من خلال خفض حالات انحراف ظروف التشغيل وضبطها عند القيم المثالية المستهدفة، وتقنيات المراقبة المستمرة لجودة عمل المبادلات الحرارية والأفران، بحيث يمكن للمشغل تحديد أماكن هدر الطاقة واتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة.

تدريب العاملين

على الرغم من أفضلية التدريب الشخصي وأهميته إلا أن التدريب الافتراضي باستخدام الواقع المعزز أثبت فوائده العديدة، وخصوصاً بالنسبة للعاملين في المواقع الخطرة، التي ينتج عن الخطأ فيها حوادث مدمرة، كما تعزز استخدام هذا النوع من التدريب بعد انتشار جائحة فيروس كورونا الذي فرض إجراءات التباعد الجسدي.

الاستجابة لتغيرات السوق

إن توفر البيانات المالية والإنتاجية الكافية عن كافة مراحل سلسلة القيمة يساهم في سرعة اتخاذ القرار في الوقت المناسب. فالمنصات الرقمية المصحوبة بتقنيات تحليل البيانات المتقدمة، وبرامج التواصل عن بعد تقدم لشركات التكرير والبتروكيماويات رؤية شاملة حول المخاطر المحتملة، وتمنحها القدرة على اتخاذ الإجراءات الاحترازية لتفادي حدوث تلك المخاطر، أو التخفيف من آثارها إن حدثت.

تطبيق إجراءات الصحة والسلامة المهنية وحماية البيئة

تساهم عملية التحول الرقمي في تمكين صناعة التكرير والبتروكيماويات من تلبية متطلبات تشريعات الصحة والسلامة المهنية وحماية البيئة من خلال تسهيل الاتصال بين العاملين، وتطبيق العمليات الذاتية Autonomous Operations في الأماكن الخطرة، والمساهمة في الحد من الحوادث التي ينتج عنها إطلاق انبعاثات ملوثة للبيئة، وتوفير إمكانية تشغيل الوحدات والمعدات الخطرة ومراقبة ظروف تشغيلها عن بعد

كما توفر التكنولوجيات الرقمية فرص تطوير أجهزة الكشف عن تسرب المواد الهيدروكربونية من المعدات وخطوط الأنابيب، بحيث تنبه المشغل عن وجود خطر يستوجب اتخاذ الإجراءات التصحيحية لتفادي انسكاب المواد الخطرة إلى البيئة.

تعزيز التعاون بين العاملين

أثبتت التجربة العملية أن الشركات التي تستخدم التكنولوجيات الرقمية في تعزيز التنسيق والتعاون بين العاملين عن بعد، وتطبق إدارة العمليات افتراضياً Virtual Process Management يمكنها مواجهة انعكاسات الأزمات بسرعة وسهولة أكبر. وهذا ما يعزز الثقة لدى الزبائن بقدرة الشركة على تجاوز العقبات والوفاء بالتزامها في توريد منتجاتها في الوقت المناسب دون تأخير.

تعظيم الاستفادة من فرص التكامل بين المصافي المتجاورة

يساهم تطبيق تقنيات التحول الرقمي في تعظيم الفائدة من فرص التكامل فيما بين مصافي تكرير النفط، وفيما بين مصافي النفط ووحدات إنتاج البتروكيماويات، وذلك من خلال الاستفادة من مواطن القوة التي تمتلكها في مواجهة نقاط الضعف التي تعاني منها المصافي أو الوحدات الأخرى التابعة للشركة.

مراحل تطبيق التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات

تعتمد طريقة تطبيق التحول الرقمي على حجم الشركة ونظرتها للوصول إلى التميز التشغيلي، فمنها ما يعتبر التميز التشغيل في زيادة الصادرات، ومنها ما يعتبره في زيادة الطاقة الإنتاجية، أو مدى تطبيق الابتكارات الرقمية، أو تقنيات المراقبة عن بعد. وقد يكون من الأفضل تنفيذ مشروع التحول الرقمي في مرحلة واحدة وبوقت واحد، وذلك للحصول على أعلى فائدة ممكنة من التقنيات الرقمية، وذلك من خلال التركيز على كافة قضايا التشغيل على مستوى المصفاة. فبمجرد إجراء التحسينات لحل المشكلة الأولى، تنتقل الفائدة إلى العنصر التالي في القائمة، مما يؤدي في النهاية إلى تحسينات ملموسة على مستوى المصفاة.

عوامل نجاح مشروع التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات

على الرغم من أهمية التكنولوجيا في عملية التحول الرقمي، إلا أنه لا يمكن الاعتماد عليها وحدها في إدارة أي مشروع يتضمن تطبيق تكنولوجيا المعلومات. فالاستثمار في التكنولوجيا وحدها أمر باهظ التكلفة، ولا يحقق النتائج المرجوة، إذا لم يترافق مع تحديد دقيق وواضح لأهداف المشروع أو العائد على الاستثمار ROI بحيث يمكن تحديد الجدوى الاقتصادية من المشروع أو الحصول على التمويل اللازم. وللحصول على الفائدة القصوى من تطبيق التحول الرقمي يجب الأخذ بالاعتبار العوامل التالية:

- صياغة الأهداف المنشودة قبل البدء بالمشروع، وتحديد الأولويات التي تمثل للمصفاة أهمية وقيمة قصوى، مثل سلامة تشغيل عمليات التكرير، والتميز في إجراء أعمال الصيانة، وإدارة توريد المواد الخام، وتطبيق خدمات الصحة والسلامة والأمن والبيئة الذكية، ومكافحة الحرائق.
- بناء قدرات العاملين وتمكينهم من التعامل مع تكنولوجيا التحول الرقمي في مختلف أنشطة الشركة، وخبرة التعامل مع البيانات والتحليلات، وهندسة التكنولوجيا، والأمن السيبراني.
- إجراء تقييم للوضع الحالي لمستوى تطبيق التكنولوجيا الرقمية واختيار البرامج الأكثر ملاءمة لطبيعة عمل الشركة من حيث المرونة وقابلية التطبيق وتحقيق الاستفادة القصوى من البيانات المتوفرة.
- دراسة الصعوبات والمعوقات التي يمكن أن تواجه عملية التنفيذ، وكيف يمكن التغلب عليها.
- الأخذ بالاعتبار أن كل من الموارد البشرية والعمليات الإنتاجية، والتكنولوجيا هي منظومة واحدة متكاملة فيما بينها ومتوافقة مع رؤية الشركة وخطة عملها.

تطورات التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات في الدول العربية

تصنف المنطقة العربية بأنها كانت بطيئة مقارنة بالدول الغربية على الرغم من بعض الاستثناءات في بعض الدول التي تقوم بإنشاء مصاف جديدة. كما شهدت صناعة التكرير والبتروكيماويات في بعض الدول العربية عدداً من المبادرات نحو تطبيق التقنيات الرقمية، خلال السنوات القليلة الماضية، وتتركز معظمها في الدول الأعضاء في أوابك التي تعتمد على تصدير المنتجات النفطية إلى الأسواق الخارجية، مثل دولة الإمارات العربية المتحدة، ومملكة البحرين، ودولة قطر، والمملكة العربية السعودية.

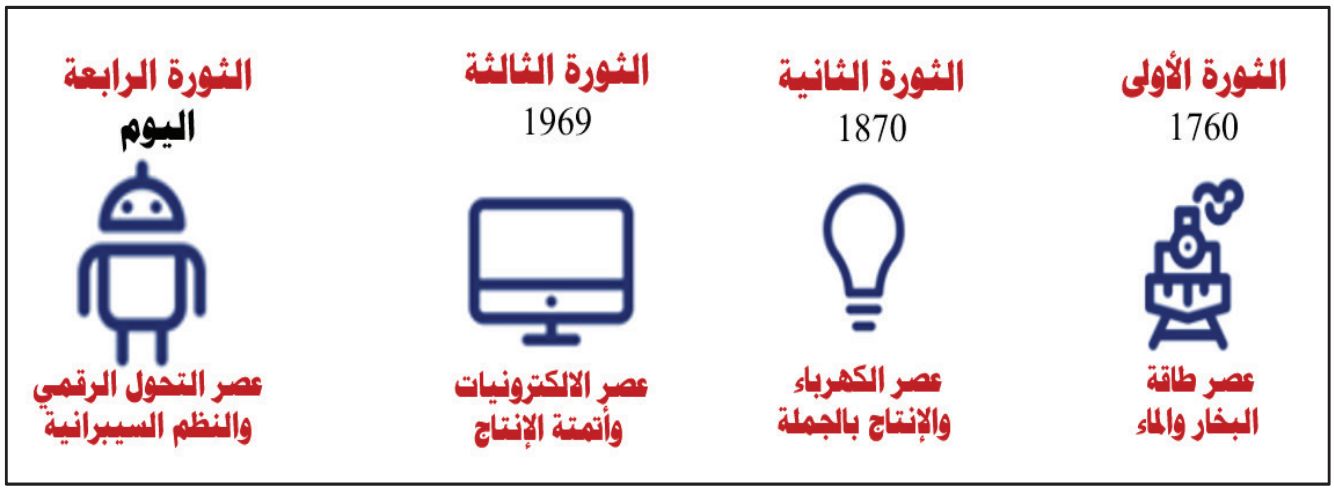
الفصل الأول

تقنيات التحول الرقمي- مفاهيم أساسية

1-1: مقدمة

يعيش العالم عصراً تُسيره التكنولوجيات الرقمية بطريقة غيرت من طبيعة حياتنا وعلاقاتنا الإنسانية ومعاملاتنا التجارية، وطريقة حصولنا على المعلومات، وسرعة مشاركتها مع الآخرين. وقد أطلق على هذا التحول بالثورة الصناعية الرابعة التي جاءت نتيجة التطور الهائل الذي أحدثته ثورة تكنولوجيا المعلومات التي انطلقت في عام 1996 وسميت بالثورة الصناعية الثالثة. يبين **الشكل 1-1** التطور التاريخي للثورات الصناعية.

الشكل 1-1: التطور التاريخي للثورات الصناعي



يتركز الهدف الرئيسي للثورة الصناعية الرابعة في تعزيز القدرة التنافسية للشركات، من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد، وتعظيم الإنتاجية، وذلك باستخدام التكنولوجيات الرقمية مثل الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligent (AI)، والفضاء السحابي Cloud system، والحوسبة السحابية Cloud

Computing، وتحليلات البيانات الضخمة Big Data Analytics، والروبوتات التكيفية Adaptive Robotics، والواقع المعزز Augmented Reality، وإنترنت الأشياء الصناعي Industrial Internet of Things (IoT) **(Ustundag & Cevikcan, 2018)**

1-2: تعريف التحول الرقمي

يعرف التحول الرقمي Digital Transformation في الصناعة بأنه عملية استخدام التكنولوجيا الرقمية Digital Technology بهدف تحقيق التميز في أداء المؤسسات والشركات، وتعزيز قدرتها التنافسية، من خلال تسهيل عملية تنفيذ الخطط الاستراتيجية للأعمال.

لا تقتصر عملية التحول إلى النظام الرقمي على تعزيز التكامل والربط بين تكنولوجيا العمليات التشغيلية Operational Technologies، وحلول تكنولوجيا المعلومات Information Technology Solutions، إنما يتركز التوجه نحو تشغيل هذه النظم بطريقة تشاركية أكثر فعالية.

تبدأ عملية التحول الرقمي بتحويل المواد والوثائق الورقية والصور والأصوات من الشكل الفيزيائي إلى صيغة رقمية صالحة للتداول على الأجهزة الرقمية والإنترنت، وقابلة للتخزين على الوسائط الحديثة من أقراص صلبة ومرنة. ويطلق على هذه العملية بالترقيم أو التحويل الرقمي Digitization.ولعل أبسط مثال على عملية الترقيم هو عملية مسح ضوئي لصورة ورقية وتحويلها إلى ملف إلكتروني رقمي.

أما الرقمنة Digitalization فتعني استعمال التكنولوجيات والبيانات لغرض تحسين الأداء والإنتاجية من خلال خلق بيئة أعمال رقمية، حيث تستخدم فيها المعلومات الرقمية بشكل أساسي. كما ترمز عملية الرقمنة إلى إجراءات الانتقال إلى الأعمال الرقمية، أو استخدام التكنولوجيا الرقمية لتحسين جودة العمل والحصول على فرص لتعظيم القيمة والربحية.

من الأمثلة التي توضح معنى عملية الرقمنة عمليات تحليل البيانات التي تم تجميعها من مجموعة أجهزة مرتبطة بشبكة الإنترنت، بغرض إيجاد أفضل الطرق لتعظيم الأرباح، أو استخدام التكنولوجيا الرقمية في تحويل عمليات إعداد التقارير وجمعها وتحليل بياناتها بشكل لحظي، واستعمال النتائج في تخفيف الأخطار، وتعظيم الكفاءة في المشاريع المستقبلية.

يمكن وصف الفرق بين الترقيم والرقمنة في أن مصطلح الترقيم Digitization يشير إلى المعلومات، بينما تشير الرقمنة Digitalization إلى العمليات، وأن الترقيم هو الطريق للوصول إلى تطبيق الأعمال الرقمية، وأنه لا يمكن تحقيق الرقمنة بدون ترقيم الأوراق، والوثائق والعمليات. **(Gartner, 2014)**

يهدف تطبيق عملية التحول الرقمي في مجال الصناعة بشكل أساسي إلى تحسين مستوى الصحة والسلامة في عمليات التصنيع، ورفع الكفاءة الإنتاجية، وخفض تكاليف التشغيل. وعلى العكس مما يظن البعض أنها تؤدي إلى الاستغناء عن العنصر البشري، تساهم عملية التحول الرقمي في تغيير نوع الوظائف وطبيعتها، وبالتالي فإنها تخلق فرص عمل جديدة. **(World Economic Forum, 2017)**

يؤثر التحول الرقمي في استراتيجيات الشركات من خلال خمس مجالات رئيسية هي: الزبائن، والمنافسة، والبيانات، والابتكار، والقيمة. وهي المجالات التي يمكن للتقنيات الرقمية تغيير القواعد التي يجب أن تعمل الشركات من خلالها لتحقيق النجاح. يبين **الشكل 1-2** المجالات الخمس للتحول الرقمي.

الشكل 1-2: المجالات الخمس للتحول الرقمي

المصدر: **(ROGERS, 2016)**

- **المجال الأول: (الزبائن)** ينتقل العصر الرقمي من استراتيجية التأثير على سلوك المستهلكين وكسب أكبر عدد ممكن من الزبائن إلى استراتيجية تفاعلية عبر شبكات تواصل تمكنهم من التفاعل فيما بينهم، ويؤثرون على بعضهم البعض، ويؤدي ذلك إلى تغيير كيفية اكتشاف رغبات الزبائن، وتقييم

سلوكهم وطرق استخدامهم للمنتجات، وكيفية مشاركتهم للعلامات التجارية والتفاعل معها، والبقاء على اتصال بها.

- **المجال الثاني: (المنافسة)** في الماضي كانت المنافسة تجري بين الشركات المتماثلة في النشاط الإنتاجي، بينما في العصر الرقمي أصبح من الممكن أن يكون المنافس من خارج الصناعة، أو حتى من خارج الحدود الجغرافية التي تعمل ضمنها الشركة، حيث يمكن للشركة تقديم قيمة تنافسية لعملائها عبر وسائل الاتصال الرقمية الحديثة.
- **المجال الثالث: (البيانات)** في الماضي كان الحصول على البيانات يتم عبر تخطيط مسبق لعمليات استطلاع رغبات الزبائن، أو قوائم الجرد، علاوة على البيانات الناتجة من عمليات التصنيع والمبيعات والتسويق، حيث ينحصر استخدام هذه البيانات بشكل أساسي للتقييم والتنبؤ واتخاذ القرار. أما في العصر الرقمي فلا يتم الحصول على معظم البيانات المتاحة للشركات من خلال أي تخطيط منهجي مسبق، بل يتم إنشاؤه بشكل مستمر، وبكميات غير مسبوقة من كل محادثة، أو تفاعل، أو نشاط تقوم به الشركة عبر وسائل التواصل الاجتماعي، والأجهزة المحمولة، وأجهزة الاستشعار المرتبطة بكل عنصر من عناصر سلسلة التوريد الخاصة بالشركة. وتستخدم هذه "البيانات الضخمة" في الحصول على أنواع جديدة من التنبؤات، وكشف الأنماط غير المتوقعة من النشاط التجاري، وفتح مصادر جديدة لتحسين القيمة وتحقيق التميز في الأداء.
- **المجال الرابع: (الابتكار)** وهو عملية تطوير الأفكار الجديدة واختبارها وتقديمها إلى المستهلك. وكانت الشركات تركز جهودها على الابتكار في المنتج النهائي، كما تستند معظم القرارات المتعلقة بالابتكارات الجديدة إلى تحليل المديرين وحدسهم. أما الشركات التي تعتمد على التقنيات الرقمية فأصبحت تمتلك نهجاً مختلفاً للابتكار يعتمد على التعلم المستمر، وسهولة اختبار الأفكار من خلال تعليقات وآراء الزبائن، ودراسة متطلبات الأسواق التي يمكن الحصول عليها من بداية عملية الابتكار، وصولاً إلى مرحلة الإطلاق، وأثناء مرحلة الاستهلاك، وبالتالي يمكن تطوير المنتجات بشكل مستمر من خلال عملية توفر الوقت والجهد.
- **المجال الخامس: (القيمة)** وهي القيمة التي تضيفها الشركات لعملائها، حيث كان في الماضي ينظر إلى قيمة الشركة على أنها ثابتة ولا تتغير، كتقديم ميزة سعرية أو جودة معينة. أما في العصر الرقمي فإن

عدم تغيير القيمة يعرض الشركة لخسارة موقعها التنافسي. ولذلك تحتاج الشركات إلى التركيز على اغتنام الفرص، والاستجابة السريعة لتغيرات الأسواق. **(ROGERS, 2016)** يبين الجدول 1-1 مجالات تطبيق التحول الرقمي وتأثيرها على عمل الشركات.

الجدول 1-1: مجالات تطبيق التحول الرقمي وانعكاساتها على عمل الشركات

المجال	قبل	بعد
الزبائن	التواصل مع الزبائن يكون بشكل جماعي، والشركة هي المؤثر الأساسي في إقناع الزبون.	التواصل مع الزبائن تفاعلي، والزبون هو المؤثر الرئيسي في تسويق المنتج.
المنافسة	الشركات المنافسة محددة ومعروفة.	المنافسة مفتوحة، والمنافسون غير معروفين.
البيانات	• إنتاج البيانات يتم عبر تخطيط مسبق لعمليات استطلاع رغبات الزبائن. • ينحصر استخدام البيانات بشكل أساسي للتقييم والتنبؤ واتخاذ القرار.	• يتم إنشاء البيانات بشكل مستمر من خلال كل محادثة، أو تفاعل، أو نشاط داخل، أو خارج الشركة عبر وسائل التواصل الحديثة. • تستخدم البيانات الضخمة" في الحصول على أنواع جديدة من التنبؤات، وكشف الأنماط غير المتوقعة من النشاط التجاري، وفتح مصادر لتحسين القيمة.
الابتكار	• تتركز جهود الشركات نحو الابتكار في المنتج النهائي. • تستند القرارات المتعلقة بالابتكار إلى تحليل المديرين وحدسهم.	• يعتمد الابتكار على التعلم المستمر. • سهولة اختبار الأفكار الابداعية من خلال آراء الزبائن ومتطلبات الأسواق.
القيمة	قيمة الشركة ثابتة ولا تتغير	القيمة متغيرة حسب متطلبات السوق

المصدر: **(European Union, 2019)**

1-3: إنترنت الأشياء الصناعي Industrial Internet of Things

يعتبر إنترنت الأشياء الصناعي (IIOT) أحد الأدوات الأساسية لعمليات تجميع المعلومات وأتمتة العمليات الإنتاجية، والوصول إلى منشأة رقمية، جنباً إلى جنب مع التقنيات السحابية، والتحليلات، والذكاء الاصطناعي (AI) **(Neelam, Natarajan, & Diwanji, 2018)**

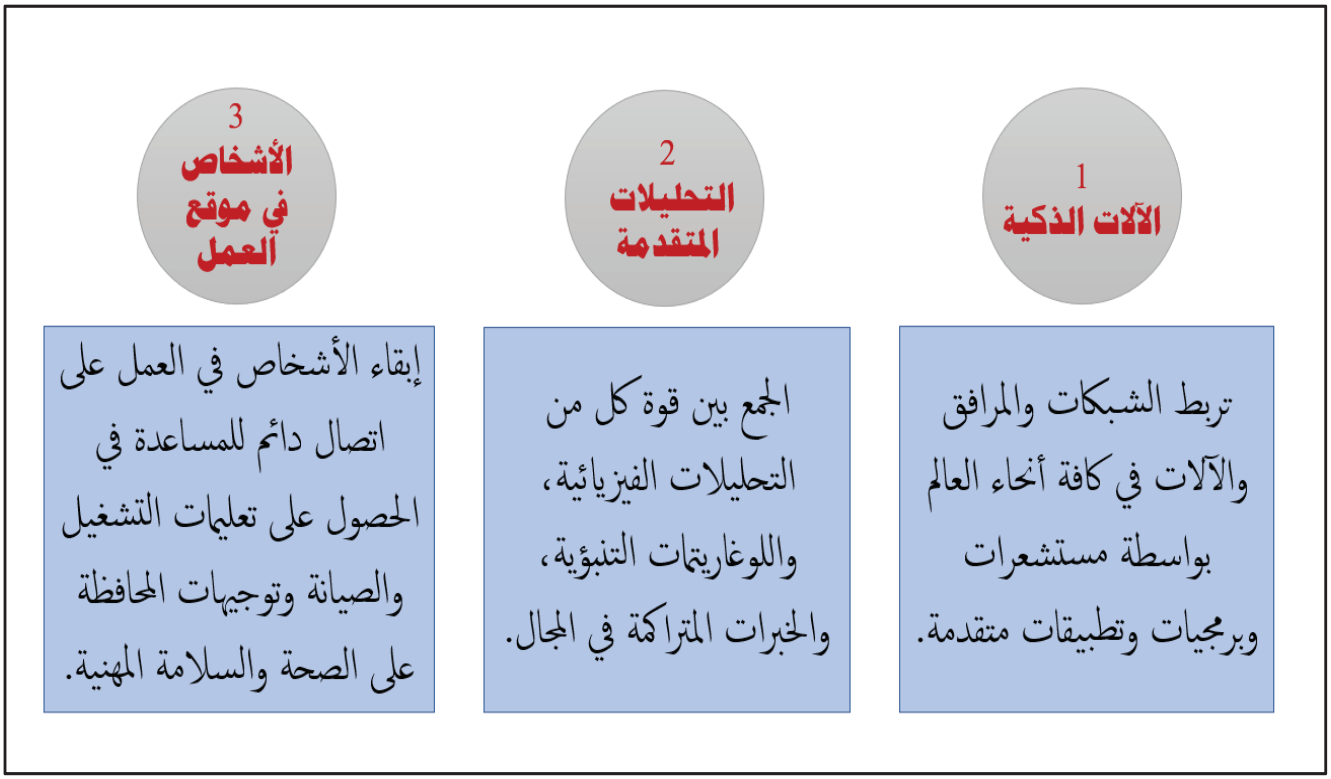
يعتمد مبدأ إنترنت الأشياء الصناعي على ربط الأجهزة المتصلة مع بعضها بالإنترنت في المصانع والوحدات الإنتاجية والمنشآت الصناعية، بهدف مشاركة البيانات محلياً أو عن بعد، حيث يتم تجميع المعلومات بواسطة مستشعرات المعلومات لنقلها عبر بوابة محلية إلى خوادم البيانات السحابية Cloud servers داخل مراكز البيانات، فيتم تحليلها وتقديم النتائج إلى واجهة المستخدم.

1-3-1: الفرق بين إنترنت الأشياء IOT وإنترنت الأشياء الصناعي IIOT

يتشابه كل من إنترنت الأشياء وإنترنت الأشياء الصناعي في العديد من التقنيات منها المنصات السحابية والمستشعرات، والاتصال بين الآلات، وتحليل البيانات، لكنها تختلف فيما بينها في مجال الاستخدام، حيث أن الأولى تستخدم الأجهزة والتطبيقات الذكية في المجالات التي لا ينتج عنها حالات طارئة خطرة في حال حدوث أي خلل في المنظومة. منها على سبيل المثال التطبيقات الزراعية، وعمليات التسويق، والمعاملات الحكومية. أما إنترنت الأشياء الصناعي فيربط الآلات والأجهزة في الصناعات الخطرة مثل صناعة النفط والغاز، وبعض الصناعات الإنتاجية الأخرى التي ينتج عنها حوادث وأخطار جسيمة في الحالات الطارئة. **(Posey, 2021)**

يتكون إنترنت الأشياء الصناعي من ثلاث عناصر رئيسية هي الأجهزة الذكية، وتقنية تحليل البيانات المتقدمة، والأشخاص العاملين في موقع العمل. يبين الشكل 1-3 العناصر الرئيسية لإنترنت الأشياء الصناعي. ترتبط هذه العناصر فيما بينها بواسطة تقنيات الاتصالات الحديثة التي تؤدي إلى نظم يمكنها تجميع، وتبادل، وتحليل البيانات، وتقديم رؤى جديدة ثمينة، تستطيع من خلالها الشركات الإنتاجية اتخاذ قرارات بسرعة أعلى وفعالية أكثر. **(YOKOGAWA, 2020)**

الشكل 1-3: العناصر الرئيسية لإنترنت الأشياء الصناعي



المصدر: **(YOKOGAWA, 2020)**

من الخدمات التي يوفرها إنترنت الأشياء الصناعي إمكانية مراقبة موقع العمل أو المعدات عن بُعد. ويشهد هذا المجال تطورات سريعة من حيث تعزيز الحماية من الاختراق، وتطوير دوره في خفض التكاليف، وتخفيف الجهد المبذول في تنفيذ عمليات المراقبة التقليدية التي تفرض تواجد العمال في الموقع، فضلاً عن إمكانية تزويد مهندسي العمليات والصيانة بمزيد من فرص إجراء التحليلات التي تمكنهم من اتخاذ القرارات الصائبة في الوقت المناسب. **(Pawlewitz & Doyle, 2020)**

من جهة أخرى تساعد تقنية إنترنت الأشياء الصناعي في تحسين أداء عمليات التشغيل والإنتاج والصيانة، ومراقبة المخزون، وتحسين الالتزام بمتطلبات الصحة والسلامة المهنية، فضلاً عن إمكانية منع الخسائر المادية والبشرية، وتقليل التكاليف، وتحسين الأداء التشغيلي. وقد أظهرت بعض الأبحاث أن عملية الأتمتة باستعمال إنترنت الأشياء الصناعي يمكن أن تساعد في زيادة الإنتاجية بنسبة تصل إلى 30%، وتوفير ما يصل إلى 12% من عمليات الإصلاح المجدولة، وتقليل تكاليف الصيانة الدورية حتى 30%، وتخفيض الأعطال بنسبة تصل إلى 70%. ولهذه الفوائد تأثير بالغ الأهمية على ربحية الشركات الصناعية، وخصوصاً صناعة التكرير والبتروكيماويات التي تتعرض لتوقفات وأعطال متكررة، حيث أشار تقرير أصدرته

وزارة الطاقة الأمريكية أن 92% من التوقفات لإجراء عمليات الصيانة في الفترة من 2009 إلى 2012 كانت غير مجدولة. ويقدر بعض الباحثين التكلفة اليومية لكل يوم توقف في عمل مصفاة متوسطة الحجم بحوالي 340 ألف - 1.7 مليون دولار أمريكي.

1-3-2: معيقات تطبيق إنترنت الأشياء الصناعي

على الرغم من الفوائد العديدة لتطبيق تقنية إنترنت الأشياء الصناعي في تحسين أداء الشركات، إلا أن هناك بعض العوائق التي تعمل على إبطاء انتشارها في الصناعات المختلفة. يأتي في مقدمتها المخاوف الأمنية Security Concerns، حيث تزداد احتمالات تعرض أجهزة إنترنت الأشياء للهجوم من قبل قراصنة تستخدم برامج ضارة للدخول إلى البيانات وتخريبها أو سرقتها مع تزايد استخدام هذه التكنولوجيا. وتزداد احتمالات الخطر كلما كانت الأجهزة غير مشفرة. (Ustundag & Cevikcan, 2018)

ولتفادي مشكلة الهجمات الإلكترونية وتحصين الأجهزة المتصلة بالإنترنت، يمكن اتخاذ إجراءات وقائية كاستخدام كلمات مرور صعبة الاختراق، وتحديث مستمر لبرمجيات الحماية **(Posey, 2021)**

إن اعتماد الشركات الصناعية على تقنيات المعلومات ينتج عنه تجميع كمية هائلة من البيانات في الوقت الحقيقي من مصادر متعددة، بسرعة هائلة وفي مراحل مختلفة من الإنتاج، بدءاً من عمليات البحث والتطوير، ومروراً بعمليات الإنتاج، ثم الصيانة، حيث يتم معالجتها باستخدام تقنيات استخراج البيانات من أجهزة استشعار مختلفة.

تلعب البيانات دوراً أساسياً في أي مصنع، وتمثل الجزء الأهم في عملية إعداد نموذج إنترنت الأشياء الصناعي، حيث تساعد هذه البيانات في تقييم الحالة الراهنة للآلات المختلفة وتحديد الظروف التي يمكن أن تؤثر في العمليات الإنتاجية، وبالتالي تحديد إجراءات تحسين الأداء التشغيلي والاقتصادي للشركات. كما لدقة البيانات وجودة أجهزة القياس دور بالغ الأهمية في تحقيق الفائدة المرجوة من استعمالها. **(Malhotra, 2020)**

1-4: تكنولوجيا الروبوتات الصناعية

يعتمد مبدأ عمل الروبوتات الصناعية على الجمع بين المعالجات الدقيقة Microprocessors وتقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) بهدف تسهيل عمليات تصنيع المنتجات وتخفيض تكاليف الإنتاج، علاوة على ما تقدمه من فوائد عديدة في مجالات متنوعة.

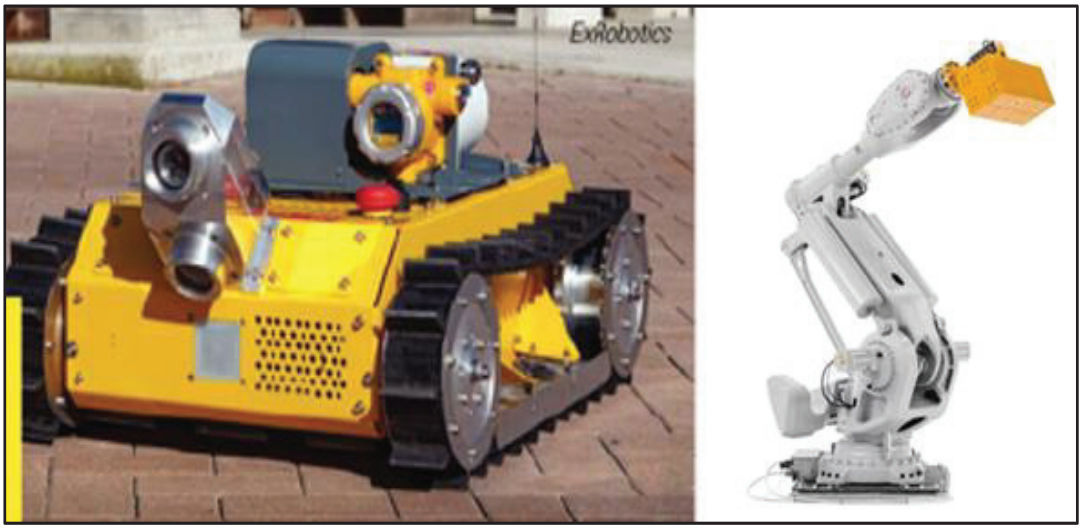
يجب أن تتوفر في التطبيقات التي تعتمد على الروبوتات الصناعية الخصائص العامة التالية:

- الاتصال عبر الشبكة الداخلية Ethernet أو Wi-Fi لنقل البيانات بسرعة عالية.
- سهولة التكامل مع أنظمة اتصالات المعدات الموجودة في المصنع.
- معالجة الصور لتحديد المواقع.
- وجود نظام متكامل للتحكم بالروبوت.
- استخدام تقنية تعليم الآلة Machine Learning القائمة على الذاكرة.

تستخدم الروبوتات الصناعية لتنفيذ المهام في الأماكن المحصورة أو الخطرة في المصانع، أو التي تفوق القدرة الجسدية للإنسان، أو لتسريع عمليات الإنتاج وتقليل التكاليف في ضوء تنامي المنافسة في بيئة الأعمال **(Jenkins, 2020)**. يبين الشكل 1-4 نماذج روبوتات تستخدم لتنفيذ المهام في الأماكن المحصورة.

كما ساهم التقدم التكنولوجي في دمج المستشعرات المتقدمة Advanced sensors مع تقنيات الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء الصناعي، والفضاء السحابي، والبيانات الضخمة في تطوير تصميم الروبوتات بحيث أصبحت تستخدم لمواجهة الحوادث الخطرة ومراقبة مواقع العمل، وفي المساهمة بصنع القرار، والتنبؤ بحدوث الأعطال، وإجراء عمليات الصيانة الذكية، من خلال المساعدة والعمل جنباً إلى جنب مع الكوادر البشرية.

الشكل 1-4: نماذج روبوتات تستخدم لتنفيذ المهام في الأماكن المحصورة



1-5: الواقع المعزز Augmented Reality

تعتمد تكنولوجيات الواقع المعزز على مبدأ التكامل بين كل من عمليات وصف بيئة العمل الحقيقية، وبين المعلومات المتعلقة بهذه البيئة، بهدف تمكين المستخدم من تصورها بشكل أوضح وأشمل. فعلى سبيل المثال، يحتاج المهندس المبتدئ الذي يقوم بإصلاح محرك سيارة إلى استشارة خبير أو العودة إلى دليل ارشادي يساعده في اكتشاف العطل. وتؤثر طريقة الوصول إلى هذه الوسائل المساعدة في سرعة وجودة تنفيذ عملية الإصلاح، وهذا ما يوفره نظام الواقع المعزز الذي يتكون من أربعة أجزاء رئيسية (1) جهاز حاسوب، (2) جهاز عرض، (3) جهاز تتبع، و (4) جهاز إدخال. وبهذه الوظائف يمكن توفير الإرشادات على شكل معلومات مرئية يتم إنشاؤها بواسطة الحاسوب، أو مقاطع فيديو، أو نماذج ثلاثية الأبعاد، أو نصوص، أو عبارات صوتية.

تستخدم تقنية الواقع المعزز AR في العديد من المجالات، مثل الألعاب، والرياضة، والإعلان، والتسوق، والتعليم، والخدمات العسكرية، والعمليات الجراحية الطبية، والأغراض الصناعية، إلخ.

أحد الأمثلة على استخدام تقنية الواقع المعزز في العمليات الصناعية هو في مجال عمليات الصيانة التي تتضمن العديد من الأنشطة، مثل تحليل أسباب العطل، والفحص، والتركيب، والإزالة، والإصلاح، وغيرها. وهذا يتطلب أن يلجأ القائم بهذه الأعمال إلى استخدام كتاب إرشادات ورقي، أو حاسوب محمول للاطلاع على تعليمات تنفيذ إجراءات الصيانة وإرشادات السلامة، أو يحتاج إلى استشارة أحد الخبراء من

خلال الاتصال الهاتفي. وكل هذه المحاولات تستغرق وقتاً طويلاً يؤثر سلباً على إنتاجية المصنع. أما عند تطبيق تقنية الواقع المعزز فتظهر تعليمات افتراضية على لوحة عرض تبين مراحل عملية التفتيش وإجراءات الفحص والإصلاح في موقع الآلة التي ظهر فيها العطل، وفي نفس الوقت يتم بث صور مباشرة إلى خبراء الصيانة توضح الأجزاء التالفة أو التي تحتاج إلى إصلاح، فيقوم الخبراء بإرسال رسائل نصية معززة بالمخططات التي توضح مراحل عملية إصلاح العطل. يبين **الشكل 1-5** تطبيق تقنية الواقع المعزز في عمليات إصلاح المعدات في موقع العمل.

الشكل 1-5: تطبيق تقنية الواقع المعزز في عمليات إصلاح المعدات في موقع العمل

من الأمثلة الأخرى المهمة لتطبيقات تقنية الواقع المعزز عملية تدريب المشغلين العاملين في الوحدات الإنتاجية، أثناء وجودهم في العمل، وذلك بتنظيم دورات تدريبية عن بعد من قبل خبراء مختصين، وتظهر مواقع وأشكال المعدات بالتصوير ثلاثي الأبعاد بطريقة تحاكي الواقع الحقيقي. يبين الشكل 1-6 تطبيق الواقع المعزز في تدريب المشغلين على مواقع المعدات في الوحدات الإنتاجية.

الشكل 1-6: تطبيق الواقع المعزز في تدريب المشغلين على مواقع المعدات في الوحدات الإنتاجية

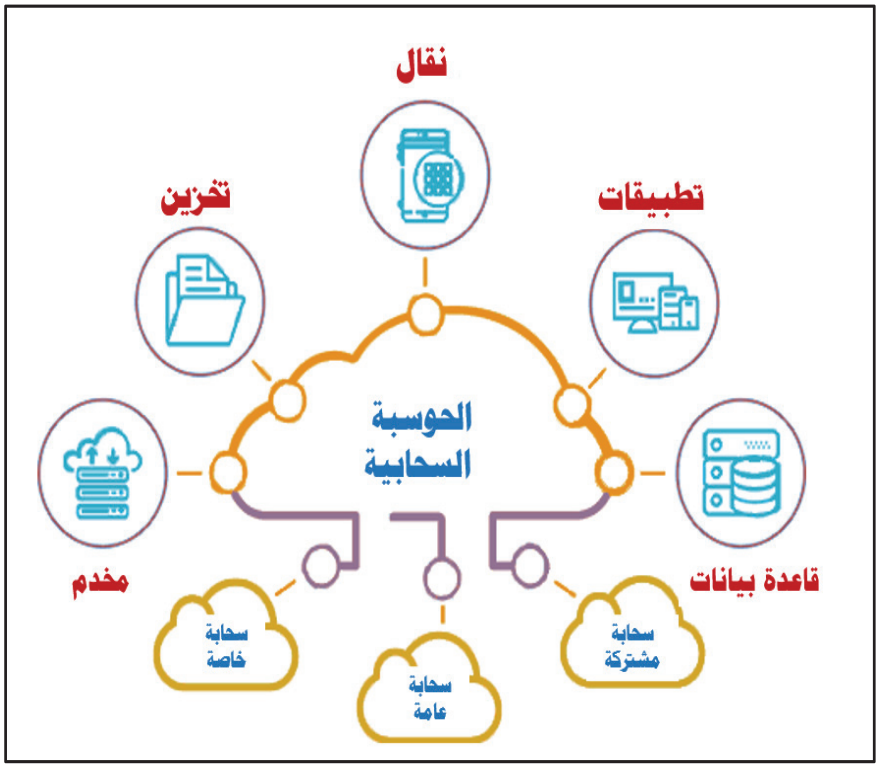
1-6: الحوسبة السحابية Cloud Computing

تعرف الحوسبة السحابية بأنها خدمات حوسبة عالية الجودة تقدم للمستخدمين عبر الإنترنت، بما في ذلك البيانات والبرامج، من خلال خوادم موجودة في أماكن بعيدة. ويمكن تشبيه الحوسبة السحابية بعملية الاستعانة بخدمات من مصادر خارجية.

تتكون البنية التحتية لمنظومة الحوسبة السحابية من قسمين رئيسيين، الأول يمثل جهة المستخدم، والثاني يمثل الجهة المسؤولة عن تخزين البيانات. يبين الشكل 1-7 المكونات الرئيسية لمنظومة الحوسبة السحابية.

يحتوي قسم المستخدم على التطبيقات والواجهات التي تساعد المستخدم في الدخول إلى الحوسبة السحابية. أما قسم الجهة المسؤولة عن تخزين البيانات فتتكون من أجهزة تخزين البيانات Data storage facilities، والآلات الافتراضية Virtual Machines، والخوادم Servers ومنظومة الأمن Security system .

الشكل 1-7: المكونات الرئيسية لمنظومة الحوسبة السحابية



المصدر: **(Malik, Wani, & Rashid, 2018)**

لقد أصبح تخزين البيانات في الفضاء السحابي جزءاً أساسياً من عملية التحول إلى تكنولوجيا المعلومات، حيث وفر إمكانية الاستغناء عن الأماكن اللازمة لإنشاء مراكز بيانات تكنولوجيا المعلومات IT Data Centers، والخادم المحلي، وذلك من خلال ما تقدمه هذه الميزة من سهولة الوصول إلى معدات الحوسبة الافتراضية، وتخزين كميات هائلة من البيانات التي تصبح جاهزة للاستخدام في صناعة القرار. **(Weinelt, 2017)**

1-6-1: شروط ربط العمليات بالفضاء السحابي

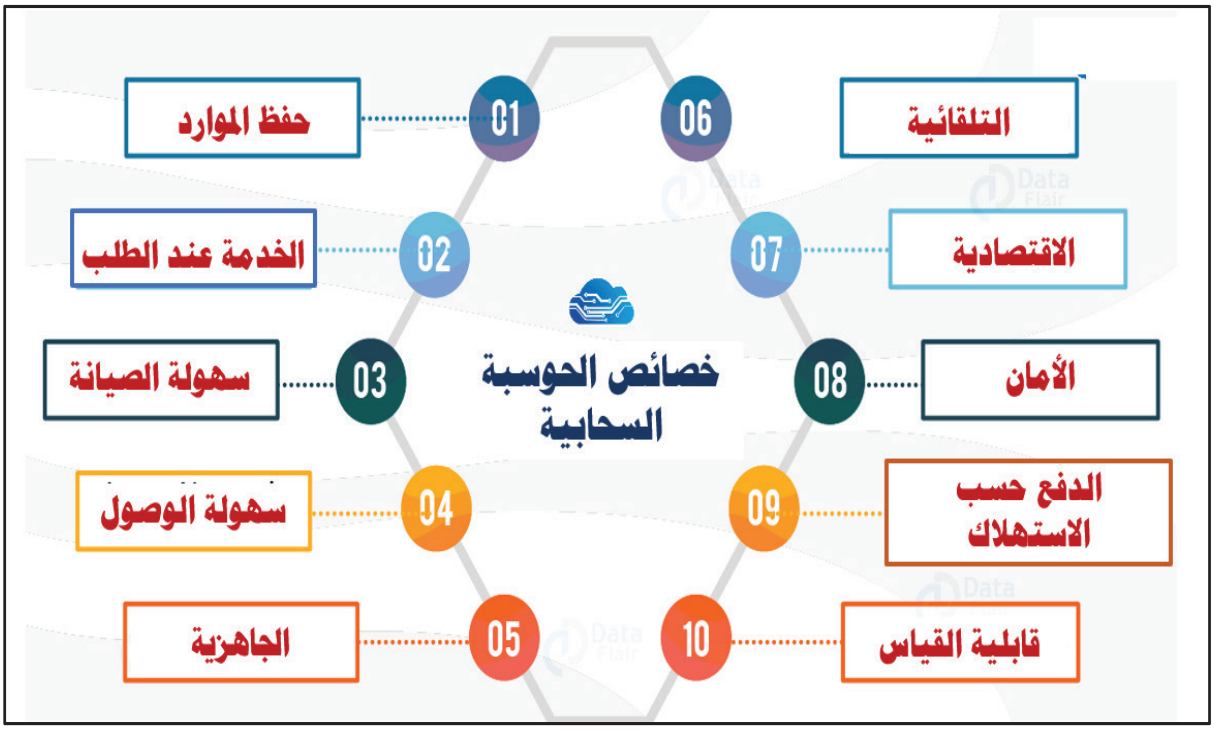
يجب أن تتوفر في العمليات التي تعتمد على الفضاء السحابي الشروط التالية:

- ربط التطبيقات المبنية على البيانات ضمن بنية تحتية قائمة على السحابة، وتوصيل كل مستخدم أو عنصر من عناصر سلسلة التوريد من خلال النظام السحابي.
- استخدام تحليلات البيانات في الوقت الحقيقي للتنبيه عن الأخطاء والتشوهات باستخدام قاعدة بيانات سحابية مستقلة.
- الاستفادة الكاملة من البيانات المتوفرة لتحسين أداء النظام وفقاً للتغيرات الخارجية والمفاجئة.
- تزويد المستخدمين بجهاز متصل بالإنترنت لرؤية المعلومات الضرورية المخزنة في الفضاء السحابي، ومنحهم حق الوصول إلى التطبيقات والبيانات المتاحة في جميع أنحاء العالم.
- وجود نظم مراقبة وتحكم وإعداد تقارير حول التغيرات التي تطرأ على عمليات التصنيع.

1-6-2: خصائص الحوسبة السحابية

تتميز تقنية الحوسبة الفضائية بخصائص وفوائد عديدة تجعلها واسعة الانتشار في العديد من المجالات حسب ما هو مبين في الشكل 1-8. **(Flair Data, 2021)**

الشكل 1-8: خصائص تقنية الحوسبة السحابية



- **ترشيد استخدام الموارد:** أي أن مزود خدمة الحوسبة السحابية يستخدم أدوات الحوسبة ليقدمها إلى عدد كبير من الزبائن بدلاً من أن يمتلك كل زبون الأدوات الخاصة به.
- **الخدمة عند الطلب:** وهي خاصة تتيح للمستخدم معرفة الطاقة التخزينية للفضاء السحابي ومدى توفر عمليات الحوسبة، وذلك بشكل مستمر وسهل دون الحاجة إلى الاتصال بمزودي الخدمة.
- **سهولة الصيانة:** أي أن الخوادم يمكن صيانتها بسهولة، وهذا يضمن استمرار الخدمة وعدم تعرضها لتوقفات طارئة أو أعطال غير متوقعة.
- **مرونة الوصول إلى الخدمة:** حيث يمكن للمستخدم أن يقوم بتحميل البيانات من أي جهاز متصل بالإنترنت، وفي أي مكان في العالم.
- **الجاهزية:** أي أن الخدمة متوفرة بشكل دائم، ويمكن للمستخدم زيادة الطاقة التخزينية في أي وقت يريد، عندما يحتاج إلى تخزين كمية أكبر من البيانات.

- **التلقائية**: Automatic System حيث تقوم منظومة الحوسبة السحابية بإجراء التحليلات بشكل تلقائي، وتدعم إمكانية القياس عند مستوى محدد من الخدمات، وبالتالي يمكن مراقبة معدل الاستخدام والتحكم بنسبته، وتقديم تقرير حول ذلك بشفافية ودقة إلى كل من الشركة المضيفة أو الزبون.

- **الاقتصادية**: Economical يعتبر مشروع الحوسبة السحابية مشروعاً رابحاً لا يحتاج إلا لاستثمار مبلغ محدود لشراء المخدمات ولمرة واحدة بدون تكاليف تشغيل سنوية أو شهرية. يتم بعدها تقديم الخدمات للعديد من المستخدمين.
- **الأمان**: Security تعتبر خاصة الأمان من أفضل الخصائص التي تميز تقنية الحوسبة السحابية، حتى في حال تلف أحد المخدمات فإن البيان لا تتلف ويمكن استرجاعها بسهولة. كما تتميز أجهزة تخزين البيان بصعوبة اختراقها من قبل القراصنة

- **الدفع حسب الاستهلاك**: Pay as you go حيث أن المستخدم يدفع فقط رسوم الخدمة أو السعة التخزينية التي يحتاجها دون دفع رسوم إضافية، وفي العديد من الحالات يمنح المستخدم سعة تخزينية مجانية.

- **قابلية القياس**: Measured Service يمكن للمستخدم الاطلاع على مستوى استهلاكه للخدمة من خلال حصوله على تقرير مفصل من مزود الخدمة يتضمن تفاصيل الاستخدام والتكلفة.

1-7: الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence

تستخدم تقنية الذكاء الاصطناعي (AI) للاستفادة من البيانات والتجارب السابقة في تشغيل أجهزة التحكم بعمليات التصنيع. هذا يعني أن الآلات في المصنع يمكنها استخدام البيانات السابقة للتنبؤ بالأحداث المستقبلية. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تشمل هذه التنبؤات صيانة المعدات أو اضطراب ظروف تشغيل العمليات التي قد تحدث في المصنع.

(Welsh, 2019)

على الرغم من استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي منذ خمسينيات القرن الماضي إلا أنها لم تدخل مجال العمليات الصناعية إلا في العقدين الماضيين. كما أنها لا تزال تواجه العديد من التحديات الناتجة عن الربط بين هذه التقنيات وفهم العنصر البشري لها. **(Chappell, 2020)**

1-8: تعليم الآلة Machine Learning

تعليم الآلة هو تطبيق للذكاء الاصطناعي يمنح أجهزة الكومبيوتر القدرة على التعلم، لكي تقوم بتصرفات مماثلة لما يفعله البشر، مع تحسين تعلمهم بمرور الوقت بطريقة ذاتية، من خلال تزويد هذه الأجهزة بالبيانات والمعلومات على شكل ملاحظات وتفاعلات في الزمن الحقيقي. ويتم ذلك باستخدام الخوارزميات التي يمكنها تحليل البيانات، والتعلم منها، ثم اتخاذ قرار، أو التنبؤ بحدث متوقع، أو اكتشاف كيفية إنجاز الأعمال المهمة من خلال التعلم من الأمثلة. فعلى سبيل المثال، عندما تتصفح أحد المواقع على الإنترنت، يعرض لك المتصفح مواقع أخرى مماثلة. **(Faggella, 2021)**

تساعد تقنية تعليم الآلة في إنشاء نماذج يمكنها معالجة كميات كبيرة من البيانات المعقدة وتحليلها لتقديم نتائج وقرارات دقيقة. كما يمكن للشركات من خلالها أتمتة المهام الروتينية والاستفادة من الفرص المربحة وتجنب المخاطر غير المتوقعة. يبين الشكل 1-9 بعض تطبيقات تعليم الآلة.

أحد الأمثلة على تطبيق تقنية تعليم الآلة تجربة شركة شل في تقليل عبء العمل على موظفي الشركة في أماكن عملها بعدة مجالات باستخدام المساعدين الافتراضيين الموزعين في أكثر من 151 موقعاً، يمكنهم التحدث بلغات متعددة، بما في ذلك الصينية والألمانية والروسية. يتعلمون من تجاربهم السابقة لتحسين أنظمتهم لتلبية احتياجات العملاء في المستقبل. تتضمن بعض المهام التي يمكن أن يؤديها المساعدون الافتراضيون تقديم معلومات عن مواقع المخازن المحلية، وتوفير أوراق البيانات الفنية، علاوة على تقليل حجم المكالمات للوكلاء المباشرين بنسبة 40%.

الشكل 1-9: تطبيقات تقنية تعليم الآلة

1-9: التوأم الرقمي Digital Twin

يعرف التوأم الرقمي Digital Twin بأنه نسخة افتراضية مطابقة لمكونات المصنع أو الوحدة الإنتاجية ومعداتها، ويستخدم لتمثيل الأشياء المادية بدلالة البيانات والمعلومات، لوصف حالتها وسلوكها الحالي بشكل دقيق باستخدام بيانات إنترنت الأشياء، والمعلومات التي ترسلها المستشعرات. كما يمكن أن يتنبأ التوأم الرقمي بالأحداث المستقبلية، أو الأعطال المحتملة لنظيره المادي، قبل حدوثها بوقت طويل، ويمكنه أيضاً اقتراح طرق لمنع تكرار تلك الأعطال. **(AVEVA, 2020)**

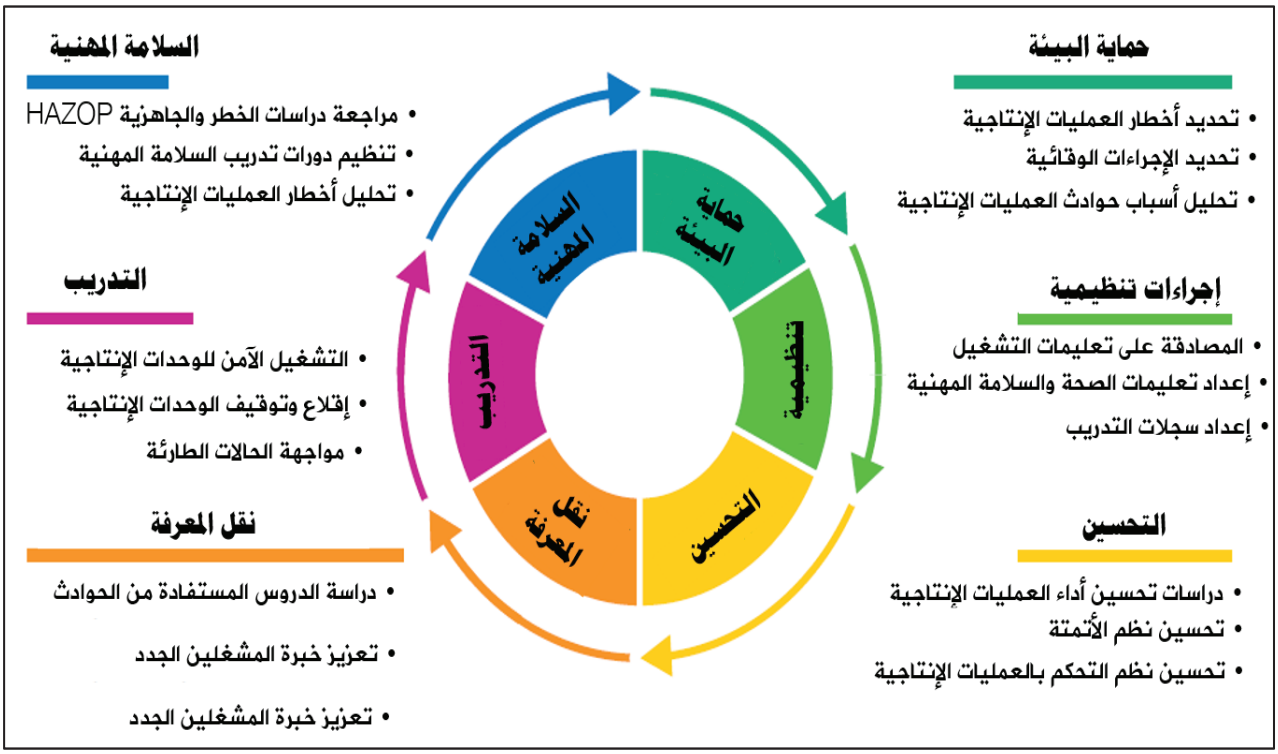
يغطي مفهوم التوأم الرقمي ثلاث جوانب أساسية: التوأم الرقمي للمنتج، والتوأم الرقمي للوحدة الإنتاجية أو المصنع، والنمذجة الرقمية لعمليات الإنتاج. كما يعتمد الدور الوظيفي للتوائم الرقمية بشكل أساسي على الهدف من استخدامها. ففي المجال الصناعي يمكن أن يقوم التوأم الرقمي بطيف واسع من الوظائف بدءاً من تطبيق إجراءات السلامة، ومروراً بعمليات التحليل، أو محاكاة المنتج أو تحسين عملية الإنتاج، وحتى صياغة وإعداد معادلات تحسين الربحية، أو العائد على الاستثمار.

ينتشر تطبيق تقنية التوأم الرقمي بشكل متزايد في المؤسسات الصناعية كجزء من مشروع التحول الرقمي، وذلك نظراً لدوره في تطوير الأداء من خلال إيجاد طرق جديدة للعمل، وتعظيم كفاءة العمليات الإنتاجية. **(Neelam, Natarajan, & Diwanji, 2018)** .

1-9-1: مجالات تطبيق التوأم الرقمي

تتكون مجالات استخدام التوأم الرقمي من التحكم بشروط العمليات الإنتاجية، وفي أعمال الصيانة الدورية والتنبؤية، وفي مجال تطبيق اشتراطات الصحة والسلامة المهنية، وتدريب العاملين في التشغيل والصيانة، وتنفيذ إجراءات تحسين الأداء. **(Menachery, 2020)** يبين الشكل 1-10 تطبيقات تقنية التوأم الرقمي في تنفيذ مبادرات التميز التشغيلي. وفيما يلي شرح لبعض هذه المجالات.

الشكل 1-10: تطبيقات تقنية التوأم الرقمي في تنفيذ مبادرات التميز التشغيلي



المصدر: **(Emerson, 2019)**

• التخطيط لمراحل دورة حياة المصنع

تطبق تقنية التوأم الرقمي في التخطيط لكافة مراحل دورة حياة المصنع، بدءاً من مرحلة إعداد التصاميم الهندسية الأساسية Basic Engineering Design، مروراً باختبارات التشغيل الأولية، وحتى عمليات التشغيل النظامي. فعلى سبيل المثال، عند تطبيق تقنية التوأم الرقمي في مرحلة التخطيط لمشروع إنشاء مصفاة تكرير النفط تستخدم المحاكاة في حالتين، الأولى هي الحالة الثابتة Steady state Simulation لإعداد التصاميم الهندسية. وتتكون مخرجات المحاكاة في هذه الحالة من الموازنات المادية والحرارية، ومخططات سير العملية Process Flow Diagram PFD، وجداول بيانات كل جهاز أو وحدة من الوحدات، وجميع هذه المخرجات تستخدم في حالات التشغيل النظامي المستمر للوحدات الإنتاجية. أما الحالة الثانية فهي حالة المحاكاة الحركية للعمليات Dynamic Process Simulation، والتي تستخدم في نمذجة الحالات الانتقالية بين إجراءات التشغيل، مثل تصميم إجراءات اقلاع وتوقيف الوحدات الإنتاجية. يبين الشكل 1-11 مجالات تطبيق التوأم الرقمي في التخطيط لمراحل دورة حياة المصنع.

(Lorenz, Pfeiffer, Leingang, & Oppelt, 2020)

الشكل 1-11: مجالات تطبيق التوأم الرقم في التخطيط لمراحل دورة حياة المصنع

المصدر: **(Emerson, 2019)**

- **محاكاة عمليات اختبار التشغيل الأولي الافتراضية**

يستخدم نموذج محاكاة عملية اختبار التشغيل الأولي الافتراضية Virtual commissioning بهدف إجراء اختبار افتراضي للتأكد من صحة عمل منظومة التحكم في أي موقع من مواقع المصنع قبل البدء بعملية الاختبار الحقيقية، لتفادي الانعكاسات السلبية المحتملة في حال وجود أخطاء في عمليات الإنشاء والتركيب.

- **محاكاة عمليات التدريب**

الهدف من نمذجة عمليات التدريب هو تعظيم خبرة المشغلين وتمكينهم من التعامل مع إجراءات التشغيل بطريقة تحول دون وقوعهم في أخطاء قد تؤدي إلى حدوث كوارث خطرة. وتتضمن عمليات التدريب مهارات التعامل مع منظومة أجهزة التحكم، ومع مبادئ ومسار العملية الإنتاجية.

لتدريب المشغلين على سير العمليات التشغيلية تستخدم نماذج تفصيلية تحاكي العمليات الحقيقية، وتمكن المتدرب من ممارسة إجراءات التوقيف والتشغيل النظامية، واتخاذ الإجراءات المحافظة على سلامة المعدات والوحدات في كافة الحالات الطارئة المحتملة. كما يمكن من خلال هذه النماذج تقييم أداء المشغلين والتأكد من قدرتهم على التعامل مع ظروف تشغيل الوحدة الحقيقية.

(Lorenz, Pfeiffer, Leingang, & Oppelt, 2020)

تستخدم تقنية التوأم الرقمي في تمثيل الأماكن والغرف والمعدات والأجسام ومواقع العمل افتراضياً بشكل مطابق تماماً لكافة الظروف، ويسمح بتطبيق كافة الإجراءات المطبقة في الموقع الحقيقي، وذلك باستخدام عمليات التحليل المتقدمة Advanced Analytical والمراقبة Monitoring، والقدرات التنبؤية Predictive capabilities، وإجراءات الاختبار Test Procedures والخدمات Services. وبالتالي يمكن الحصول على سيناريوهات لا محدودة لتدريب المشغلين واختبار أدائهم وقدراتهم قبل إدخالهم إلى بيئة العمل الحقيقية في الوحدات الإنتاجية. **(Cortes, 2021)**

- **محاكاة عمليات التشغيل النظامي للوحدات الإنتاجية**

تستخدم المحاكاة في مرحلة التشغيل العادي للوحدات الانتاجية لدعم وتحسين الأداء التشغيلي بأشكال عديدة تبدأ من استخدام المستشعرات لمراقبة بعض ظروف التشغيل، وحتى إعداد نماذج التحكم التنبؤية Model predictive controllers.**(Dodd, 2020)**

كما يمكن استخدام نموذج التوأم الرقمي للتأكد من كفاءة منظومة التحكم بالعمليات وتأثيرها على سير العمل دون التأثير على تشغيل أو إنتاج المصنع الفعلي أو تعريضه للخطر، علاوة على اختبار انعكاسات وقوع اضطرابات في ظروف التشغيل واختيار الحل الأنسب لمعالجتها، وذلك من خلال تطبيق اختبارات "ماذا لو". فعلى سبيل المثال، عندما تتغير ظروف الإنتاج بسبب نقص في الموارد أو ارتفاع أسعار المواد الخام يتم تحديد الحلول الممكنة لتحسين الموازنة الاقتصادية باستخدام التوأم الرقمي.

من جهة أخرى يساعد برنامج التوأم الرقمي مهندسي التشغيل في إنشاء تمثيل افتراضي لموقع المعدات وظروف عمل العمليات باستخدام بيانات ظروف التشغيل التي يتم تجميعها بشكل آني. كما يمكن لهذا التوأم محاكاة انعكاسات الإجراءات المخطط تطبيقها على عمليات التشغيل أو الصيانة. فعلى سبيل المثال، يمكن لمدير الصيانة اختبار فعالية جدول زمني مقترح لصيانة المعدات، ومعرفة تداعيات هذا القرار، من خلال إجراء محاكاة لعمليات الصيانة باستخدام التوأم الرقمي. **(Walker, 2020)**

1-9-2: مراحل إنشاء التوأم الرقمي

لتصميم وبناء التوأم الرقمي لمصنع أو وحدة إنتاجية لابد من فهم المبادئ العامة لعمليات الإنتاج والتشغيل، ومكونات البنية التحتية لموقع الوحدة الإنتاجية، ونظم إدارة الطاقة، وذلك حتى يتمكن المصمم من محاكاة أجزاء المصنع أو الوحدة الإنتاجية، وتحديد دورها الوظيفي المطلوب أن يقوم به التوأم الرقمي، واختيار البرامج الحاسوبية Software والأجهزة Hardware الواجب استعمالها، علاوة على تحديد إجراءات الصيانة الدورية التي يجب توفيرها لإبقاء التوأم الرقمي متوافقاً مع أحدث التطورات.

يتكون مشروع إنشاء التوأم الرقمي من المراحل التالية: مرحلة التصميم، ثم مرحلة إعداد البنية التحتية، ثم مرحلة التنفيذ، فمرحلة اختبار التشغيل، وأخيراً مرحلة الاستخدام.

يتم في مرحلة التصميم تحديد مواصفات المشروع مع الأخذ بالاعتبار كافة ظروف التشغيل والأدوار الوظيفية للمصنع أو الوحدة الإنتاجية المراد محاكاتها. حيث يتم إدراج هذه المواصفات في صفحة المواصفات العامة للتوأم الرقمي. بعد ذلك يتم إضافة النواحي المتعلقة بالوحدة كالمستشعرات، ومحركات أجهزة التحكم Actuators، وذلك لإعداد مخططات الأنابيب وأجهزة التحكم (P&ID) Piping & Instrumentation Diagram بعد ذلك يتم إعداد البنية التحتية التي تتكون من نظام التحكم بالعمليات، وأجهزة التحكم ولوحات العرض، والمعدات (الصمامات المحركات،.... وغيرها) .

بعد إجراء كافة الفحوصات اللازمة تبدأ مرحلة اختبار التشغيل الأولي الحقيقية. وأثناء هذه المرحلة يجب البدء بتدريب المشغلين على التعامل مع حالات التشغيل النظامية والأعطال الطارئة.

1-9-3: تحديث تصميم التوأم الرقمي

لتعظيم الفائدة من استخدام تقنية التوأم الرقمي في مجالات تحسين أداء المنشآت الصناعية يجب تصميم النماذج بحيث تكون قابلة للتعديل والتوسيع مستقبلاً بما يتوافق مع احتمالات إدخال تطورات جديدة على المصنع أو الوحدة الإنتاجية.

وفي مرحلة ما بعد دخول الوحدة الإنتاجية في طور التشغيل الثابت تتعرض بعض ظروف التشغيل أو المعدات إلى تغييرات تستوجب إعادة النظر في التصميم الهندسي للتوأم الرقمي بما يتناسب مع كافة السناريوهات المحتملة الناتجة عن هذه التغيرات.

من جهة أخرى ينصح بإجراء مطابقة دورية لقيم التوأم الرقمي مع القيم الحقيقية للتأكد من صحتها. وهذا يساعد على كشف انعكاسات التغيرات غير المرغوبة على عمل الوحدة، من جهة أخرى يتم إدخال البيانات الجديدة لظروف عمل الوحدة التي تحدث نتيجة التغيرات التي يتم تنفيذها من قبل المشغلين.

(Lorenz, Pfeiffer, Leingang, & Oppelt, 2020)

1-10: المستشعرات الافتراضية Virtual Sensors

تعرف المستشعرات الافتراضية بأنها نوع من البرمجيات التي تزود بمعلومات تمكنها من القيام بوظائف مماثلة لما تقوم به المستشعرات التقليدية. كما يمكن تعليمها لتفسير العلاقات بين قيم ظروف تشغيل العمليات الإنتاجية ومراقبة القراءات الصادرة عن عدة مقاييس أو أجهزة تحكم أخرى بعمليات التشغيل.

تمثل المستشعرات الافتراضية أحد التطبيقات المهمة للتوأم الرقمي في التحكم بظروف تشغيل العمليات الإنتاجية، وذلك من خلال دورها في تقدير ظروف تشغيل العملية غير المعروفة اعتماداً على نموذج المحاكاة Simulation Model المصمَّم للعملية، وعلى ظروف التشغيل الأخرى المقاسة والمعروفة. فعلى سبيل المثال، تستخدم المستشعرات الافتراضية في تقدير ظروف التشغيل المقابلة لحالات مختلفة من كمية الحرارة الناتجة عن التفاعلات الناشرة للحرارة Exothermic، وبالتالي يمكن ضبط ظروف العملية بحيث لا تتجاوز القيمة القصوى التي تؤدي إلى حدوث أخطار ناتجة ارتفاع الحرارة. فعلى سبيل المثال، لضبط كمية المنتج في وحدة إنتاج الإيثيلين يتم حساب كمية منتجات التفاعل الخارجة من فرن التكسير، ولكن بعد مرور وقت طويل تستغرقه بعض الإجراءات، مما يؤدي إلى إعاقة عملية التحكم المباشر بكمية المنتج. أما عند استخدام المستشعرات الافتراضية فيمكن تجاوز هذا الوقت، وبالتالي تحقيق عملية التحكم المباشر بكمية المنتج دون تأخير. **(Lorenz, Pfeiffer, Leingang, & Oppelt, 2020)**

الفصل الثاني

تطبيقات التحول الرقمي في تحسين أداء صناعة التكرير والبتروكيماويات

2-1: مقدمة

تشهد صناعة التكرير والبتروكيماويات إقبالاً كبيراً على تطبيق التقنيات الرقمية نظراً لما لهذه التكنولوجيا من تأثير على تحسين مستوى الأداء والإنتاجية، فيما إذا نفذت بالطريقة الصحيحة، وذلك من خلال زيادة عدد أيام التشغيل الفعلية، وتحسين الالتزام بمتطلبات السلامة المهنية، وتفادي وقوع الحوادث والتوقفات الطارئة، علاوة على تعزيز إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها.

يعتمد مبدأ تطبيق الحلول الرقمية في تحسين أداء صناعة التكرير والبتروكيماويات على إجراء التكامل بين كل من العمليات الإنتاجية، وبيانات قياس الأداء الاقتصادي والتشغيلي في الزمن الحقيقي، وذلك من خلال دمج كافة البيانات، وعلى كافة المستويات بدءاً من مستوى المعدات، مروراً بالوحدات الإنتاجية، ثم على مستوى المصفاة، وحتى مستوى الشركة، أو الصناعة.

تمتلك صناعة التكرير والبتروكيماويات كمية هائلة من البيانات والسجلات التي يتم الحصول عليها من قراءات أجهزة التحكم بالعمليات خلال سنوات طويلة سابقة، علاوة على نتائج التحاليل المخبرية للمنتجات والمواد الخام وغيرها من البيانات، والتي تعتبر ثروة لا تقدر بثمن. من جهة أخرى تحتوي عمليات التكرير والبتروكيماويات على مئات، وحتى الآلاف من المتغيرات التي ترتبط فيما بينها بعلاقات غير خطية تفوق قدرة الإنسان على استيعابها. وعند معالجة هذه البيانات يستطيع كل من المشغلين والمدراء من الاطلاع على انعكاسات القرارات التشغيلية ودورها في تعزيز الكفاءة والربحية عبر لوحة عرض الكترونية سهلة الاستخدام Dashboard **(Lou, Lou, & Gai, 2020)**

2-2: دوافع تطبيق التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات

تتميز صناعة تكرير النفط بضخامة التكاليف الاستثمارية اللازمة لإنشاء المصافي والوحدات الإنتاجية، والوحدات المساندة من خطوط أنابيب وخزانات، علاوة على طول الفترة الزمنية اللازمة

لاسترجاع الاستثمارات، ما يجعل القائمين على هذه الصناعة في سعي دائم للبحث عن سبل تخفيض تكاليف التشغيل، وتقصير فترة استرجاع رأس المال ROI **(Innovapptive, 2019)**

تواجه مصافي تكرير النفط تحديات عديدة ناتجة عن تراجع الطلب على المنتجات البترولية وتنامي ضغوط التشريعات البيئية، ودعم مصادر الطاقة المتجددة، وارتفاع شدة المنافسة في الأسواق العالمية، فضلاً عن أعباء التعامل مع المواد الخطرة وارتفاع تكاليف التشغيل. وقد وجد القائمون على هذه الصناعة أن تطبيق التقنيات الرقمية يساعد على مواجهة هذه التحديات ويساهم بشكل فعال في تحسين الأداء والربحية، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة. **(BCG, 2020)**

لم تعد النظرة إلى التحول الرقمي على أنه محاولة للتجربة واكتشاف الفوائد، بل أصبح ضرورة حتمية لبقاء الشركات في بيئة أعمال يغلب عليها المنافسة الشديدة. **(Countryman, 2019)** وقد ساهمت التقنيات الرقمية في التأثير في أنشطة قطاع الطاقة بشكل عام وفي صناعة التكرير والبتروكيماويات بشكل خاص، من خلال التطورات السريعة التي تشهدها تقنيات تحليل البيانات، أو ما يسمى بالبيانات الضخمة التي توفر فرصاً ثمينة لتعزيز عملية اتخاذ القرار من خلال ما توفره من معلومات.

قامت إحدى الشركات الألمانية بإجراء دراسة استبيانية شملت 1155 مديراً تنفيذيا لشركات نفط عالمية ووطنية في 26 دولة لرصد الفوائد التي حصلت عليها نتيجة تطبيق التحول الرقمي في عملياتها، وكانت النتائج على النحو التالي: **(Geissbauer, Salamat, & Pandey, 2019)**

- خفض تكاليف التشغيل بحوالي 12-20%.
- رفع الطاقة الإنتاجية الفعلية بمقدار 6-12%
- خفض عدد التوقفات غير المبرمجة بنسبة 15-25%.
- زيادة كفاءة الوحدات الإنتاجية بمقدار8-12%.
- تحسين أداء منظومة الصحة والسلامة والبيئة.
- تحسين إنتاجية القوى العاملة.

تتركز إجراءات تحسين كفاءة الأداء التشغيلي في صناعة التكرير والبتروكيماويات حول البحث عن الحلول التي تمكن المشغلين من التحكم بالأمور التالية: **(DAVIES, 2020)**

- إمكانية تقصي الأخطاء الموجودة في الوحدة، ويمكن أن ينتج عنها مشكلات في المستقبل، وذلك اعتماداً على مستشعرات تمكن المشغل من مراقبة موقع المعدات. فعلى سبيل المثال، يمكن باستخدام كاميرات مراقبة مستمرة مع وجود مستشعرات، كشف مواقع انخفاض سماكة سطوح الأنابيب والمعدات التي تجري بداخلها المواد التي تسبب تآكل أو اهتراء المعادن.
- تحسين الإنتاجية من خلال تزويد المشغلين بالبيانات التي تساهم في توفير الظروف التي تمكنهم من تقييم الوضع التشغيلي وتحديد مواطن الخلل، وإجراء التعديلات المناسبة في الوقت المناسب.
- الحاجة إلى معرفة كل ما يتعلق بالأجزاء المكونة للمعدات التي يحتمل أن تتعرض للتلف، من حيث تاريخ تركيبها، ومواعيد كافة عمليات الصيانة التي أجريت عليها، لتحديد إمكانية إصلاح أعطالها خلال فترة زمنية قصيرة.
- القدرة على توقع العمر المتبقي لمعدات المصفاة، وقياس كفاءتها الإنتاجية، ومعرفة الزمان والمكان المتوقعين لحدوث الأعطال، بحيث يمكن للمشغل أن يختار الوقت المناسب لاستبدال المعدات قبل أن تتسبب في توقيف الوحدة اضطراريا.
- اختصار زمن إجراء عمليات الفحص الفني للمعدات، والذي يستغرق عادة مدة زمنية طويلة.
- رفع كفاءة نظام إدارة الطاقة، بهدف ترشيد الاستهلاك وتحسين كفاءة الاستخدام.
- زيادة مستوى موثوقية وجاهزية المعدات والوحدات الإنتاجية.
- تخفيف المخاوف من احتمالات التعرض للهجمات الإلكترونية.
- تحسين مرونة الاستجابة للقضايا العاجلة التي تؤثر على كفاءة تحقيق التميز التشغيلي.

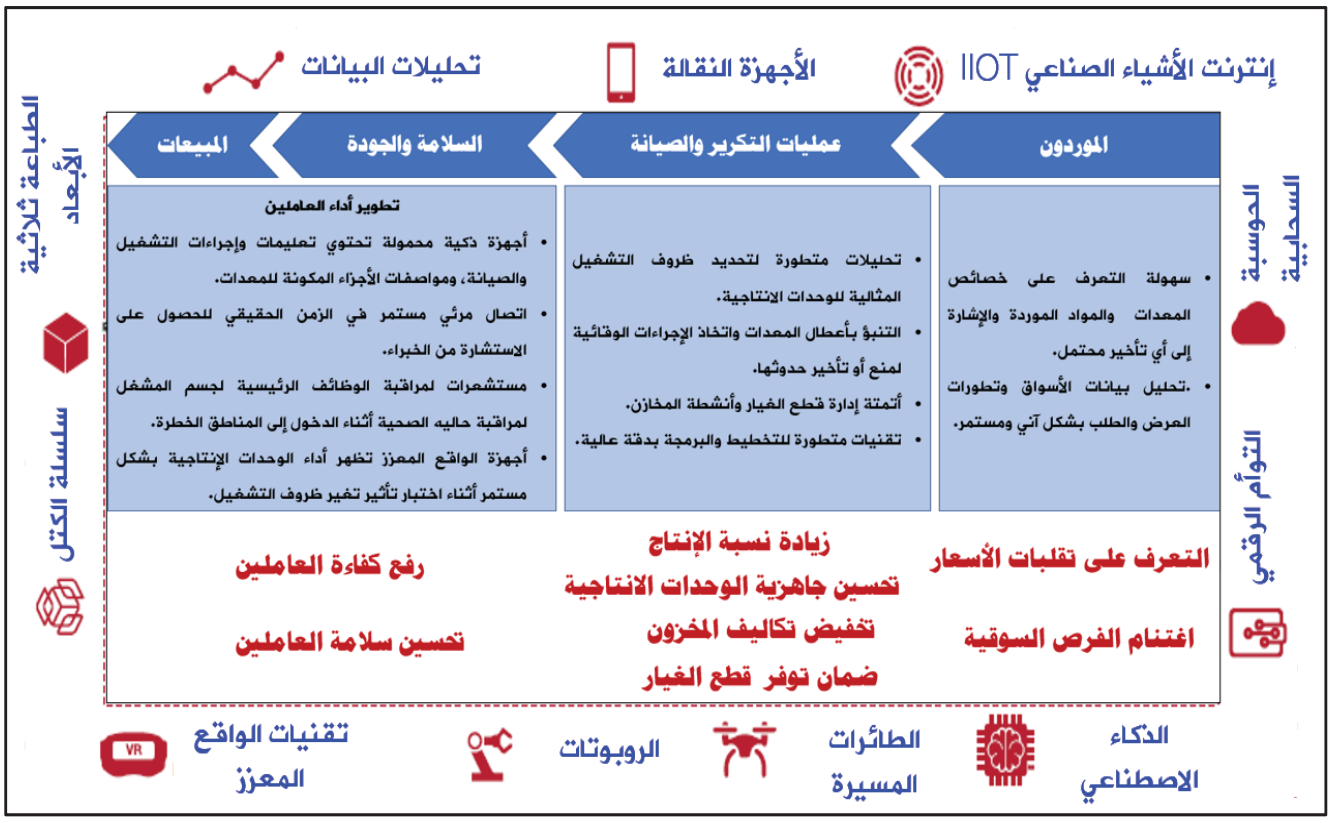
2-3: مجالات تطبيق التقنيات الرقمية في تحسين أداء صناعة التكرير والبتروكيماويات

إن اكتساب الميزة التنافسية يتطلب سرعة ومرونة في اتخاذ القرار، وذلك من خلال تطبيق التكنولوجيا، وامتلاك العاملين في الشركة مهارات تمكنهم من توظيف التكنولوجيا الرقمية. فعلى سبيل المثال، ساهم تطبيق مشروع التحول الرقمي في مصفاة متوسطة الحجم (200 ألف ب/ي) من تعزيز العائد

على الاستثمار، وذلك من خلال تحسين الربحية بمعدل 15-30 مليون دولار أمريكي سنوياً، علاوة على خفض حوالي 500 -900 ألف طن متري من انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون في السنة. **(Lau, 2021)**

يمكن تطبيق الحلول الرقمية الحديثة في مجالات عديدة في عمليات التكرير والبتروكيماويات، بدءاً من العمليات اللوجستية، مروراً بعمليات التكرير، وعمليات ضبط جودة المنتجات، وحتى إدارة عمليات البيع والتوزيع. يبين الشكل 2-1 مجالات تطبيق التقنيات الرقمية في مصفاة تكرير النفط.

الشكل 2-1: مجالات تطبيق التقنيات الرقمية في مصفاة تكرير النفط



المصدر: Geisbour, R., et. al., 2019

تلعب التكنولوجيا الرقمية دوراً مهماً في تعزيز القيمة المضافة لصناعة التكرير والبتروكيماويات، حيث تقوم تقنية إنترنت الأشياء الصناعي بمعالجة بيانات التصنيع والتخزين والنقل التي تنقلها المستشعرات لتصبح قابلة للاستخدام في تحسين الأداء والإنتاجية. وتساهم تقنية تحليل البيانات في تقديم معلومات للمشغلين حول ظروف التشغيل المثالية. أما تقنيات تعليم الآلة والذكاء الاصطناعي فتساعد في تسهيل عمليات الصيانة والتنبؤ بالأعطال، أو كشف اضطرابات ظروف تشغيل العمليات الإنتاجية. كما تعتبر تقنية التخزين السحابي منصة لدعم وحماية منظومة البيانات من الاختراق.**(Phukan, 2020)**

لتقنية إنترنت الأشياء الصناعي IIoT دور مهم في تحسين الأداء التشغيلي لصناعة التكرير والبتروكيماويات، وذلك من خلال التضافر بين ثلاث تقنيات، أولها القياسات، وثانيها تقنية التوأم الرقمي (المحاكاة)، وثالثها قاعدة المعرفة. ويمكن تطبيق هذه التقنية على مستويات متباينة، سواء على مستوى المعدات، أو الوحدات الإنتاجية، أو المصفاة، أو صناعة التكرير ككل. **(Malhotra, 2020)**

2-4: تحسين العمليات الإنتاجية

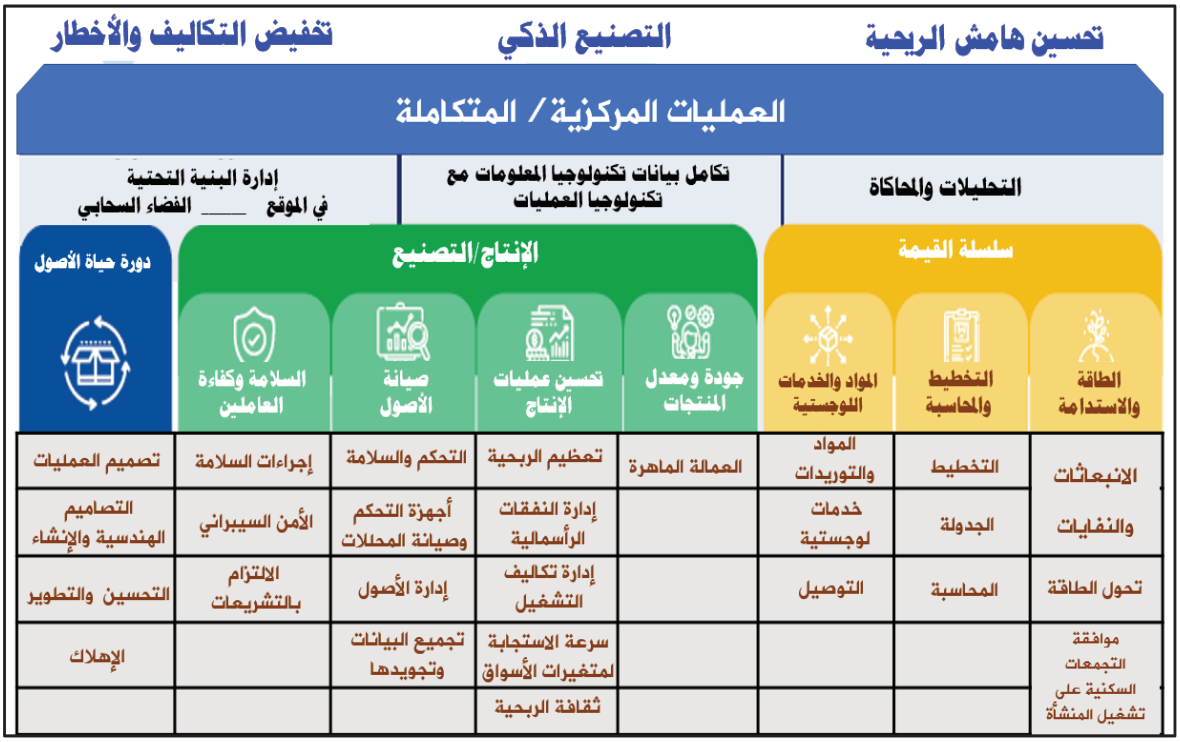
يقدم التحول الرقمي فرصاً عديدة لتحسين العمليات الإنتاجية باستخدام تقنيات واسعة ومتنوعة بدءاً من مستشعرات المراقبة وتطبيقات التحكم Control applications، وحتى أجهزة التحكم التنبؤية Predictive controllers. ويمكن للمشغل أن يحصل على دعم ومساندة في اتخاذ القرارات التشغيلية لمعالجة المشكلات التي تواجه العمليات الإنتاجية بواسطة اختبار عدة سناريوهات لحل المشكلة قبل اتخاذ القرار النهائي.**(Lorenz, Pfeiffer, Leingang, & Oppelt, 2020)**

على الرغم من تنوع العمليات الإنتاجية في صناعة التكرير والبتروكيماويات، واختلاف درجة تعقيدها، إلا أن من الممكن تصنيفها ضمن مجموعات متماثلة كمجموعة عمليات توريد وتحضير المواد الخام، ومجموعة عمليات تقطير ومعالجة المنتجات، ومجموعة نقل وتخزين المنتجات الوسطى والنهائية، والمرافق التي تساند العمليات الإنتاجية الأساسية، مثل أبراج مياه التبريد، ومعدات تخفيف الانبعاثات، ومراجل توليد بخار الماء، ومولدات الطاقة الكهربائية، وضواغط الهواء، ومنظومة إدارة الإنتاج التي تضمن سير العمليات الإنتاجية. ويتلخص الهدف الأساسي لكل هذه العمليات في تحويل المواد الخام إلى منتجات وسطية ثم إلى منتجات نهائية اعتماداً على عمليات كيميائية وفيزيائية، والتي يرمز لها بعملية التصنيع.

تستغرق دورة حياة مصفاة تكرير النفط عدة عقود من الزمن، بدءاً من مرحلة التخطيط والتصميم، والإنشاء، والتشغيل، والصيانة، وحتى مرحلة الإزالة. وخلال كامل هذه الدورة توجد فرص مهمة لاستخدام تكنولوجيا المعلومات وإدارة البيانات في مجال تحسين الإنتاجية تتدرج من عمليات التدريب والتعليم وحتى تطبيق إجراءات السيطرة على الحوادث الطارئة.

تساعد الحلول الرقمية، مثل تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعظيم الاستفادة من تطبيق تقنية التوأم الرقمي في تحسين العمليات الإنتاجية، من خلال الكشف المبكر عن الأعطال وإصلاحها، علاوة على تقديم دليل إرشادي لعملية اتخاذ القرارات اعتمادا على تحليل البيانات، بما يؤدي إلى خفض تكاليف التشغيل وتحسين القدرة التنافسية للمصفاة.**(Chappell, 2020)** يبين الشكل 2-2 تطبيقات التحول الرقمي في تحسين عمليات صناعة التكرير والبتروكيماويات.

الشكل 2-2: تطبيقات التحول الرقمي في تحسين عمليات صناعة التكرير والبتروكيماويات



من جهة أخرى تساهم تقنية التوأم الرقمي في تحسين الأداء التشغيلي من خلال توفير إمكانية إجراء العمليات عن بعد، علاوة على تحسين عمليات التنسيق والتعاون بين المشغلين وإدارة الوحدة الإنتاجية. كما تساهم هذه التقنية في دعم عمليات التشغيل الأساسية لتوسيع الرؤى المنبثقة عن البيانات الضخمة Big Data وتحويل أساليب العمل إلى الشكل الذي يعظم القيمة المضافة، ويعزز تحقيق التميز في بيئة أعمال شديدة التغير. **(Menachery, 2020)** وفيما يلي بعض مجالات تطبيق الحلول الرقمية في تحسين العمليات الإنتاجية.

2-4-1: التحكم بإمدادات النفط الخام

عندما تكرر المصفاة النفط الخام الذي صممت لتكريره فإن ظروف الوحدات الإنتاجية تكون في أحسن أحوالها، أما إذا اضطرت المصفاة لتكرير نوع مختلف فتتعرض المعدات وظروف التشغيل حينئذ لاضطرابات ومشكلات عديدة. كما يزداد حجم المشكلة عندما تعتمد المصفاة على مصادر خارجية لتأمين حاجتها من النفط الخام، أو عندما ترغب في الاستفادة من فرق السعر بين بعض الأنواع المختلفة المعروضة في الأسواق العالمية. لذلك فمن الأهمية بمكان مراقبة خصائص النفط الخام في الخزانات ورصد أي تغير طارئ واتخاذ الإجراءات المناسبة لتفادي تلك المشكلات قبل إدخال النفط إلى وحدات التقطير الرئيسية. ومن أهم الخصائص التي تقوم المصافي بمراقبتها في الخزانات، والنفط الداخل إلى وحدات التقطير هي درجة الكثافة °API، ومحتوى الكبريت، والمياه والرواسب. **(Abbal, 2020)**

ولتعظيم الربحية وفي نفس الوقت تقليص التكاليف والأخطار إلى الحدود الدنيا الممكنة، لا بد من الاستجابة السريعة لإشارات الأسواق، والتعامل مع التقلبات التي تطرأ عليها بأسرع ما يمكن، وأن تقوم الشركات بإعادة تقييم خططها الإنتاجية باستمرار. **(Martins, 2020)**

فعلى سبيل المثال، يحتوي مجمع بتروكيماويات إنتاج البولي إيثيلين والبولي بروبيلين على عدد كبير من المكونات، وبالتالي قد تتغير متطلبات وحركة الأسواق من حيث الطلب على بعض المنتجات من يوم لآخر. ولتحقيق ربح تشغيلي مثالي، يجب تكييف ظروف تشغيل المصنع بما يتوافق مع هذه التغيرات، وذلك بتطبيق تقنية نماذج محاكاة التوأم الرقمي.

2-4-2: تعظيم كمية المنتجات

يمكن تعظيم كمية المنتجات بطريقتين أساسيتين. تعتمد الطريقة الأولى على استخدام التحليلات المتقدمة، مع التوصيف الآني لحالة وظروف المعدات والمواد الأولية والمخرجات لتحديد ظروف التشغيل المثالية للوحدة الإنتاجية. أما الطريقة الثانية فتعتمد على استخدام تقنية تعليم الآلة Machine Learning

في إدارة عمليات مزج وجدولة نقل المنتجات وضمان دقتها، وتحديد النسبة المثالية لمزج أنواع مختلفة من اللقائم. **(BCG, 2020)**

فعلى سبيل المثال، في وحدة إنتاج أوكسيد الإيثيلين تتم أكسدة الإيثيلين بواسطة الأوكسجين لتشكيل أوكسيد الإيثيلين بوجود عامل حفاز مصنوع من الألومينا والفضة Silver Alumina Catalyst، في مفاعل يعمل بدرجة حرارة 220-300 °م وضغط 10-20 بار. كما تحقن في المفاعل مادة كيميائية لمنع تشكل المنتجات الثانوية التي تتكون بشكل رئيسي من غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 والماء H_2O. ولتعظيم إنتاج أوكسيد الإيثيلين على حساب المنتجات الثانوية تتوفر عدة خيارات للمشغل منها على سبيل المثال، زيادة تركيز الأوكسجين الداخل إلى المفاعل، أو زيادة تركيز الإيثيلين، أو ضبط معدل حقن المواد المانعة لتشكيل المنتجات الثانوية. وباستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي لاختيار الحل الأنسب تمكنت إدارة الشركة من رفع كفاءة التحويل بمعدل 3.3% والتي ساهمت في تحسين ربحية الوحدة بمبلغ سنوي قدره 4.3 مليون دولار أمريكي. **(Lou, Lou, & Gai, 2020)**

2-4-3: ضبط مواصفات المنتجات

تساهم عملية جمع وتحليل المعلومات المتعلقة بكيفية استخدام المنتجات والميزات والخصائص التي تطرأ عليها من حيث الكفاءة والجودة، وتغير مستويات المخزون على مدى دورة حياة المنتج، في استمرار عملية تطوير جودة هذه المنتجات واكتشاف العوامل المؤدية إلى خفض تكاليف إنتاجها. **(Phukan, 2020)** فعلى سبيل المثال، واجه المشغلون في مصفاة ازميت Izmit التي تمتلكها شركة توبراس Tupras التركية، مشكلة عدم إمكانية ضبط مواصفات منتجات برج فصل النافثا المنتجة من وحدة التقطير إلى نافثا خفيفة تستخدم لقيم لوحدة الأزمرة، ونافثا ثقيلة تستخدم لقيم لوحدة التهذيب بالعامل الحفاز المائع بطريقة التنشيط المستمر CCR. وللبحث عن حلول للمشكلة وتحسين كفاءة الطاقة في الوحدة قام المهندسون بتحليل ظروف تشغيل برج فصل النافثا وتحديد القيم الهيدروليكية لصواني البرج trays Hydraulics باستخدام تقنية التوأم الرقمي Digital Twin لتحليل البيانات الهندسية التفصيلية للصواني Detailed geometric data. وبتطبيق قيم القياسات التصميمية التي تحقق المواصفات المطلوبة

للمنتجات تبين أن سبب المشكلة هو انخفاض كفاءة الصواني، وبالتالي أمكن حل المشكلة، إضافة إلى الحصول على الفوائد التالية: **(Tupras, 2020)**

- إمكانية رفع الطاقة الإنتاجية لبرج الفصل بنسبة 40%.
- خفض استهلاك الطاقة في الوحدة بمعدل 15%، أي ما يعادل 500 ألف دولار أمريكي سنوياً
- استرجاع تكاليف الإصلاح بمدة زمنية أقل من سنة.

2-4-4: سرعة مواجهة المشكلات الطارئة والأزمات

توفر التكنولوجيات الرقمية إمكانية الوصول السريع إلى تعليمات التشغيل عبر التخزين السحابي، فيقوم المشغلون بتطبيق الإجراءات المناسبة عند وقوع المشكلات التي لا يمكن تجنبها. ومن جهة أخرى توفر التكنولوجيات إمكانية مراقبة مدى التزام العاملين بمتطلبات تنفيذ الخطط الإنتاجية والتشغيلية بما يتوافق مع التطورات المتسارعة التي تشهدها العمليات الصناعية. **(Abbal, 2020)**

كما تساعد تقنيات الاتصال الحديثة في سرعة الحصول على المعلومات في وقت وقوع الأزمات، وخصوصاً عندما تكون مصحوبة بإعداد جيد لخطط مواجهة المشكلات الطارئة. فالحوادث الطارئة والأزمات لا تحترم ساعات العمل الرسمية أو الإجازات أو عطلات نهاية الأسبوع. والشركات التي تتمتع بالمرونة تستطيع الاستفادة من منصات وتطبيقات إدارة الأزمات على أجهزة الهواتف النقالة لتنبيه الأشخاص المعنيين واطلاعهم على الواقع الحقيقي لظروف التشغيل بالشكل الذي يمكنهم من تشخيص المشكلة واتخاذ الاجراءات المناسبة في الوقت المناسب، علاوة على التقنيات التي تساعد العاملين في الموقع على تقصي أسباب المشكلة بالتعاون مع المختصين الموجودين خارج الموقع، والحصول على التعليمات الخاصة بمعالجة أسباب المشكلة واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة. **(Abbal, 2020)**

بما أن البيانات التي تنتج عن مراقبة ظروف التشغيل غير كافية لمعرفة تاريخ إجراء آخر عملية صيانة للمعدات أو الإجراءات الأخرى التي تم تنفيذها، أو متى يجب إجراء الصيانة التالية. كما لا يمكن التنبؤ بموعد حدوث العطل، وما الأجزاء المطلوب تغييرها لإعادة المعدات إلى وضعها الطبيعي الذي يمكنها من القيام بالوظيفة المطلوبة منها، وفيما إذا كانت هذه الأجزاء متوفرة في مخازن الشركة، يقوم مهندسو العمليات

بتحليل البيانات باستخدام جداول إكسل، وإرسال رسالة إلكترونية أو إجراء اتصال هاتفي بمسؤول التشغيل لإعلامه عن نتائج التحليل للقيام بتنفيذ الإجراءات التصحيحية. إلا أن من مساوئ هذه الطريقة احتمال عدم قيام المسؤول عن الوحدة بالاطلاع على بريده الالكتروني، أو قد لا يكون متواجداً في موقع العمل. لهذا يمكن استخدام نظام التحليلات الصناعية ذاتية الخدمة Self-service industrial analytics حيث يمكن من خلاله تجميع البيانات وتحليلها وإرسال نتائج التحليل بشكل آلي ومباشر إلى غرفة التحكم.

التحليلات الصناعية ذاتية الخدمة هي برنامج مصمم لمساعدة خبراء العمليات على تحليل بيانات ظروف التشغيل، واكتساب رؤى واضحة حول عمليات التصنيع تمكنهم من اتخاذ القرارات المناسبة. كما توفر التحليلات الذاتية الخدمة إمكانية مشاركة التحليلات والدروس المستفادة منها مع مصانع مماثلة على المستوى المحلي والعالمي.

أحد الأمثلة على تطبيق نظام التحليلات ذاتية الخدمة تحليل سبب مشكلة اضطراب ظروف تشغيل برج التقطير، فعندما يحدث خلل يؤدي إلى حدوث فيضان السوائل على صواني البرج قد لا ينتبه المشغل إلى التغيرات التي تحدث في ظروف التشغيل، بينما يقوم نظام التحليلات الذاتية الخدمة بإرسال تنبيه إلى غرفة التحكم لإعلام المشغل عن وجود المشكلة من خلال تحليل ارتفاع فرق الضغط عبر صواني البرج. **(Petrosyan, 2021)**

وفي أحد مصانع البتروكيماويات أثناء فترة تطبيق الاشتراطات الصحية للوقاية من وباء فيروس كورونا، حيث تم خفض عدد العاملين في الموقع، لاحظ المهندسون أن عملية تحليل البيانات في المنزل لا تختلف من حيث الكفاءة عن إجرائها في موقع العمل، وذلك بفضل نظام التحليلات الذاتية الخدمة التي أمكن من خلالها إرسال تنبيهات إلى كافة المعنيين بالموضوع في وقت واحد وإعلامهم بالإجراءات الواجب تنفيذها. **(Petrosyan, 2021)**

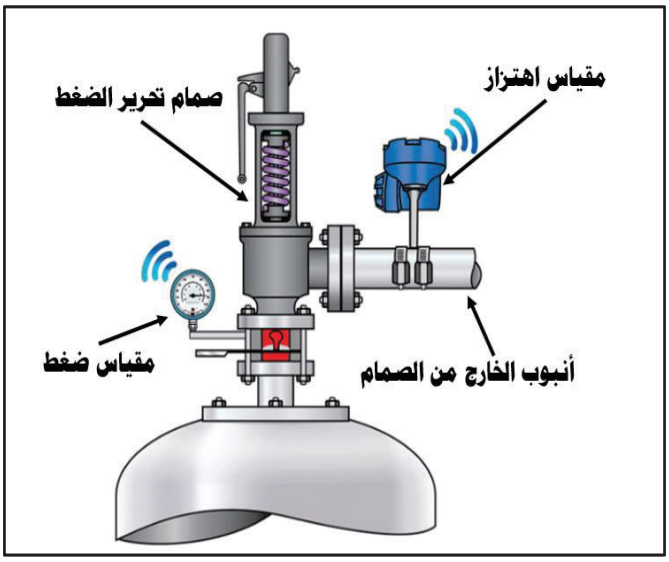
2-4-5: تحسين كفاءة المراقبة الميدانية

لإجراءات المراقبة المستمرة لسلامة ظروف عمل المعدات وجودة مواصفات المنتجات دور مهم في تقليل أخطاء العملية الإنتاجية، وانخفاض فرص تشكل المنتجات المخالفة للمواصفات المعيارية التي

تحتاج إلى إعادة تكرير، بحيث يمكن تجنب التكاليف غير الضرورية، والمحافظة على أنظمة إنتاج أكثر موثوقية، وتقليل زمن التوقفات غير المبرمجة، وبالتالي تحسين كفاءة العمليات الإنتاجية.

إن عدم معرفة ظروف عمل المعدات تضع المشغل تحت خطر وقوع الأعطال الطارئة التي تؤدي إلى خسائر كبيرة نتيجة توقف الإنتاج. وتساهم المراقبة المستمرة لظروف عمل المعدات في الكشف عن العلامات التي تشير إلى احتمال وقوع العطل، كارتفاع درجات الحرارة عن الحدود المسموحة، أو حدوث اهتزاز، فيقوم المشغل بالتخطيط لإجراء عمليات الصيانة في الوقت المناسب قبل تفاقم المشكلة. فعلى سبيل المثال، يمكن تطبيق التقنيات الرقمية في المراقبة الميدانية لصمامات تحرير الضغط Pressure Relief Valve (PRV) التي تعمل في الحالات الطارئة لتخفيف الضغط الناشئ في الأوعية والأنابيب لتفادي حدوث انفجار عندما يصل مستوى الضغط إلى قيمة محددة تشكل خطراً على ظروف التشغيل وسلامة المعدات. وعندما يفتح الصمام غالبا لا يعود إلى وضعه الصحيح، مما يؤدي إلى تسرب المواد الخطرة عبر سطح الإحكام. وبما أن هذا التسرب لا يرى بالعين، ويصعب الكشف عليه إلا بتوقيف الوحدة وإجراء عملية الفحص والإصلاح، يمكن تركيب جهاز قياس اهتزاز على الأنبوب المتصل بمخرج المواد المحررة من الصمام بهدف الكشف على مدى سلامة سطح إحكام الصمام، حيث أن التسرب يؤدي إلى صدور صوت ناتج عن اضطراب الجريان على سطح الأنبوب، فيرسل الجهاز إشارة لاسلكية إلى غرفة التحكم تنبه المشغلين بوجود تسرب يحتاج إلى معالجة. يبين الشكل 2-3 جهاز قياس صوت اهتزاز الخط الخارج من صمام تحرير الضغط

الشكل 2-3: جهاز قياس صوت اهتزاز الخط الخارج من صمام تحرير الضغط



المصدر: **(Carugo, 2020)**

2-5: تحسين كفاءة عمليات الصيانة

تقوم مصافي النفط بإجراء عمليات الصيانة الدورية للمعدات للتأكد من جاهزيتها، وضمان سير عمل الوحدات ضمن الشروط النظامية الآمنة. وقد تستغرق عملية الصيانة عدة أسابع وقد تمتد لشهور، حيث يتم فحص وتفتيش العديد من المعدات، وقد تكتشف أعطال غير متوقعة تؤدي إلى تمديد زمن التوقف وبالتالي تكبد خسائر باهظة. **(Plowman, 2021)**

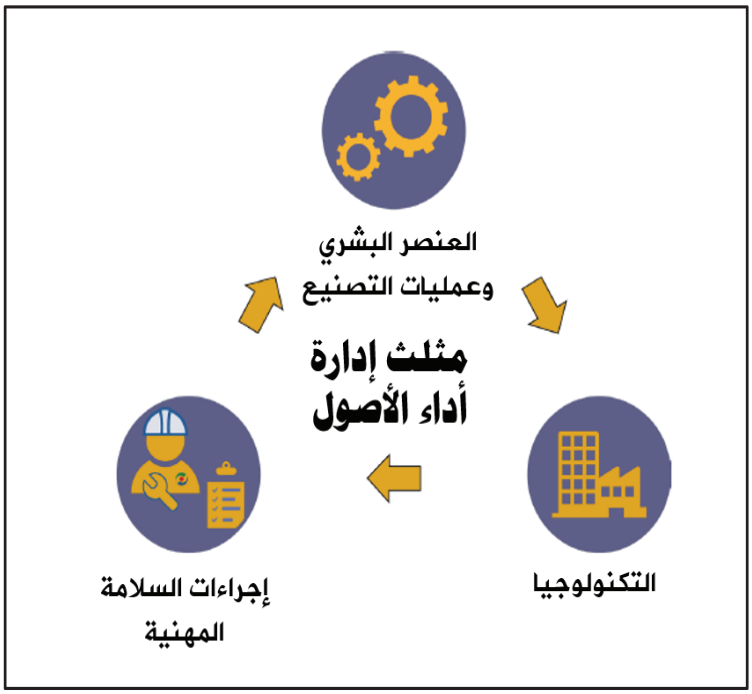
ولتفادي الخسائر المحتملة من زيادة زمن التوقف يقوم المهندسون باستخدام البرمجيات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي لجدولة المهام وتوزيع الأيدي العاملة بما يحقق تنفيذ البرامج وإعادة تشغيل الوحدات الإنتاجية في أقرب وقت ممكن. ويتم تشغيل البرنامج وتحميل البيانات اللازمة لإعداد المخططات وجداول برمجة الأعمال خلال ساعات معدودة كان يستغرق بالطريقة اليدوية أكثر من أسبوع. كما يمكن تخفيض تكاليف التشغيل مع المحافظة على أعلى ربحية ممكنة وذلك بتطبيق تقنيات الصيانة التنبؤية التي تقدمها التطبيقات الرقمية من خلال تحليل البيانات والتنبؤ بالأخطار قبل وقوعها. **(Dodd, 2020)**

2-5-1: الأقطاب الرئيسية لتطبيق التقنيات الرقمية في إدارة أداء الأصول

تساهم عملية التحول الرقمي لصناعة التكرير والبتروكيماويات في توفير الكثير من الجهد والوقت والمال بتطبيق التكنولوجيا المتطورة لإدارة الأصول لتحقيق التميز التشغيلي، وذلك باستعمال نظم إدارة الأصول Asset Management Systems، وتمكين العاملين في الشركة من القيام بأعمال التركيب واختبار جاهزية التشغيل، وأعمال الصيانة، والنشرات الفنية لتعليمات التشغيل ومواصفات المعدات Technical bulletins، ومعلومات أخرى يمكن الحصول عليها بواسطة أجهزة الاتصال النقالة.

عند تطبيق التقنيات الرقمية في إدارة أداء المعدات والأصول تتضافر ثلاث أقطاب رئيسية، هي العنصر البشري، وإجراءات تنفيذ العمل، والتكنولوجيا. كما هو مبين في الشكل 2-4.

الشكل 2-4: الأقطاب الرئيسية لتطبيق التقنيات الرقمية في إدارة أداء الأصول



فدور العنصر البشري يتبلور في اختيار الحلول المناسبة، وابتكار الأفكار الجديدة، ومشاركة المعرفة مع العاملين في الوحدة الإنتاجية وفي المصفاة، وفي قطاع التكرير، حول الحلول التي تساهم في خفض الأخطار والتكاليف، وتحسين ظروف عمل المعدات. بينما تعبر الإجراءات عن أفضل الممارسات التي تضمن سلامة تنفيذ عمليات الصيانة والفحص الفني، وعمليات الإنتاج. أما التكنولوجيا فهي العمليات التي توفر تطبيق الإجراءات بحيث يمكن الحصول على أفضل النتائج الممكنة من تطبيق برنامج إدارة الأصول.

تقوم حلول التحول الرقمي مثل المنصات السحابية بإدارة البيانات لتعزيز كفاءة المعدات في الوحدات الإنتاجية، واكتشاف مجالات التحسين الممكنة. كما تطبق عمليات تقييم المخاطر لتعزيز السلامة في العمل، بينما يقوم نظام نقل المعلومات بتخزين المعرفة والخبرات المتراكمة. ويدعم ذلك تنفيذ برامج التدريب العالية الكفاءة في موقع العمل، مما يحافظ على معنويات العمال عالية وتقليل الحوادث الطارئة.

يتم تحسين استراتيجيات إدارة سلامة الأصول من خلال الوصول إلى أكبر قدر ممكن من البيانات ذات الصلة، وذلك باستخدام التقنيات المتعلقة بمعالجة البيانات، مثل إنترنت الأشياء الصناعيIIoT، والتكامل باستخدام النظم السحابية، بما في ذلك تعليم الآلة ML والذكاء الاصطناعي AI، واستخدام التوائم الرقمية. فعلى سبيل المثال، تطبق تقنيات تعليم الآلة والتحليلات للتنبؤ بالأعطال قبل حدوثها وتقدير العمر

الإنتاجي المتبقي للمعدات، وإعطاء تحذيرات بوجود مؤشرات على احتمال وجود أخطار قبل وقوعها وتقدم نماذج ومحاكاة تساعد المشغل على تنفيذ مزيد من التحليلات، مما يمنح المشغلين الوقت الكافي لاتخاذ القرارات الصائبة التي تضمن عدم تفاقم الأعطال إلى الحد الذي يؤدي إلى توقف الإنتاج.

2-5-2: تطبيقات التوأم الرقمي في إدارة أعمال الصيانة

يساهم تطبيق التوأم الرقمي في تحقيق مستويات الأداء المستهدفة من إدارة أعمال الصيانة باستخدام برامج التصميم المرتكزة على الموثوقية Reliability-centered design لضمان الجاهزية التشغيلية، وبرنامج الصيانة المرتكزة على الموثوقية Reliability-Centered Maintenance RCM الذي يساعد على إجراء صيانة المعدات بكفاءة أعلى وبأقل التكاليف، بحيث يمكن ضمان أفضل مستوى أداء تشغيلي. وقد أثبتت الخبرة العملية أن تطبيق تقنية التوأم الرقمي في هذه البرامج يساهم في الحصول على الفوائد التالية: **(General Electric, 2021)**

- خفض ما يعادل 10-20% من إجمالي تكاليف الصيانة خلال دورة حياة المعدات.
- زيادة اعتمادية المعدات بنسبة 2-10%.
- خفض تكاليف التأمين على المعدات بمقدار 10-30%.

إن الأخذ بالاعتبار قضية اعتمادية وموثوقية المعدات أثناء إعداد التصاميم الهندسية منذ المرحلة الأولى للمشروع يعتبر من الأمور الضرورية والحيوية لضمان عمليات تشغيل ناجحة ومستقرة. كما أن تضمين تقنية التوأم الرقمي في أعمال تحسين أداء الأصول يساهم أيضاً في تحسين الأداء التشغيلي للمصفاة وتحقيق الأهداف الإنتاجية.

من أهم الفوائد التي يمكن الحصول عليها من تطبيق التوأم الرقمي في تحسين اعتمادية المعدات في إطار إدارة الأصول هي حماية المصفاة من حدوث الأعطال في المعدات ذات الأهمية الخاصة مثل المضخات والضواغط، والمبادلات الحرارية، والأفران، والمفاعلات، والصمامات، وأية معدات يمكن أن يؤدي تعطلها إلى حوادث خطرة ينتج عنها توقف عمليات الإنتاج.

على سبيل المثال، قد تحدث أعطال غير متوقعة في المبادلات الحرارية بسبب بقائها في العمل لمدة زمنية طويلة، لذلك من الضروري التنبؤ بحدوث الخلل قبل مدة كافية حتى يتمكن المشغل من اتخاذ الإجراءات الوقائية قبل تفاقم العطل إلى الحد الذي يؤدي إلى توقف العملية الإنتاجية.

يساهم استخدام التوأم الرقمي للمبادل الحراري في الحصول على رؤية واضحة عن الوضع الحالي للمبادل. كما يمكن للتوأم الرقمي أن ينبئ المشغل بالموعد المحتمل لبدء حدوث الخلل دون الحاجة لدخول المهندسين إلى الموقع لإجراء الفحص العيني، وذلك من خلال البيانات التي يتم تجميعها من عدة نقاط ومعالجتها بواسطة أجهزة إنترنت الأشياء. وعند ربط التوأم الرقمي بنظام إدارة الأصول فإنه يوفر إمكانية الوصول إلى قائمة أوامر العمل، وصور عمليات الفحص، وسجلات تاريخ عمليات الصيانة والتكلفة الإجمالية التي أجريت على المعدات، بالإضافة إلى برنامج الموثوقية، وسجلات لجميع الأعطال المحتمل أن تتعرض لها المعدات. **(Sendler, 2016)**

من الفوائد الأخرى المهمة لاستخدام التوأم الرقمي في مجال إدارة الأصول أنه يمكن المهندسين من إطالة الزمن التشغيلي الفاصل بين عمليتي صيانة دورية شاملة للوحدات من خلال اتخاذ إجراءات من شأنها تخفيف الخطر المحتمل من الخلل القائم، وبالتالي تحديد الموعد المناسب للتوقيف لإجراء عمليات الصيانة اعتماداً على البيانات الحالية بدلاً من الأسلوب التقليدي الذي يعتمد على تحديد مواعيد دورية ثابتة لإجراء الصيانة. وهذا يتيح فرصة إبقاء الوحدات الإنتاجية فترة زمنية أطول دون توقف، وبالتالي تحسين معدل العائد على استثمار المعدات. **(Walker, 2020)**

قد تصل الخسائر نتيجة تأخير يوم واحد من الأيام المخصصة للصيانة الدورية إلى ملايين الدولارات، علاوة على الخسائر الناتجة عن توقف الإنتاج. فعلى سبيل المثال، أظهرت نتائج تطبيق استخدم تحليلات تنبؤية لتطوير نهج يعتمد على البيانات لتخطيط الصيانة في إحدى وحدات إنتاج البتروكيماويات في دولة أوروبية عن توفير يومين في السنة من الفترة المخصصة لتوقيف الوحدات لإجراء الصيانة نتج عنها توفير حوالي 1.8 مليون دولار أمريكي من إجمالي تكاليف الصيانة السنوية **(Golightly, 2020)**.

2-5-3: تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في عمليات الصيانة

يجب أن تتميز برمجيات الصيانة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي بالجودة التي توفر الإجابة على العديد من الأسئلة التي يحتاج مدير الصيانة الحصول عليها، منها:

- ماهي انعكاسات أنشطة الصيانة على الإنتاج، وكيف يمكن تخفيض زمن التوقف مع إنجاز المهام في وقتها المحدد؟
- ماهي انعكاسات غياب أحد الكوادر العاملة في فرق الصيانة، لأسباب صحية أو أسباب أخرى، وكيف سيؤثر ذلك على البرنامج الزمني لعملية الصيانة؟
- ماهي الإجراءات الواجب اتخاذها لمواجهة الأحداث غير المتوقعة والتي لا يمكن التحكم بها؟

توفر برامج الصيانة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي العديد من الفوائد، من أهمها خفض التكاليف من خلال اتخاذ القرارات الصحيحة في الوقت المناسب، وتحسين كفاءة استخدام الموارد اللازمة لتنفيذ عمليات الصيانة. **(Plowman, 2021)**

من المزايا التي تقدمها برامج الصيانة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي توفير إمكانية عرض البرنامج الزمني للأعمال بشكل آني على كافة العاملين في مشروع الصيانة باستخدام وسائل التواصل المرئي عبر الإنترنت، كما يمكن الاطلاع على تقارير تقدم العمل والقرارات الخاصة بتعديل برامج تنفيذ الأعمال فور صدورها، مما يعزز التعاون بين أعضاء فرق العمل.**(Zornio & Boudreaux, 2019)**

من التقنيات الأخرى المهمة التي تساهم في تخفيض تكاليف عمليات الصيانة تقنية التحليلات التنبؤية Predictive analytics من خلال ما توفره من قدرة على اتخاذ قرارات سريعة في الوقت المناسب، مثل تحديد مخزون قطع غيار المعدات، واختيار المواعيد المثالية لتوقيف الوحدات والمعدات عن العمل لإجراء الصيانة. **(OPEC, 2020)**

كما تساهم التكنولوجيا الرقمية في مجال تعزيز برنامج الصيانة من خلال تدريب المشغل أو فني الصيانة على تنفيذ عمليات الإصلاح باستخدام التطبيقات التي تعتمد على تقنية الواقع الافتراضي (VR). التي تسمح للمستخدمين بالقيام بأشياء لا يمكن القيام بها في المصنع. فعلى سبيل المثال، بفرض أن إحدى

المهام تحتاج إلى إغلاق صمام أو إعادة تشغيله مرة أخرى فإن المشغل يمكنه متابعة تنفيذ هذا الإجراء الدقيق باستخدام الواقع الافتراضي، وعندما يتعين على هذا الشخص تنفيذ هذه المهمة في الواقع الحقيقي يكون على دراية بالمعدات وكيفية التفاعل معها. **(YUKOGAWA & REUTERS, 2021)**

2-5-4: دور البيانات والتقنيات الرقمية في التنبؤ بأعطال المعدات

يمكن تحسين موثوقية المعدات والأصول، والتنبؤ بأعطال المعدات ذات الأهمية الخاصة من حيث الخطورة وتأثيرها على سلامة التشغيل، وذلك بتطبيق نظام إدارة الصيانة المتطور، واستعمال البيانات الضخمة Big Data وتقنية تعليم الآلة Machine-learning. ومن الأمثلة على بعض المهام التي يمكن الحصول عليها من استخدام البيانات الضخمة التنبؤ بمستوى انسداد المعدات الرئيسية في الوحدات الإنتاجية كالمبادلات الحرارية. أما تكنولوجيا تعليم الآلة فتساعد المهندسين على تحديد العوامل التي يمكن أن تؤدي إلى حدوث مشكلات في المستقبل، وبالتالي يمكن اتخاذ الإجراءات اللازمة لتجنب عمليات الصيانة غير المبرمجة **(Eichelberger, 2019)**

تعتمد عملية التنبؤ بحدوث الأعطال على تحليل البيانات التاريخية، ليس فقط من موقع واحد، ولكن من مواقع متعددة، وهذا يتطلب عقد اتفاقيات تفاهم حول إمكانية مشاركة البيانات بين المصافي المختلفة. **(BCG, 2020)**

لا يمكن للصيانة الوقائية التقليدية وحدها أن تمنع حدوث الأعطال غير المتوقعة، إلا أنه باستخدام نظم إدارة أداء الأصول المدعومة بتقنية تعليم الآلة، أصبح من الممكن الاستفادة من بيانات التصميم والعمليات التي تم الحصول عليها خلال العقود السابقة في التعرف على أنماط الفشل بدقة عالية للتنبؤ بأعطال المعدات قبل أسابيع أو حتى أشهر من الموعد المحتمل لوقوع العطل. فعلى سبيل المثال، قامت إحدى مصافي تكرير النفط طاقتها التكريرية 300 ألف ب/ي بتطبيق تقنية التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها، فاستطاعت تحديد موعد حدوث العطل قبل حوالي 30 يوماً مما ممكن المهندسين من التحضير المسبق لإجراءات الصيانة واختيار الموعد المناسب للتوقيف بما لا يؤثر سلباً على الوفاء بالتزامات توريد المنتجات إلى الزبائن. وكانت النتائج توفير حوالي 10 أيام في السنة من إجمالي عدد أيام التوقفات الطارئة غير

المبرمجة، وتحسين هامش الربحية بحوالي 1-3%، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة بمعدل 1-5%. **(Golightly, 2020)**

2-6: التحكم بمشكلات التآكل

تحتوي مصافي تكرير النفط والوحدات البتروكيماوية على العديد من الأوعية وأبراج التقطير وخطوط الأنابيب العمودية والأفقية والمبادلات الحرارية التي يصعب الوصول إليها بسبب موقعها المرتفع أو وجود حاجز يمنع رؤيتها كالمواد العازلة، أو الإسمنت، أو التربة، أو المياه، وهذا يجعل التحكم في مشكلات التآكل التي تتعرض لها هذه المعدات عملية معقدة. ولتفادي الانعكاسات السلبية والخسائر التي يمكن أن تنتج بسبب مشكلات التآكل يلجأ القائمون على صناعة التكرير والبتروكيماويات غالباً إلى تطبيق نظام إدارة ينظم عمليات مراقبة وضبط ظروف تشغيل المعدات المحتمل تعرضها للتآكل، وتنظيم معدلات حقن المواد المانعة للتآكل، واختيار المعادن المناسبة لنوع المواد الجارية في المعدات أو الأنابيب، علاوة على تطبيق إجراءات وقائية أخرى عديدة **(مكي، 2021)** .

يمكن تحسين عملية التحكم بمشكلات التآكل باستخدام التكنولوجيا الرقمية اعتماداً على مبدأ تكامل نموذج المحاكاة مع بيانات التآكل لتصميم توأم رقمي Digital Twin يساهم في تعزيز خطة إدارة التآكل، والحصول على بيانات تفصيلية ودقيقة حول التغيرات التي تحدث في خصائص المواد الجارية في المعدات المعرضة للتآكل، تساعد المشغل في تقييم الوضع الحالي، وتمكينه من اتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة للمحافظة على معدل التآكل عند أدنى المستويات الممكنة. **(Tellez, et al., 2020)**

فعلى سبيل المثال، يصمم المهندسون نموذج محاكاة يعتمد على مبدأ التوأم الرقمي لرصد التغيرات التي تسبب ارتفاع معدل التآكل في منظومة أعلى برج تقطير النفط. ومن أهم هذه التغيرات التي تتم مراقبتها باستخدام التوأم الرقمي لضبط معدل التآكل في منظومة أعلى البرج هي درجة حرارة الوسط، وارتفاع قيم بعض خصائص النفط الخام المكرر، مثل الرقم الحمضي الإجمالي TAN، ومحتوى الكبريت والمياه، والكلوريدات. ومعدل حقن الماء النظيف حيث أن زيادة النسبة تسبب حدوث التآكل نتيجة ارتفاع إجهاد القص Shear stress على سطح الأنابيب، وبالمقابل يزداد معدل التآكل عند انخفاض معدل مياه الحقن

نتيجة ترسب أملاح الأمونيوم على سطوح المعدات، علاوة على دورها في خفض معدل التبادل الحراري عبر أنابيب المبادلات الحرارية. **(GE, 2019)**

تحدث عملية تآكل الهياكل المعدنية في صناعة التكرير والبتروكيماويات بشكل بطيء نسبياً، ويزداد التآكل بمرور الوقت، وفي أغلب الحالات لا يظهر للعيان إلا عندما يصل إلى مرحلة متقدمة من التلف. ولذلك يمكن باستخدام بيانات النمذجة والمسح المتكاملة التنبؤ بالمخاطر المستقبلية وموعد وصول التآكل إلى المرحلة الخطرة، وتنبيه المشغل إلى ضرورة البدء باتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت المناسب قبل تفاقم المشكلة، بحيث يمكن تجنب الإصلاحات غير المبرمجة والتي تكون عادة مكلفة وينتج عنها خسائر باهظة في الإنتاج.**(Nair, 2018)**

لا تزال العديد من شركات التكرير والبتروكيماويات تعتمد على الطرق التقليدية وطرق الفحص اليدوي في تنفيذ عمليات التفتيش الفني للمعدات، على الرغم من أنها تستغرق وقتاً طويلاً، علاوة على نقص جودة البيانات الناتجة عنها، وهذا ينتج عنه قصور في تحليل البيانات واللجوء إلى الاحتمالات وبالتالي الوقوع في الخطأ، وعدم الوصول إلى صورة واضحة عن الوضع القائم. أما الأسلوب الحديث لفحص المعدات فيعتمد على التفتيش الرقمي Digital Inspection المدعم بمستشعرات فوق صوتية Ultrasonic sensors، والحوسبة السحابية Cloud computing، والتحليلات التي يمكن من خلالها إدارة التآكل بطريقة أكفأ وأسلوب استباقي. **(Reuters, 2021)**

تقوم المستشعرات المثبتة على سطوح المعدات بنقل قياسات سماكة الجدار الداخلي، وقراءات درجة الحرارة إلى ملفات سحابية لتخزين البيانات التي تمتلك قدرة على الحوسبة، والتخزين والتحليل. وهذا يساعد على الحصول على بيانات أكثر موثوقية في اكتشاف وتشخيص الأعطال الناتجة عن التآكل، وبالتالي اتخاذ الإجراءات الوقائية لتفادي حدوث العطل، وتقديم رؤى قابلة للتنفيذ للمعنين باتخاذ القرار بفعالية وكفاءة. **(Carugo, 2020)**

كما تساهم تقنية الروبوتات في فحص الأماكن التي يحتاج الإنسان إلى جهد كبير ووقت طويل للوصول إليها، كجدران خزانات النفط الخام والمنتجات النفطية، والمفاعلات، والأفران، حيث أصبح

بإمكان الروبوت المحمل بكاميرات وأجهزة فحص أن يتسلق هذه الأماكن بسرعة ويقدم نتائج دقيقة. (Jenkins, 2020) يبين الشكل 2- 5 نموذج روبوت لفحص جدران الخزانات والمفاعلات.

الشكل 2- 5: نموذج روبوت لفحص جدران الخزانات والمفاعلات

من التقنيات الأخرى المستخدمة في مراقبة التآكل النموذج الأيوني Ionic model، وهي طريقة تقدم رؤى شاملة ودقيقة حول ما يجري في الوسط المسبب للتآكل، من خلال المعلومات التي يعطيها حول احتمالية حدوث التآكل ومكانه، وشدته. وهذه المعلومات ترشد المهندسين لاتخاذ القرار الأنسب من الناحية الفنية والاقتصادية لمعالجة المشكلة، سواءً بتعديل نظام المعالجة الكيميائية، أو تغيير ظروف التشغيل، أو كليهما معاً.

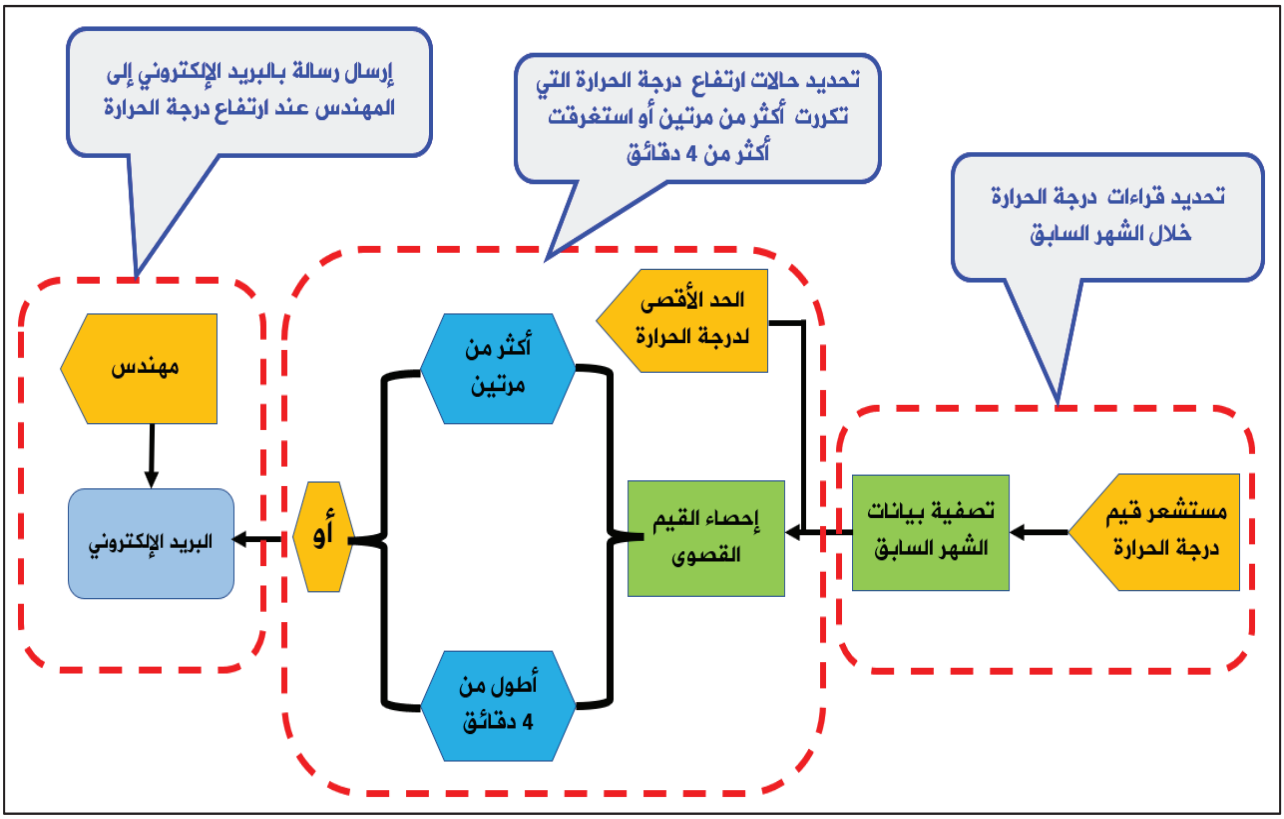
إن استخدام النموذج الأيوني يمكّن المهندسين من تحديد النواقص والثغرات الموجودة في البرامج التقليدية للتحكم بالتآكل، وذلك من خلال الفوائد التي يقدمها، والتي من أهمها:

- تحليل البيانات الميدانية للتنبؤ بانعكاسات تغير ظروف التشغيل على معدل التآكل، ومنها على سبيل المثال، معدلات الجريان، والتركيب الكيميائي لمزيج النفط الخام المكرر، وظروف أخرى.
- تقديم توصيات حول القيم المثالية لظروف التشغيل والوقت المناسب لحقن مانع التآكل، والتي من خلالها يمكن تجنب الهدر في استخدام المواد الكيميائية، والمحافظة على سلامة المعدات من التآكل بأقل التكاليف الممكنة.

وعلى سبيل المثال، استطاعت مصفاة طاقتها التكريرية 250 ألف ب/ي توفير حوالي 5-12 مليون دولار في السنة نتيجة تطبيق الحلول الرقمية لمراقبة سماكة المعدن في الزمن الحقيقي، حيث بلغت تكلفة تنفيذ هذه الحلول حوالي 2 مليون دولار تقريباً. جاء التوفير من خلال تطبيق التقنيات الرقمية التي تساعد على اختيار الأنواع المناسبة من النفط الخام واللقائم الأخرى لضمان أدنى نسبة من المواد الأكالة، وتحسين برنامج حقن مانع التآكل، وإجراءات الصيانة الاستباقية. **(OILX, 2020)**

لمراقبة ارتفاع معدل التآكل عن النسب المسموحة يمكن للتقنيات الرقمية أن ترصد التغيرات التي تطرأ على الأنبوب المراد مراقبته، وتحليل البيانات الواردة من المستشعرات وأجهزة القياس وإرسال رسالة عبر البريد الإلكتروني إلى المهندسين لإعلامهم عن وجود اضطراب في ظروف التشغيل، وإلى ضرورة اتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة في الوقت المناسب قبل تفاقم الخطر، وبالتالي يمكن تفادي تكاليف الصيانة غير المبرمجة. يبين الشكل 2-6 التقنيات الرقمية لمراقبة التآكل.

الشكل 2-6: التقنيات الرقمية لمراقبة التآكل



المصدر: **General Electric, 2021**

كما يمكن التأكد من صلاحية التصاميم الهيدروليكية للمبادلات الحرارية والأنابيب لتحمل التغيرات الجديدة في ظروف تشغيل الوحدة باستخدام برنامج المحاكاة Simulation حيث يظهر البرنامج احتمالات حدوث الاهتزاز أو التآكل التحاتي Erosion، من خلال رصد تغير قيمة فرق الضغط عبر المبادل، ومعدل سرعة جريان السائل، للتأكد من أنها ضمن الحدود المسموحة التي لا تسبب مشكلات تآكل بعد تطبيق ظروف التشغيل الجديدة. **(Tupras, 2020)**

من الفوائد الأخرى غير المباشرة لتطبيق التقنيات الرقمية لمراقبة التآكل، خفض الانبعاثات الملوثة للبيئة نتيجة الكشف المبكر عن بدء حدوث التآكلات، بحيث يمكن اتخاذ الإجراءات الوقائية قبل أن تؤدي إلى تسريب المواد الهيدروكربونية إلى الجو.

2-7: ترشيد استهلاك الطاقة

ساهمت ظروف المنافسة الشديدة في الأسواق العالمية، وتنامي التشريعات البيئية الخاصة بفرض متطلبات صارمة لخفض انبعاثات الكربون من المنشآت الصناعة في دفع القائمين على صناعة التكرير والبتروكيماويات للبحث عن الطرق الممكنة لترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها.

(Sá, Diego , Francesco , & Tiziano , 2019)

إن استخدام الحلول الرقمية في عملية إدارة الطاقة يمكن أن يساهم في تحسين كفاءة العملية من خلال تخفيض معدل استهلاك الطاقة في العمليات الإنتاجية يصل إلى حوالي 7-12% تبعاً لحجم المصفاة وطاقتها التكريرية، علاوة على تخفيض حوالي 2-5% من تكاليف شراء الطاقة نتيجة تحسين عمليات التعاقد والشراء. فعلى سبيل المثال، أظهرت نتائج تطبيق التقنيات الرقمية في إحدى مصافي النفط المتوسطة الحجم طاقتها التكريرية 200 ألف ب/ي، توفير حوالي 15-30 مليون دولار سنوياً من تكاليف استهلاك الطاقة، وخفض ما يعادل 500 إلى 900 ألف طن متري في السنة من انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون.

كما يساهم تطبيق التقنيات الرقمية في ترشيد استهلاك الطاقة، وتحسين كفاءة استخدامها، من خلال خفض انحرافات ظروف التشغيل وضبطها عند القيم المثالية المستهدفة، باستخدام تطبيقات التحسين في الزمن الحقيقي Real-time optimization، علاوة على الفوائد غير المباشرة كتعظيم الطاقة

الإنتاجية للمصفاة، وخفض استهلاك المواد إلى الحد الأدنى، وتحسين جودة مواصفات المنتجات. فعلى سبيل المثال، حيث سجلت إحدى مصافي النفط اليابانية خفض في استهلاك الطاقة وصل إلى 5% من إجمالي استهلاك المصفاة. وفي إحدى أكبر مصافي النفط الهندية بلغت قيمة التوفير في استهلاك الطاقة ما يعادل 7.2 مليون دولار سنوياً من خلال استخدام التقنيات الرقمية لمراقبة أداء المعدات، وحوالي 5 مليون دولار سنويا من خلال تطبيق نظام المراقبة في الزمن الحقيقي. كما أمكن توفير حوالي 3.6 مليون دولار سنوياً من تكاليف إنتاج بخار الماء في إحدى شركات إنتاج البتروكيماويات بجنوب أفريقيا، وذلك نتيجة تطبيق التقنيات الرقمية التي تعتمد على مراقبة بيانات ظروف تشغيل المعدات في الزمن الحقيقي، ومقارنتها مع مؤشرات الأداء الرئيسية. **(Lau, 2021)**

من التقنيات الرقمية المطبقة لترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في صناعة التكرير والبتروكيماويات برنامج رقمنة أنشطة صيانة المبادل الحراري الذي يخفف أعباء القيام بإجراءات المراقبة اليدوية المرهقة، حيث تحتوي المصفاة العادية على حوالي 200 إلى 400 مبادل حراري تتم مراقبة معظمها يدوياً، وقد يفصل بين عمليتي فحص المبادل عدة شهور. وعندما لا تتم مراقبة المبادل الحراري بالشكل الصحيح يتعرض لمشكلة تراكم الرواسب والانسداد، مما يؤدي إلى تراجع أدائه، وانخفاض كفاءة تبادل الحرارة. وقد تتفاقم المشكلة إلى الحد الذي يؤدي إلى توقيف طارئ للوحدة. وقد يضطر المشغل إلى تركيب مستشعرات إضافية لمراقبة درجات الحرارة، إلا أن تركيب مستشعرات درجة الحرارة السلكية التقليدية غير مسموح أثناء وجود الوحدات الإنتاجية في دائرة العمل.

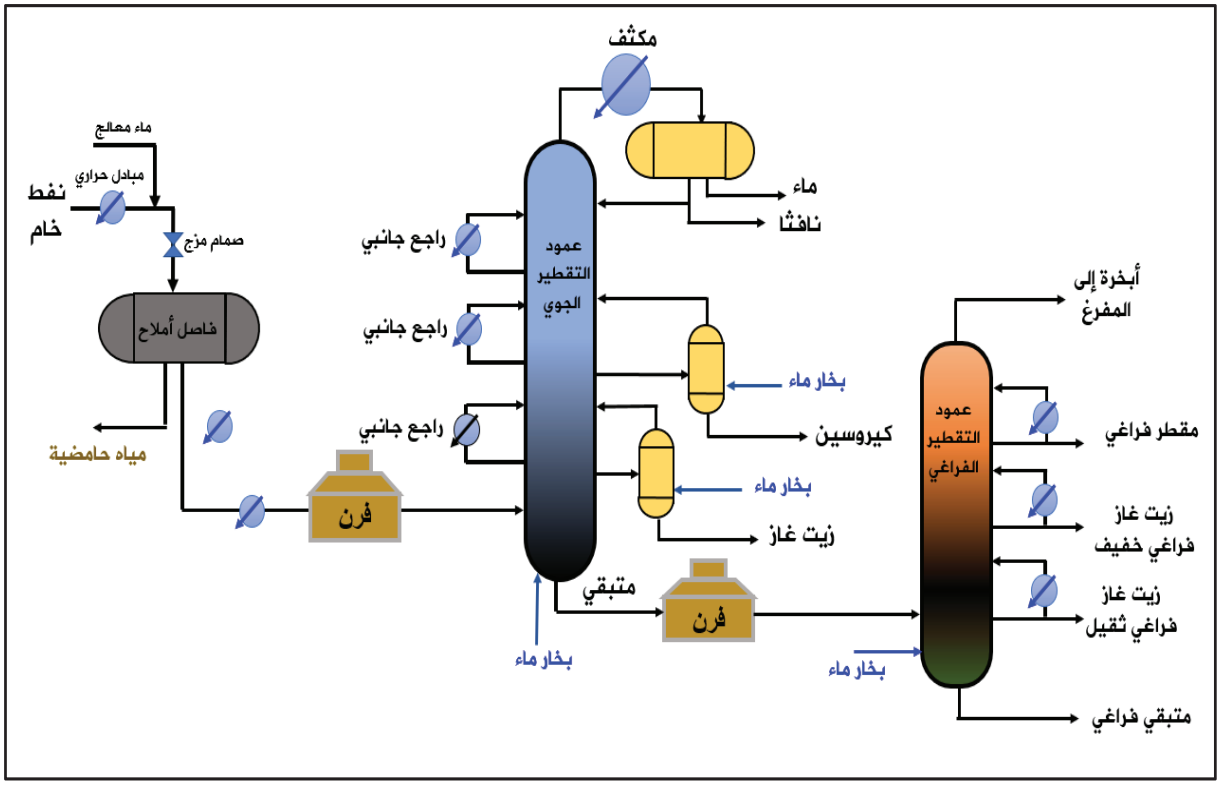
ولتفادي هذه المشكلة تم ابتكار أجهزة استشعار لاسلكية يمكنها مراقبة درجات حرارة المبادلات الحرارية في المصفاة دون الحاجة إلى عمليات تركيب مزدوجات حرارية Thermowell على جسم المبادل، ويتم نقل بيانات القياسات في الزمن الحقيقي عبر الفضاء السحابي باستخدام تقنيات الحوسبة السحابية Cloud computing technologies، حيث يتم تفسير ومعالجة هذه البيانات باستخدام تقنية التحليلات المتقدمة التي تقدم للمشغل المعلومات التي تمكنه من الكشف عن بوادر تشكل الرواسب، وتمنحه فرصة اتخاذ القرارات المناسبة لتحسين أداء المبادلات الحرارية قبل تفاقم المشكلة.

بالإضافة إلى معرفة صحة عمل المبادلات الحرارية، وتخفيض معدل استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها نتيجة تخفيف مشكلة توضع الرواسب على سطح أنابيب المبادلات، وتفادي التوقفات الطارئة، وتخفيف العبء على كاهل المشغلين، تقدم التقنيات الرقمية فوائد أخرى جوهرية كتحسين ربحية المصفاة وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، فعلى سبيل أمكن لمصفاة تبلغ طاقتها التكريرية 250 ألف ب/ي أن توفر أكثر من 3.5 مليون دولار أمريكي من تكاليف التشغيل سنوياً باستخدام تقنيات التخزين السحابي، والحوسبة السحابية في مراقبة عمل المبادلات الحرارية. **(Hague, 2019)**

إن تعدد المتغيرات وظروف التشغيل المؤثرة في كفاءة استهلاك الطاقة يجعل من الضروري استخدام التكنولوجيات الرقمية، مثل تقنية إنترنت الأشياء الصناعي المتطورة لتحقيق الأهداف المنشودة بالسرعة والكفاءة العالية، من خلال تعظيم الأداء التشغيلي على ثلاث مستويات، هي الأصول، والعمليات، والأعمال. أما الأصول فتتعلق بالمعدات مثل الأفران، والمضخات، والأبراج، بينما يتعلق مستوى العمليات بالوحدة الإنتاجية مثل وحدة التقطير الجوي، ووحدة التقطير الفراغي ووحدات التكسير بالعامل الحفاز، وغيرها، في حين يتضمن مستوى الأعمال تعظيم الأداء على مستوى المصفاة بأكملها.

يقوم نموذج إنترنت الأشياء الصناعي بتقديم حلول تخفيض استهلاك الطاقة في الوحدة من خلال تحليل كل قيمة من قيم التشغيل واقتراح القيمة الأنسب، وذلك اعتماداً على العناصر الرئيسية للنموذج الذي يصمم خصيصاً للوحدة، والتي تتكون من التوأم الرقمي، والبيانات التاريخية، وقاعدة البيانات، وأداة تعظيم الأداء، وقاعدة المعرفة. فعلى سبيل المثال، يتوجه اهتمام القائمين على صناعة التكرير نحو تعظيم كفاءة الطاقة في وحدة التقطير الجوي والفراغي للنفط الخام باعتبارها إحدى أكثر الوحدات المستهلكة للطاقة على شكل وقود في الأفران، أو على شكل بخار ماء لتعزيز جريان السوائل في أبراج ومبادلات ومعدات وحدات التكرير، حيث تستهلك حوالي 20% من إجمالي استهلاك الطاقة في المصفاة، والتي تعادل حوالي 2% من إجمالي كمية النفط الخام المكرر. ولترشيد استهلاك الطاقة في هذه الوحدة يمكن تطبيق تقنية إنترنت الأشياء الصناعي التي تساعد على تقديم اقتراحات وحلول اعتماداً على تحليل كل من بيانات ظروف التشغيل، والنماذج التصميمية والهندسية، وتقييم خصائص النفط الخام المكرر. يبين الشكل 2-7 مخطط سير عملية وحدة التقطير الجوي والفراغي.

الشكل 2-7: مخطط سير عملية وحدة التقطير الجوي والفراغي



المصدر: **(أوابك، 2019)**

2-8: تدريب العاملين

تهدف عملية محاكاة التدريب إلى بناء خبرات المشغلين وتحسين قدرتهم على التعامل مع المهام التشغيلية المحتمل مواجهتها في المستقبل بكفاءة وأداء خال من الأخطاء. وهذا يتضمن خبرات التعامل مع كل من أجهزة التحكم والعملية الإنتاجية ومبادئها التكنولوجية.

يحتاج إعداد المشغل حتى يتمكن من اتخاذ قرارات تشغيل الوحدات الإنتاجية حوالي سبع سنوات، إلا أن استخدام التقنيات الرقمية مثل تقنية التوأم الرقمي يمكن أن تخفض هذه المدة بشكل كبير، بحيث أصبح من الممكن تأهيل المشغلين وتزويدهم بكافة المهارات التشغيلية أثناء فترة الإنشاء ليصبحوا جاهزين قبل بدء تشغيل الوحدة الجديدة. **(Berutti, 2019)**

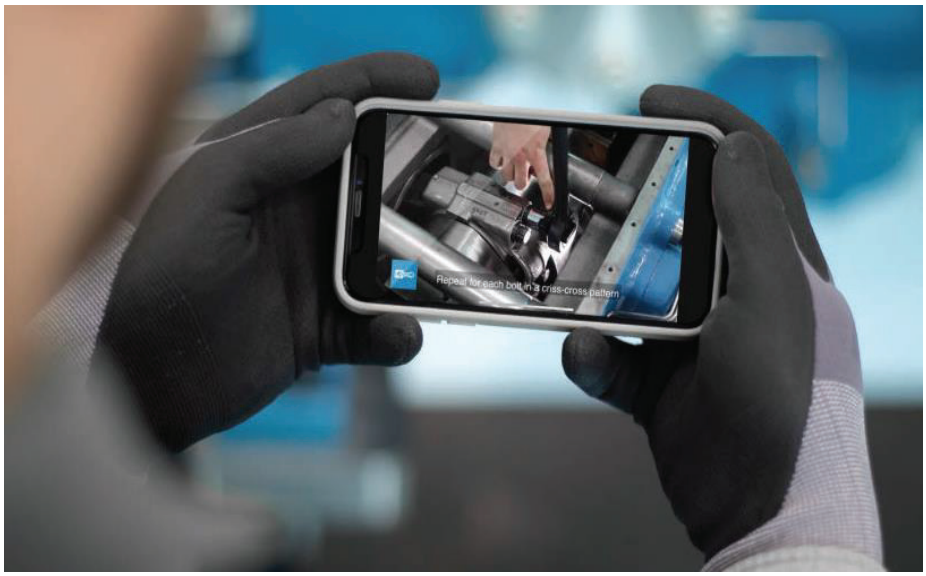
كما يخضع العاملون في صناعة التكرير والبتروكيماويات لدورات تدريبية مستمرة لتعزيز قدرتهم على تشغيل الوحدات وصيانتها بالشكل الأمثل الذي يمكنهم من تفادي الوقوع في الأخطاء التي يمكن أن تؤدي إلى التوقفات الطارئة. وقد أثبتت التجربة العملية أن التحول الرقمي يساهم في توفير عملية التدريب

المستمر للعاملين في عمليات التشغيل والصيانة من خلال سهولة التعلم التي توفرها عملية نقل المعلومات والتواصل المرئي، علاوة على تعزيز ثقافة الابداع، وإثارة الحماس والرغبة لدى العاملين نحو تطوير عمليات الإنتاج. **(YOKOGAWA, 2020)**

على الرغم من أفضلية التدريب الشخصي وأهميته إلا أن التدريب الافتراضي باستخدام الواقع المعزز أثبت فوائده العديدة، وخصوصاً بالنسبة للعاملين في المواقع الخطرة، التي ينتج عن الخطأ فيها حوادث مدمرة، كما تعزز استخدام هذا النوع من التدريب بعد انتشار جائحة فيروس كورونا الذي فرض إجراءات التباعد الجسدي. وقد طبقت تقنية التدريب باستخدام الواقع المعزز منذ عقود في مجال الطيران، وساهم في تجنب العديد من الحوادث التي كانت تحدث أثناء تدريب الطيارين على طائرات التدريب الحقيقية.

من مزايا استخدام التوأم الرقمي في عملية تدريب العاملين في الصناعة تعدد وسائل تشغيله، فعلى الرغم من أن أفضل طريقة لتشغيل التوأم الرقمي هي استخدام الأدوات اليدوية للواقع المعزز، إلا أنه يمكن تشغيله أيضاً بواسطة الكومبيوتر الشخصي أو الهاتف النقال. وفي حال تحميل البرنامج على الكومبيوتر يمكن للمستخدم تشغيله دون الحاجة للاتصال بالإنترنت، وذلك باستخدام نظام إدارة التعلم Learning Management System. **(Cortes, 2021)** يبين الشكل 2-8 دورة تدريب صيانة ضواغط غاز عبر الهاتف النقال.

الشكل 2-8: دورة تدريب صيانة ضواغط غاز عبر الهاتف النقال



2-9 إعداد التصاميم الهندسية

من المجالات الأخرى لتطبيق التقنيات الرقمية في صناعة تكرير النفط مجال إعداد التصاميم الهندسية لعمليات التكرير. ففي تسعينيات القرن الماضي كان إنجاز تصميم مشروع مصفاة طاقتها التكريرية 100 ألف برميل/اليوم يحتاج حوالي خمسة إلى عشرة آلاف ساعة عمل، بينما يمكن انجاز نفس التصاميم حالياً بحوالي 1500 إلى 2000 ساعة عمل فقط وذلك بفضل ما توفره التكنولوجيات الرقمية المتطورة من إمكانية تنفيذ عدة مهام في وقت واحد.

2-10: الإستجابة لتغيرات السوق

تتأثر ربحية صناعة التكرير والبتروكيماويات بتقلبات أسعار النفط إلى الحد الذي يمكن أن يؤثر على قدرتها التنافسية في تصريف المنتجات، وخصوصاً بالنسبة للمصافي التي تعتمد على استيراد النفط أو المصممة للتصدير إلى الأسواق الخارجية. **(YOKOGAWA, 2020)**

ولمواجهة انعكاسات التقلبات التي تطرأ على الأسواق كالتي حدثت مؤخراً نتيجة جائحة فيروس كورونا، حيث تراجعت أسعار النفط بسبب تخمة المعروض وانخفاض الطلب العالمي على الوقود، قامت شركات النفط بإعادة تقييم خططها الإنتاجية **(Martins, 2020)**

ولكي تتمكن شركات التكرير والبتروكيماويات من تعظيم الاستفادة من الفرص التي تنشأ من تغيرات السوق، يجب أن تمتلك القدرة على الاستجابة السريعة لأي تغيير محتمل، من خلال إعداد خطط تسمح بتقييم العديد من السيناريوهات المناسبة للظروف الطارئة كتقلبات الأسعار، أو تغيرات الطلب على المنتجات. ويتوقف نجاح الشركات في اغتنام الفرص والاستفادة منها على مدى امتلاكها للمرونة الكافية التي تمكنها من الاستخدام الأمثل لأصولها، واستعمالها للسناريوهات التي تمكنها من إعداد خطط تعظيم أرباحها على المديين القصير والطويل. **(Chew, 2021)**

تعتبر تقنية إنترنت الأشياء الصناعي من أكثر التقنيات الرقمية المستخدمة في تحسين كفاءة استخدام الموارد، وذلك من خلال محاكاة العمليات الإنتاجية، مما يتيح لشركات الإنتاج الاستجابة بسرعة ومرونة أكبر لمتطلبات السوق المتقلبة، وتلبية رغبات الزبائن المتنوعة.

إن توفر البيانات المالية والإنتاجية الكافية عن كافة مراحل سلسلة القيمة تساهم في سرعة اتخاذ القرار في الوقت المناسب. **(Countryman, 2019)** فالمنصات الرقمية المصحوبة بتقنيات تحليل البيانات المتطورة وتقنية التواصل عن بعد تقدم للشركات الصناعية رؤية شاملة حول المخاطر المحتملة، وتمنحها القدرة على الاستجابة السريعة في اتخاذ الإجراءات الاحترازية لتفادي حدوث تلك المخاطر أو التخفيف من آثارها إن حدثت. **(Abbal, 2020)**

2-10: تطبيق إجراءات الصحة والسلامة المهنية وحماية البيئة

إن من أهم عوامل تعزيز ربحية صناعة التكرير والبتروكيماويات هي النجاح في تطبيق متطلبات الصحة والسلامة المهنية، وإدارة عمليات توقيف وتشغيل الوحدات، وتطبيق برامج الصيانة الوقائية والدورية، والحد من التوقفات غير المبرمجة. وهذه العوامل لا يمكن تحقيقها إلا من خلال اختيار القرارات الصحيحة في الوقت المناسب، والتي يمكن تنفيذها بالشكل الأمثل اعتماداً على إنترنت الأشياء الصناعيIIOT. كما تحظى إجراءات الصحة والسلامة المهنية وحماية البيئة اهتماماً بالغاً من القائمين على صناعة التكرير والبتروكيماويات نظراً لخطورة المواد التي تتعامل معها هذه الصناعة وصرامة التشريعات التي تفرض اشتراطات باهظة التكلفة، وهذا يستدعي إجراء تقييم مستمر لحالة المعدات والتأكد من صحة عملها، والتدخل السريع لتصحيح أي انحراف قبل أن يتسبب في وقوع أعطال ينتج عنها إحداث ضرر بالبيئة أو بالعاملين في المصفاة. فعلى سبيل المثال، بلغت تكلفة انفجار مصنع للبتروكيماويات في جمهورية التشيك عام 2015 حوالي 177 مليون دولار، بينما بلغت تكلفة حدث مماثل في كندا في عام 2005 حوالي 870 مليون دولار. **(Phukan, 2020)**

تشير الخبرة العملية إلى أن العديد من الحوادث التي وقعت في صناعة التكرير والبتروكيماويات كانت نتيجة خطأ بشري، وأن هذا الخطأ يمكن أن يقع من أكثر الأشخاص مهارة وخبرة، وهذا ما يؤكد على أهمية تطبيق التقنيات الرقمية مثل المستشعرات العالية الجودة، والتقنيات اللاسلكية، والتطبيقات التي تعتمد على الفضاء السحابي لتجميع وتحليل البيانات الآتية من الأجهزة والمعدات في موقع الوحدة الإنتاجية بحيث يمكن للمشغل أن يقوم بإجراءات استباقية لتفادي وقوع العطل.

تساهم عملية التحول الرقمي في تمكين صناعة التكرير والبتروكيماويات من تلبية متطلبات تشريعات الصحة والسلامة المهنية وحماية البيئة من خلال تسهيل الاتصال بين العاملين، وتطبيق العمليات الذاتية Autonomous operations في الأماكن الخطرة، والمساهمة في الحد من الحوادث التي ينتج عنها إطلاق انبعاثات ملوثة للبيئة، وتوفير إمكانية تشغيل الوحدات والمعدات الخطرة ومراقبة ظروف تشغيلها عن بعد.

كما توفر التكنولوجيات الرقمية فرص تطوير أجهزة الكشف عن تسرب المواد الهيدروكربونية من المعدات وخطوط الأنابيب، بحيث تنبه المشغل عن وجود خطر ليقوم باتخاذ الإجراءات التصحيحية لتفادي انسكاب المواد الخطرة إلى البيئة. **(YOKOGAWA, 2020)**

من جهة أخرى تساهم التقنيات الرقمية في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من خلال متابعة وتحليل انبعاثات الكربون التي توفر إمكانية اتخاذ الإجراءات المناسبة لخفض النفايات واستخدام الموارد واستهلاك الطاقة، وإعادة استخدام الموارد والأدوات، إضافة إلى خفض انبعاثات وسائل النقل من خلال تطبيق نظم الاتصال المرئي لفرق العمل بدلاً من اللقاءات المباشرة.

2-11: تعزيز التعاون بين العاملين

في السنوات القليلة الماضية كان الهدف من استخدام التقنية السحابية لتحسين كفاءة الشركات وتخفيض تكاليف تكنولوجيا المعلومات IT. أما في الوقت الحالي فقد أصبحت تقنية السحابية تستخدم لتعزيز سرعة تنفيذ الأعمال والتعاون والتنسيق بين العاملين وخصوصاً بعد انتشار عمل معظم العاملين في الشركة عن بعد نتيجة انتشار جائحة كورونا. **(LUISS, 2019)**

تساعد التقنيات الرقمية في تعزيز قدرة العاملين على إنجاز أعمالهم بسرعة أعلى، وتشجيعهم على الابتكار، وخصوصاً في هذه الأيام التي تتجه نحو عصر الذكاء الاصطناعي. **(YOKOGAWA, 2020)**

كما أثبتت التجربة العملية أن الشركات التي تستخدم التكنولوجيات الرقمية في تعزيز التنسيق والتعاون بين العاملين عن بعد، وتطبق إدارة العمليات افتراضياً Virtual Process Management يمكنها مواجهة انعكاسات الأزمات بسرعة وسهولة أكبر. وهذا ما يعزز الثقة لدى الزبائن بقدرة الشركة على تجاوز العقبات التي قد تعترض سير العملية الإنتاجية، والمحافظة على استمرار التزامها بتوريد منتجاتها في الوقت المناسب دون تأخير. **(Abbal, 2020)**

2-12: تعظيم الاستفادة من فرص التكامل بين المصافي المتجاورة

يساهم تطبيق تقنيات التحول الرقمي في تعظيم الفائدة من فرص التكامل فيما بين مصافي تكرير النفط، وفيما بين مصافي النفط ووحدات إنتاج البتروكيماويات، وذلك من خلال الاستفادة من مواطن القوة التي تمتلكها في مواجهة نقاط الضعف التي تعاني منها المصافي أو الوحدات الأخرى التبعة للشركة.

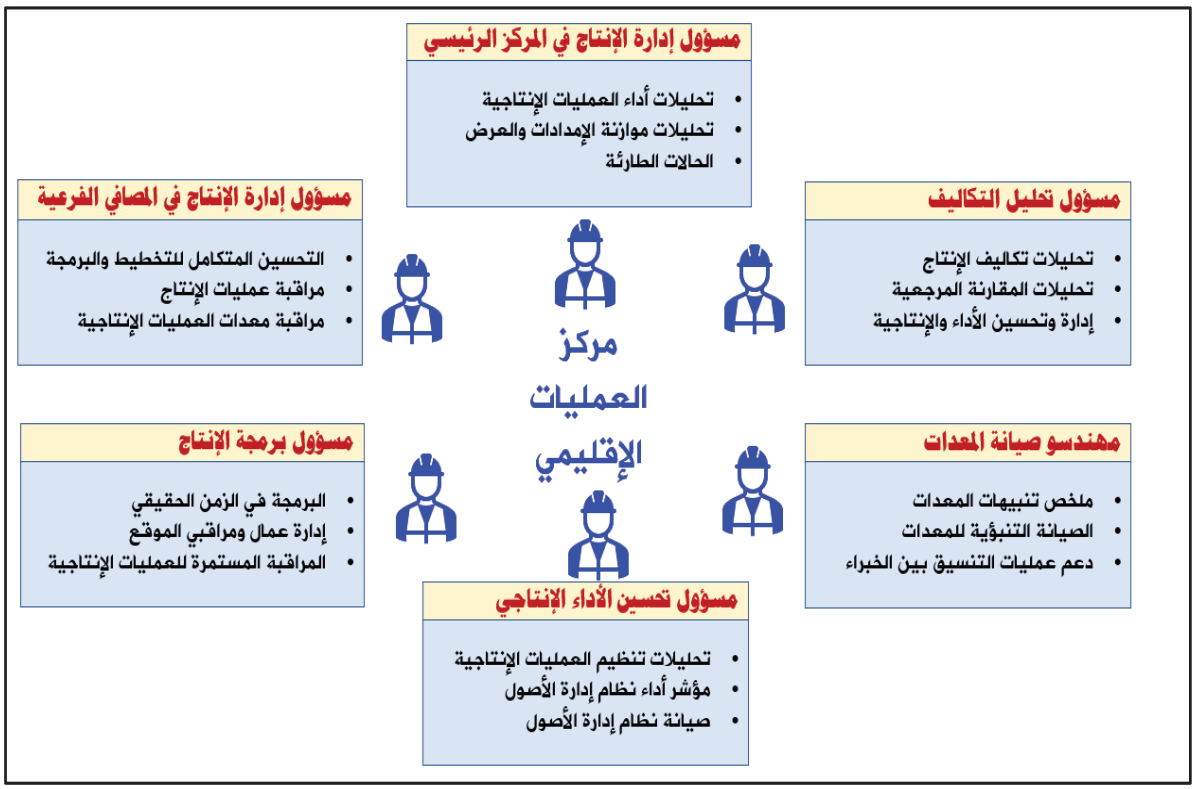
أحد التطبيقات الرقمية المستخدمة في تعظيم التكامل بين المصافي المتجاورة والفروع التابعة لها تطبيق مركز العمليات الإقليمي Regional Operations Center (ROC) الذي يهدف إلى خلق بيئة عمل تعاونية تدمج جميع الموارد اللازمة لتحسين العمليات الإنتاجية وتعزيز الربحية، وذلك من خلال أدوات تحليل البيانات ودعم القرار التي يوفرها التطبيق لمسؤولي إدارة الإنتاج والقائمين على جدولة العمليات الإنتاجية، ومسؤولي نظم التحكم، ومهندسي الصيانة، ومحللي التكاليف.

يقوم مركز العمليات الإقليمي بعدة أدوار، حيث يتركز الدور الأول في تحسين العمليات الإنتاجية من خلال توفير البيانات ذات الصلة بعمليات الإنتاج في الوقت المناسب، بما في ذلك كمية مدخلات النفط الخام، وكمية المنتجات، ومستوى المخزون، وبيانات عمليات صيانة المعدات، ومعدل استهلاك الطاقة، وإجراءات السلامة وحماية البيئة، واتجاهات السوق. **(Qing Wu, Q., & Zhang, D., 2018)**

أما الدور الثاني فهو تقديم تحليلات قياس الأداء، ومراقبة العمليات الإنتاجية. كما يتركز الدور الثالث في الحصول على توقعات الخطر وتحليلات حالات التشغيل الطارئة، وعمليات الصيانة، وحالة المخزون، وظروف الإنتاج غير الطبيعية. بينما يهدف الدور الرابع إلى التحسين الشامل لسلسلة التوريد من خلال تنظيم

عمليات شراء المواد وبيع المنتجات. يبين الشكل 2-9 وظائف مركز العمليات الإقليمي للتكامل بين المصافي المتجاورة.

الشكل 2-9: وظائف مركز العمليات الإقليمي للتكامل بين المصافي المتجاورة



المصدر: **(Qing Wu, Q., & Zhang, D., 2018)**

فعلى سبيل المثال، قامت شركة Irving Oil المالكة لأكبر مصفاة نفط في كندا وهي مصفاة "سانت جون" طاقتها التكريرية 320 ألف ب/ي، بشراء شركة تكرير شمال الأطلسي المحدودة North Atlantic Refining Limited (NARL) التي تعرضت لخسائر باهظة.

تتميز مصفاة "سانت جون" بقدرتها على تكرير أنواع عديدة من النفط الخام نظراً لارتفاع درجة تعقيدها التكنولوجي. أما مصفاة NARL فهي متوسطة الحجم طاقتها التكريرية 130 ألف ب/ي، وتعاني من مشكلة ارتفاع تكاليف التشغيل بسبب استخدامها النفط كوقود بدلاً من الغاز الرخيص الثمن، والمصفاة مصممة لتكرر النفط الخفيف والمتوسط، ولديها القدرة على إنتاج مشتقات نفطية بمواصفات عالية الجودة متوافقة مع النوع المطلوب في الأسواق الأوروبية.

ولتعظيم الاستفادة من التكامل بين المصفاتين كان لابد من إنشاء بعض الوحدات الإنتاجية والخزانات التي تحتاج إلى استثمارات باهظة التكلفة، إلا أن الشركة قررت تطبيق التقنيات الرقمية لتفادي توظيف تلك الاستثمارات. وفيما يلي بعض تقنيات التحول الرقمي التي طبقت لتعظيم الفائدة من فرص التكامل بين المصفاتين.

- **تطبيق الحوسبة السحابية للاستفادة من فائض زيت الوقود المنتج من مصفاة NARL**

لحل مشكلة صعوبة تصدير فائض زيت الوقود المنتج من مصفاة NARL يجب نقله إلى مصفاة سانت جون لإعادة تكريره، وبالتالي يمكن الاستفادة من الطاقة الفائضة للوحدات التحويلية في المصفاة. ولتحقيق ذلك تحتاج مصفاة سانت جون إلى شراء نفط خام خفيف للمزج مع زيت الوقود الوارد من مصفاة NARL لتكوين مزيج ملائم كلقيم لوحدات المصفاة، وهذا يتطلب استخدام برنامج معقد يعتمد على مبدأ البرمجة الخطية Linear Programming، ولتفادي دفع تكاليف شراء البرنامج لجأت الشركة إلى استخدام الحوسبة السحابية والتي يستخدمها العديد من مصافي النفط في الولايات المتحدة الأمريكية.

- **استخدام التحليلات المتقدمة في تعظيم عمليات مزج المنتجات**

يمكن الاستفادة من قدرة مصفاة NARL على إنتاج مشتقات ذات مواصفات تفوق متطلبات الأسواق من خلال مزجها مع منتجات المصفاة الثانية، أو من خلال شراء منتجات رخيصة. واتخاذ القرار المناسب يحتاج لإجراء حسابات معقدة للعديد من المتغيرات التي تستغرق الكثير من الوقت والجهد، مثل معدلات الطلب على المنتجات، وحجم الناقلات، وتكلفة المزج، وسعة الخزانات المتوفرة، ومتغيرات أخرى عديدة يمكن الحصول عليها بسهولة ودقة باستخدام تقنية التحليلات المتقدمة.

- **مزامنة عمليات الصيانة الدورية مع مواعيد توقيف الوحدات الإنتاجية**

يمكن الاستفادة من التكامل بين المصفاتين في اختيار الوقت المناسب لتوقيف إحدى المصفاتين لإجراء الصيانة الدورية في الوقت الذي تقوم المصفاة الأخرى بتلبية طلبات الزبائن من المنتجات النفطية. وللاستفادة القصوى من هذه الميزة تم استخدام التقنيات الرقمية لتحليل الظروف الملائمة من حيث توفر المعدات اللازمة لإجراء عمليات الصيانة، ودراسة حجم الطلب على المنتجات النفطية وتقلبات الأسواق.

الفصل الثالث

إجراءات تطبيق التقنيات الرقمية في صناعة التكرير والبتروكيماويات

3-1: مقدمة

إن تطبيق التقنيات الرقمية لتحسين الأداء التشغيلي والاقتصادي في صناعة التكرير والبتروكيماويات ليس جديداً، بل يعود إلى ثمانينيات القرن المنصرم، وخصوصاً في عمليات إدارة الموارد، وتحسين السلامة المهنية، ورفع الكفاءة الإنتاجية. كما تمتلك العديد من مصافي النفط ومصانع البتروكيماويات تطبيقات تعتمد على مبادئ تحليل البيانات، إلا أنها تقدم إجابات قديمة على أسئلة قديمة، مثل "كيف يمكن تخفيض عدد أيام توقف الإنتاج بمقدار 4%، أو تخفيض النفقات بمقدار 2%، بينما تقدم التقنيات الرقمية إجابات أعمق عن العديد من الأسئلة. فعلى سبيل المثال، يمكن لمدراء المصافي استخدام كمية هائلة من البيانات لاستكشاف مشكلات تتعلق بإدارة أعمالهم لم يسبق لهم ان تعاملوا معها، او حتى سبق ان تعرفوا عليها.

3-2: دوافع تطبيق التقنيات الرقمية في صناعة التكرير والبتروكيماويات

يتركز اهتمام القائمين على صناعة التكرير والبتروكيماويات نحو تحسين الأداء والربحية من خلال التوظيف الأمثل للبيانات الضخمة التي يتم تجميعها، والاستفادة منها في تحسين ظروف الصحة والسلامة المهنية، وحماية البيئة، والمحافظة على سلامة الأشخاص والمعدات.

تعد التقنيات الرقمية إحدى الأدوات الهامة المساعدة على تطوير أداء صناعة التكرير والبتروكيماويات بكافة مراحلها، مثل تطبيقات إدارة سلامة الأصول، وتقليل زمن وعدد التوقفات غير المبرمجة باستخدام التحليلات في الوقت الفعلي، وبرامج الصيانة التنبؤية، وأتمتة عمليات التخطيط وعمليات الإنتاج، ومراقبة معدلات استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها.

يسعى القائمون على صناعة التكرير والبتروكيماويات إلى البحث عن طرق جديدة لتعزيز الاستفادة من تقنية تحليل البيانات في الوقت الحقيقي، وتحسين الأداء التشغيلي وزيادة العمر التشغيلي للمعدات، وذلك من خلال استبدال النظم اليدوية بالتقنيات الرقمية، وتطبيقها في المجالات الرئيسية كعمليات التشغيل والصيانة وتحسين الموثوقية والسلامة المهنية. وهذا يتطلب مواجهة الاعتبارات التقنية والثقافية التقليدية والقديمة. فعلى سبيل المثال، في معظم الحالات يجري تجميع البيانات وتحليلها على مستوى الأصول، أو الوحدات الإنتاجية، أو على مستوى المصفاة بشكل عام، بينما لم يكن من المتبع تجميع وتحليل البيانات على مستوى صناعة التكرير، أو حتى الصناعة البترولية بكافة مراحلها، حيث يمكن للشركات دراسة عوامل الارتباط بين الأجزاء أو الوحدات، وتحليلها بشكل متكامل، وبالتالي تمكين المحللين من البحث عن فرص التكامل بين كافة المنشآت التابعة للصناعة البترولية.

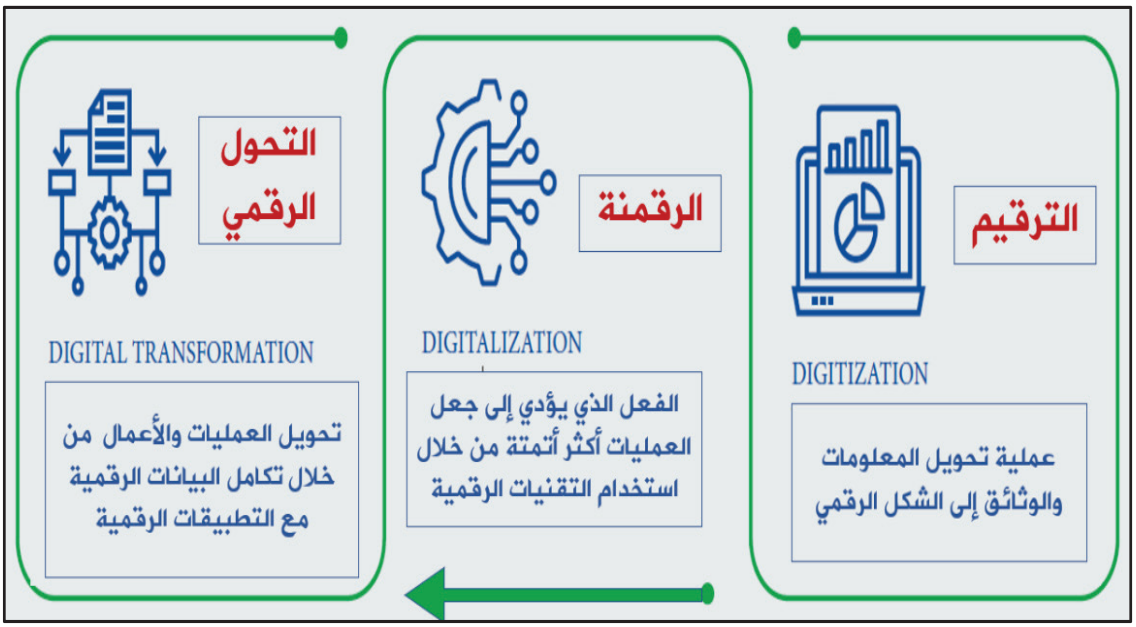
3-3: مراحل تطبيق التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات

تعتمد طريقة تطبيق التحول الرقمي على حجم الشركة ونظرتها للوصول إلى التميز التشغيلي، فمنها ما يعتبر التميز التشغيل في زيادة الصادرات، ومنها ما يعتبره في زيادة الطاقة الإنتاجية، أو مدى تطبيق الابتكارات الرقمية، أو تقنيات المراقبة عن بعد، أو تطبيق العمليات الذاتية التحكم Autonomous operations **(YOKOGAWA, 2020).**

قد يكون من الأفضل تنفيذ مشروع التحول الرقمي في مرحلة واحدة وبوقت واحد، وذلك للحصول على أعلى فائدة ممكنة من التقنيات الرقمية، وذلك من خلال التركيز على كافة قضايا التشغيل على مستوى المصفاة. فبمجرد إجراء التحسينات لحل المشكلة الأولى، تنتقل الفائدة إلى العنصر التالي في القائمة، مما يؤدي في النهاية إلى تحسينات ملموسة على مستوى المصفاة. **(Carugo, 2020)**

إن التحول الرقمي ليس مجرد عملية يمكن إنجازها لفترة محددة، إنما هو نظام عمل دائم يتكون من ثلاث مراحل، على النحو المبين في الشكل 3-1.

الشكل 3-0: المراحل الأساسية لعملية التحول الرقمي



المصدر: **YOKOGAWA, 2020**

تبدأ عملية التحول الرقمي بمرحلة الترقيم Digitization، وهي عملية تحويل المستندات الفيزيائية إلى وسائط رقمية، ويتم في هذه المرحلة إعداد العناصر الأساسية المكونة لاستراتيجية طويلة الأمد للتحول الرقمي. تأتي بعدها المرحلة الثانية، وهي مرحلة الرقمنة Digitalization التي تهدف إلى اختيار النظم والتكنولوجيات الرقمية التي يمكن أن تساهم في تحسين العمليات الإنتاجية. أما المرحلة الثالثة فهي مرحلة التحول الرقمي Digital transformation والتي تتضمن إعداد نماذج المحاكاة، وتطبيق التكنولوجيات الرقمية على العمليات الإنتاجية. **(YOKOGAWA, 2020)**

3-4: عوامل نجاح مشروع التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات

تواجه عملية التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات تحديات عديدة، من أهمها الخوف من الاستغناء عن الأيدي العاملة القديمة لتحل محلها الروبوتات والتقنيات ذاتية التحكم، وثقافة الخوف من التغيير، علاوة على مخاوف التعرض للهجمات الإلكترونية، أو حدوث أخطاء ناتجة عن عدم القدرة على التعرف على طبيعة وخصائص النظام الرقمي.

على الرغم من أهمية التكنولوجيا في عملية التحول الرقمي، إلا أنه لا يمكن الاعتماد عليها وحدها في إدارة أي مشروع يتضمن تطبيق تكنولوجيا المعلومات. فالاستثمار في التكنولوجيا وحدها أمر باهظ

التكلفة، ولا يحقق النتائج المرجوة، إذا لم يترافق مع تحديد دقيق وواضح لأهداف المشروع أو العائد على الاستثمار ROI بحيث يتمكن المستثمر من تحديد الجدوى الاقتصادية من المشروع أو الحصول على التمويل اللازم. وللحصول على الفائدة القصوى من تطبيق التحول الرقمي يجب الأخذ بالاعتبار العوامل التالية: **(World Economic Forum, 2017)**

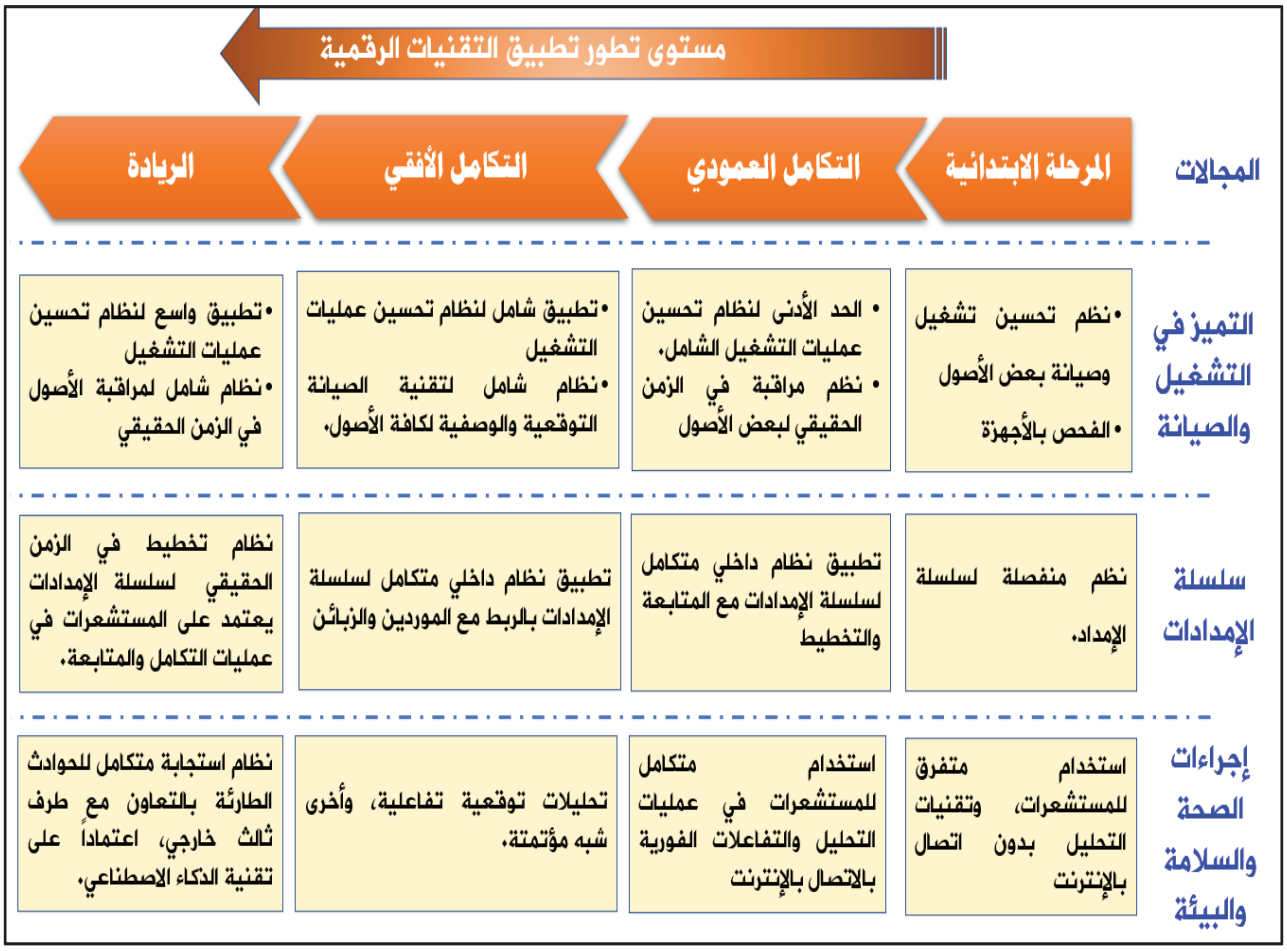
- صياغة الأهداف المنشودة قبل البدء بالمشروع، وتحديد الأولويات التي تمثل للمصفاة أهمية وقيمة قصوى، مثل سلامة تشغيل عمليات التكرير، والتميز في إجراء أعمال الصيانة، وإدارة توريد المواد الخام، وتطبيق خدمات الصحة والسلامة والأمن والبيئة الذكية، ومكافحة الحرائق.
- بناء قدرات العاملين وتمكينهم من التعامل مع تكنولوجيا التحول الرقمي في مختلف أنشطة الشركة، وخبرة التعامل مع البيانات والتحليلات، وهندسة التكنولوجيا، والأمن السيبراني.
- إجراء تقييم للوضع الحالي لمستوى تطبيق التكنولوجيا الرقمية واختيار البرامج الأكثر ملاءمة لطبيعة عمل الشركة من حيث المرونة وقابلية التطبيق وتحقيق الاستفادة القصوى من البيانات المتوفرة.
- دراسة الصعوبات والمعوقات التي يمكن أن تواجه عملية التنفيذ، وكيف يمكن التغلب عليها.
- الأخذ بالاعتبار أن كل من الموارد البشرية والعمليات الإنتاجية، والتكنولوجيا هي منظومة واحدة متكاملة فيما بينها ومتوافقة مع رؤية الشركة وخطة عملها.

أما أهم الشروط التي يجب توفرها لنجاح التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات فتتركز فيما يلي:

3-4-1: تقييم المستوى الحالي لتطبيق التقنيات الرقمية

إن أول مرحلة يجب على فريق العمل المسؤول عن تطبيق مشروع التحول الرقمي هي تحديد الوضع الحالي في الشركة، ومدى التقدم الذي تحقق في مجال تطبيق التقنيات الرقمية في كافة مجالات العمل. يبين الشكل 3-2 مستويات تطبيق التقنيات الرقمية في صناعة التكرير والبتروكيماويات.

الشكل 3-2: مستويات تطبيق التقنيات الرقمية في صناعة التكرير والبتروكيماويات



3-4-2: إعداد خطة استراتيجية محكمة

قبل البدء بتنفيذ مشروع التحول الرقمي لابد من إعداد خطة عمل تبين أولويات المشروع، وتحدد الفوائد المتوقعة من تنفيذ المبادرات الرقمية المتعلقة بتحسين العمليات الإنتاجية وتعزيز نظام الأتمتة فيها. فعلى سبيل المثال، بفرض أن مصفاة قررت تنفيذ مشروع تحسين سلامة الأصول Asset Integrity Improvement، لا يمكن تبرير الاستثمارات اللازمة لتطبيق نظم الذكاء الصناعي المعتمد على النظام السحابي المتقدم، ومنصة التحليلات الرقمية دون إعداد دراسة تبين دور تطبيق التكنولوجيا في تخفيض تكاليف الصيانة. كما يجب ربط المبادرات الرقمية بشكل دائم مع الخطة الاستراتيجية الشاملة لأعمال الشركة، وأن تظهر القيمة التي ستضيفها إلى المصفاة. **(Robert, 2020)**

تعتبر عملية التخطيط الاستراتيجي من أهم عوامل نجاح تنفيذ المشاريع بالشكل الصحيح، ويمكن تقسيم الخطة الاستراتيجية للتحول الرقمي إلى خمس خطوات، هي: **(Burke, 2021)**

- صياغة الرؤية
- تحليل السوق
- تقييم الوضع القائم
- تعديل البنية التحتية بما يتناسب مع متطلبات التحول الرقمي.

3-4-3: تحديد مؤشرات قياس الأداء الرئيسية

لضمان نجاح التحول الرقمي لابد من إعداد مؤشرات أداء رئيسية لقياس مدى نجاح تنفيذ المشروع، منها على سبيل المثال، مقدار خفض النفقات، ومعدل تحسين الإنتاجية، ونسبة تقليل عدد أيام التوقفات غير المخططة، وعدد الحوادث وإصابات العمل التي تقع في السنة.

تبدأ عملية إعداد مؤشرات الأداء الرئيسية بتوجيه الأسئلة التالية:

- ما الذي يجري قياسه حالياً؟ قد يكون مثلاً عدد أيام التوقفات الاضطرارية للعمليات الإنتاجية، أو عدد الإصابات في السنة، أو نسبة الإنتاج الفعلي إلى الطاقة التصميمة، أو معدل استهلاك الطاقة لكل برميل نفط مكرر....
- أين نحن الآن؟
- ما هو هدفنا المستقبلي؟

3-4-4: نشر الثقافة الرقمية بين العاملين

تعتبر ثقافة الشركة إحدى أكبر التحديات التي تواجه عملية التحول الرقمي، فعلى سبيل المثال، يسود اعتقاد خاطئ لدى العديد من إدارات شركات التكرير والبتروكيماويات هو أن مشروع التحول الرقمي يرتبط فقط بتطوير منظومة أجهزة التحكم أو تكنولوجيا عمليات التصنيع المطبقة في الشركة، بينما يغفل الكثيرون عن دور قدرة الشركة على التعامل مع هذه التغيرات.

تعتمد قدرة الشركة على التعامل مع التغيرات الحديثة على ثقافة الشركة وقيام الإدارة بالتواصل مع كافة العاملين في الشركة لتقصي طريقة تفكيرهم، وشرح أهمية تطبيق مشروع التحول الرقمي، والفوائد التي يمكن أن يقدمها للشركة ولهم شخصياً. حيث إنه من الطبيعي أن يعارض العاملون أي محاولة للتغيير في النظام إلا إذا تأكدوا أن التغيير سينعكس بالفائدة عليهم. **(LOMAS, 2019)**

فعلى سبيل المثال، أظهرت نتائج تطبيق برنامج التحول الرقمي في مصفاة هينريك Henrique في مدينة "سامباولو" البرازيلية، طاقتها التكريرية 252 ألف ب/ي، أهمية تعزيز دور العاملين في نجاح المشروع الذي يهدف إلى تعظيم الاستفادة من بيانات التشغيل في تحسين الأداء التشغيلي، وذلك من خلال تنفيذ الإجراءات التالية:**(Silva & Laidens, 2020)**

- أثناء تنفيذ برنامج التحول الرقمي أدركت إدارة المصفاة أن تعزيز التفاعل بين الإدارات وتسريع تدفق المعلومات والبيانات التي تساهم في اتخاذ قرارات صحيحة لا يمكن أن يتحقق باستخدام التكنولوجيات الرقمية دون الاهتمام بالكادر البشري الذي سيتولى تنفيذ المشروع. ولتحقيق هذه الغاية قامت إدارة الشركة بتشكيل مجموعات عمل لشرح أهمية برنامج التحول الرقمي بالنسبة للمصفاة بشكل عام والفائدة التي يمكن أن تنعكس عليهم بشكل خاص، ودور كل فرد منهم في تحقيق هذه الأهداف.
- القيام بحملات توعية لتحفيز مدراء الأقسام والعاملين في المصفاة وإقناعهم بأهمية تنفيذ برنامج التحول الرقمي من خلال توضيح النتائج التي ستتحقق من تنفيذ البرنامج في حل المشكلات القائمة التي تواجه سير العملية الإنتاجية، مع التركيز على المشكلات التي يتعاملون معها بشكل متكرر.
- توحيد البيانات الواردة من فرق العمل المشتركة، وجمعها في لوحة عرض واحدة تظهر للجميع مدى تفاعل فرق العمل المختلفة مع البيانات، وبالتالي تعزيز القناعة لدى الجميع بحقيقة الفوائد التي ستتحقق من تنفيذ البرنامج في كل مجال من مجالات نشاط المصفاة.
- التدرج في تنفيذ المشروع والبدء بإجراءات بسيطة، ثم الانتقال تدريجياً إلى الإجراءات الأكثر تعقيداً لإعطاء انطباع بأن العملية تسير بسهولة، وبالتالي تشجيع العاملين على المشاركة في تنفيذ البرنامج.

- إعداد خطط بديلة في حال عدم نجاح الخطط الأساسية لإجراءات تنفيذ البرنامج، وبالتالي إعطاء مرونة في تغيير الخطط حسب ما تتطلبه التطورات والأحداث غير المتوقعة.
- تمثيل إدارة تكنولوجيا المعلومات في فريق تنفيذ برنامج التحول الرقمي بهدف الاستفادة من خبراتهم في مجال تجميع وإدارة البيانات.
- إبراز اهتمام الإدارة العليا للمصفاة ببرنامج التحول الرقمي، وإدراج المشروع ضمن الاجتماعات الدورية، بهدف إعطاء انطباع لدى العاملين بأهمية المشروع.

3-4-5: البحث عن المبررات المالية

قد تبدو التكاليف الأولية لتأسيس عملية التحول الرقمي باهظة، لكنها ضرورية ومبررة عندما تدرك إدارة المصفاة مدى الفائدة التي يمكن الحصول عليها بعد إنجاز العملية ووضعها موضع التشغيل. ولذلك فمن الأهمية بمكان تحديد الجدوى الاقتصادية للمشروع ومبررات تخصيص التكاليف المتوقعة للتنفيذ في مرحلة التخطيط.

3-4-6: تأمين الكوادر المختصة بتكنولوجيا المعلومات

إن نقص الكوادر الفنية الماهرة والقادرة على التعامل مع تكنولوجيا المعلومات يعتبر من التحديات الكبيرة التي تعيق نجاح تطبيق مشروع التحول الرقمي. وحيث أن معظم إجراءات تنفيذ المشروع ستتم بمشاركة خبراء تكنولوجيا المعلومات فإن أي نقص في هذه الكوادر سيؤدي إلى إعاقة تنفيذ المشروع.

ولضمان عدم الوقوع في مشكلة نقص الكوادر المختصة اللازمة لتنفيذ مشروع التحول الرقمي يجب اتخاذ الإجراءات التالية: **(LOMAS, 2019)**

- تقييم حجم الأعمال المطلوب تنفيذها من قبل فريق تكنولوجيا المعلومات العامل في الشركة، من خلال مراجعة المهام الموكلة لكل عضو من أعضاء الفريق، وبحث إمكانية أتمتة بعض المهام ما أمكن ذلك، وبحث إمكانية إسناد بعضها إلى أفراد آخرين، حسب الخبرات والمهارات المتاحة، بهدف اختصار الوقت والجهد الذي يبذلونه في تنفيذ المهام الموكلة لهم.

- تحديد النقص في الكوادر اللازمة لتنفيذ مشروع التحول الرقمي وإعداد خطة للتعاقد مع كوادر جديدة بالتعاون مع إدارة الموارد البشرية.
- إعداد خطة للتدريب وتأهيل العاملين وتزويدهم بالمهارات والخبرات الجديدة.

3-4-7: تخصيص الميزانية المالية الكافية

تعتبر عملية إعداد الميزانية المالية لتنفيذ مشروع التحول الرقمي من المهام الصعبة بالنسبة لمعظم مدراء الشركات، نظراً للحاجة إلى استثمار مبالغ مالية ضخمة للحصول على التكنولوجيا المناسبة وتأمين فريق العمل الذي يمتلك الخبرة الرقمية الكافية للتنفيذ. وقد يؤدي ذلك في البداية إلى انخفاض أرباح الشركة، ولكن على المدى الطويل، سيصبح هذا الاستثمار أحد الأسباب الرئيسية لنجاح العمل وتحسين الربحية. كما يؤثر عدم وضوح الميزانية على عملية صنع القرار، وقد يدفع المدراء على التراجع عن تنفيذ المشروع عندما يتعلق الأمر بتمويل التحول الرقمي.

وللتغلب على هذه المشكلة يجب وضع إستراتيجية دقيقة لإعداد الميزانية المالية لمشروع التحول الرقمي لتفادي مشكلة نقص التمويل أو خسارة المشروع. كما يجب الحرص على اتباع نهج تعاوني أثناء التخطيط للميزانية من خلال إشراك الإدارات الأخرى أو ممثليها، واتباع نموذج ميزانية مرن لمواجهة التغيرات الطارئة المحتملة.

3-4-8: استمرار تطوير الخطة الاستراتيجية

إن التطور السريع للتطبيقات الرقمية يتطلب مراجعة مستمرة للخطة الاستراتيجية وتعديلها بما يتوافق مع المستجدات والتطورات، علاوة على تقييم مدى التقدم في إنجاز الإجراءات، وتحديد مواطن القصور، واقتراح الحلول المناسبة لتفاديها في المراحل اللاحقة.

3-4-9: السبق في تطبيق التكنولوجيات الرقمية الحديثة

تعتبر عملية التحول الرقمي إحدى القضايا الاستراتيجية التي تهدف إلى تحسين الأداء من خلال تطبيق تكنولوجيات تتعلق بأنشطة القياس، وتخزين البيانات، وإجراء التحليلات والتصورات Visualization.

وهي الأنشطة التي كانت متبعة في صناعة التكرير والبتروكيماويات منذ عدة عقود مضت، إلا أن التطورات الرقمية الحديثة ساهمت في تسهيل تنفيذ هذه الأنشطة، فعلى سبيل المثال، تم تطوير طرق نقل إشارة الأجهزة الرقمية الذكية السلكية واللاسلكية، بحيث لم تعد مقتصرة على نقل بيانات ظروف التشغيل الأساسية، بل أصبحت تنقل المتغيرات الثانوية والمعلومات الأخرى المتعلقة بتشخيص الأعطال ومعايرة أجهزة التحكم. **(Harrison, 2020)**

3-4-10: التحديث المستمر لمنظومة الأمن الإلكتروني

إن النجاح في عملية التحول الرقمي يحتاج إلى توجيه الاهتمام الكافي لإجراءات ضمان الأمن الالكتروني، حيث أن بعض الشركات الكبرى قد وقعت ضحية لهجمات سيبرانية نتيجة تساهلها في تنفيذ إجراءات الحماية.

بعض مدراء الشركات يعتبرون الهجمات السيبرانية من التحديات التي تبرر عدم المضي قدماً في مشروع التحول الرقمي، بينما يعتبرها آخرون أحد العوامل والأسباب التي تثبت أهمية تسريع مبادرات التحول الرقمي، والعمل على إعطاء الأولوية لاتخاذ الإجراءات الوقائية، والاستفادة من المزايا التي يمكن الحصول عليها من التقنيات الرقمية الحديثة. **(Garibi, 2020)**

إن ضخامة حجم البيانات التي نتجت عن التحول الرقمي في الصناعة بشكل عام، وفي صناعة التكرير والبتروكيماويات بشكل خاص، نظراً لدمج تكنولوجيا المعلومات مع تكنولوجيا التشغيل، أدى إلى ظهور تحديات جديدة يأتي في مقدمتها مشكلة الهجمات الإلكترونية التي يمكن أن تخترق البيانات وتستخدمها بطرق غير قانونية. **(Siemens, 2020)**

تحظى قضية الأمن السيبراني اهتماما كبيراً من قبل الحكومات لحماية المعلومات الثمينة من الاختراق أو السرقة، أو الاستخدام غير القانوني. ومع تطور التقنيات الرقمية وانتشار استخدامها تزداد خطورة الهجمات السيبرانية التي يقوم بها قراصنة لأسباب مالية او استراتيجية.

إن الشركة التي تتعرض لهجمات الكترونية تتحمل خسائر هائلة ناتجة عن إفساد البيانات وتخريب المنظومات وضياع سمعة وهيبة الشركة وثقة الزبائن بها إلى الحد الذي يمكن أن يؤدي إلى إفلاسها. وهذا

ما دفع العديد من الشركات العامة والخاصة في العالم إلى إنفاق ملايين الدولارات خلال السنوات القليلة الماضية لتقوية دفاعاتها السيبرانية لحماية منظوماتها الرقمية من الاختراق، وخصوصاً المنظومات التي تعتمد على شبكة الإنترنت، وذلك من خلال ضمان الخصائص الأساسية التي يجب أن تحققها منظومة الأمن السيبراني للبيانات، وهي السرية، والحصانة، والجاهزية، والأصالة، وعدم التنصل، والخصوصية. **(Ustundag & Cevikcan, 2018)**

- **السرية:** Confidentiality وهي القدرة على إخفاء المعلومات وحمايتها من الأشخاص غير المخولين بالاطلاع عليها.
- **الحصانة:** Integrity وتعني أن البيانات محصنة من أخطار الولوج إليها وتعديلها من قبل الأشخاص غير المخولين بذلك.
- **الجاهزية:** Availability وهي إمكانية الدخول إلى البيانات من أي مكان أو زمان يحتاج إليها المستخدم.
- **الأصالة** :Authenticity وهي خاصية عدم السماح لأي شخص أو هيئة أن تقوم بإجراء أية عمليات على الشبكة دون الحصول على إذن.
- **عدم التنصل** :Nonrepudiation يجب أن تتميز خدمات الإنترنت بعدم التنصل من مسؤولية أي خطأ يقع على الزبون.
- **الخصوصية**:Privacy وهي حق الأشخاص والكيانات بمعرفة وتحديد الأشخاص أو الكيانات تتم مشاركة بياناتها معها.

وللوقاية من أخطار التعرض للهجمات السيبرانية يمكن للشركة أن تتخذ بعض الإجراءات الاحترازية، من أهمها: **(Ervural, 2020)**

- استخدام جدار ناري لتفادي السماح بالاتصال المباشر مع آلات شبكة التحكم سواء الشبكات الداخلية أو الإنترنت، حيث يمكن أن يجد قراصنة الهجمات الإلكترونية ثغرة للدخول إلى نظم التحكم بالتوصيلات الصناعية، والقيام بعمليات إتلاف للمعدات والأجهزة. ولهذا يجب إزالة أي

قنوات اتصال بين المركز وبين الأجهزة في منظومة التحكم أو الأجهزة الأخرى في الشبكة لتخفيض فرص الدخول إلى المنظومة.

- استخدام برمجيات الجدار الناري أو جهاز يقوم بفلترة الإشارات العابرة من وإلى الأجزاء المختلفة للشبكات الداخلية، أو ما بين الشبكات الداخلية والإنترنت.
- العمل على خفض عدد التفرعات في الشبكات الداخلية ما أمكن ذلك، وتطبيق بروتوكولات حماية لكافة التفرعات.
- مراقبة حركة عبور الاتصالات للكشف عن أية إشارات غير عادية يمكن أن تؤدي إلى معرفة مصدر الاختراق وتفادي انعكاساته.
- استخدام نظام منح الموافقة على الدخول إلى الشبكات للتأكد من سلامتها قبل الموافقة على إدخالها.
- تطبيق كلمة مرور قوية، وعدم استخدام البيانات الشخصية كتاريخ الميلاد أو رقم الهاتف الشخصي، والحرص على تغيير كلمة المرور باستمرار لإفشال محاولات القراصنة من الدخول إلى الشبكة من خلال البرامج التي تعتمد على اختبار ملايين المحاولات، فكلما قصرت الفترة الزمنية الفاصلة بين تغيير كلمة المرور تنخفض فرص نجاح القراصنة في استخدام تلك البرامج.
- تدريب العاملين حول طرق الوقاية من الاختراق الإلكتروني، إجراءات تعزيز أمن الشبكات من الهجمات الإلكترونية، وخصوصاً بالنسبة للأجهزة المحمولة كالهاتف النقال والكومبيوتر المحمول التي يمكن سرقتها بسهولة.

3-5: مستقبل التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات

تصنف صناعة تكرير النفط بأنها إحدى أكثر الصناعات تطوراً من حيث استخدامها للتطبيقات الرقمية مقارنة بالصناعات الأخرى، حيث أن أتمتة عمليات التكرير في مصافي النفط بدأت منذ زمن بعيد. واليوم مع تركيز العالم على إنترنت الأشياءIOT يتوقع ان تدخل صناعة التكرير والبتروكيماويات عصراً جديداً من الابتكارات الرقمية.

أظهرت نتائج استبيان نظمته مؤسسة أكسينتشر Accenture الأمريكية في عام 2018 أن نسبة مصافي تكرير النفط التي صنفت نفسها على أنها قد وصلت إلى مرحلة النضج، أو أنها اقتربت من مرحلة النضج في تطبيق التكنولوجيا الرقمية ارتفعت إلى 48% مقارنة بنسبة 44% في عام 2017. كما أشار الاستبيان إلى أن المصافي لا تزال تستثمر في التكنولوجيات الأخرى مثل النظم المتقدمة لأجهزة التحكم بالعمليات، ونظم التحليلات، والإنترنت الصناعي للأشياء، وأدوات الأمن السيبراني، بينما لا يزال الاستثمار في مجال الذكاء الاصطناعي، واستخدام والروبوتات في عمليات التحكم الذاتي عن بعد لا يزال ضعيفاً. **(Lorenz, Pfeiffer, Leingang, & Oppelt, 2020)**

تعتبر عملية التحول الرقمي في صناعة التكرير رحلة نحو تطبيق العمليات الذاتية التحكم Autonomous processes. فالتكنولوجيات الحديثة مثل الروبوتات، والذكاء الاصطناعي، والواقع المعزز augmented reality كلها تساهم في تطوير عمليات الأتمتة، والعمليات التي تتم عن بعد، أو بدون تدخل الإنسان. فإبعاد الإنسان عن العمليات الخطرة يتطلب أتمتة كل من عمليات التشغيل والصيانة وإدارة الحوادث الطارئة. **(Siemens, 2020)**

تعرف العمليات الذاتية التحكم Autonomous بأنها منظومة تتكون من معدات وعمليات يمكن برمجتها لتمتلك قدرات تعلم وتكيف شبيهة بالإنسان، تسمح لها بالقيام بأعمال ومهام في مواقف لم تكن مبرمجة مسبقاً أو متوقعة في التصميم، ويمكن لهذه المنظومة القيام بجميع وظائف الوقاية من الأخطار دون تدخل المشغل. يتطلب تطوير العمليات الذاتية التحكم في مستقبل إنشاء بنية تحتية رقمية تغطي العملية بأكملها، وتؤمن دمج وتكامل البيانات والأجهزة الذكية والبرمجيات بالشكل الذي يحقق المستوى المطلوب من الكفاءة والمرونة والقدرة على التكيف. **(Agnihotri, 2018)**

كما تناول التطور أيضاً مجال التحليلات Analytics فقد كانت عملية تحليل البيانات تحتاج إلى إجراءات طويلة وعمليات يدوية يقوم بها خبراء تشغيل الوحدات الإنتاجية باستخدام أدوات غير فعالة كالسجلات الورقية. أما اليوم فقد توفرت تطبيقات تعتمد على برمجيات مصممة بشكل خاص لتقييم أداء المعدات وأجهزة العمليات الإنتاجية، يمكنها القيام بإجراء التحليلات بشكل آلي، مثل تقييم كفاءة المبادلات الحرارية والمضخات والضواغط، وحتى إمكانية تقييم كفاءة استخدام الطاقة على مستوى كافة وحدات

المصفاة، حيث أصبحت متاحة بشكل سهل ومن أي مكان في العالم من خلال أي جهاز يمكن الولوج فيه إلى متصفح الإنترنت، مثل أجهزة الهاتف النقال الذكي، والكومبيوترات اللوحية بعد أن كانت محصورة في غرفة التحكم. **(Agnihotri, 2018)**

كما يتوقع حدوث تطورات كبيرة في مجال تخفيض تكاليف تخزين البيانات نتيجة التقدم التكنولوجي في تطبيقات الحوسبة السحابية Cloud Computing.

تعمل كل هذه التطورات وغيرها على توسيع نطاق التحول الرقمي من أتمتة وتحسين عمليات الإنتاج الأساسية إلى تحقيق التميز التشغيلي، ورفع مستوى السلامة المهنية وجاهزية المعدات والوحدات الإنتاجية.

3-6: تطورات التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات في الدول العربية

تصنف صناعة التكرير والبتروكيماويات في المنطقة العربية بأنها كانت بطيئة في التحول الرقمي مقارنة بشركات النفط العالمية، على الرغم من بعض الاستثناءات في بعض الدول التي تقوم بإنشاء مصاف جديدة، والتي تمتلك مجمعات تكرير مخصصة لتصدير المنتجات البترولية إلى الأسواق الخارجية. كما شهدت صناعة التكرير والبتروكيماويات في بعض الدول العربية عدداً من المبادرات نحو تطبيق التقنيات الرقمية في مجالات محدودة، كالمراقبة عن بعد، واستخدام الروبوتات والذكاء الاصطناعي، وعمليات الصيانة الدورية، والتخطيط والبرمجة، وتنظيم الدورات التدريبية الافتراضية، وذلك بهدف تحسين كفاءة العمليات الإنتاجية، وخفض الانبعاثات الملوثة للبيئة، وتحسين مستوى الالتزام بمتطلبات الصحة والسلامة المهنية، وعمليات صيانة المعدات المهمة. **(GDA, 2019)**

ومن هذه الشركات ما حقق تقدماً كبيراً في هذه المجال، نظراً لامتلاكها إدارات للبحث والتطوير والابتكار، مدفوعة بعوامل تحسين قدرتها على مواجهة التحديات الناتجة عن تنامي شدة المنافسة في الأسواق العالمية. وتتركز هذه الشركات في الدول الأعضاء في أوابك التي تعتمد على تصدير المنتجات النفطية إلى الأسواق الخارجية، مثل دولة الإمارات العربية المتحدة، ومملكة البحرين، ودولة قطر، والمملكة العربية السعودية، ودولة الكويت، وسلطنة عمان.

3-6-1: تجربة التحول الرقمي في شركة بترول أبو ظبي الوطنية "أدنوك"

نفذت شركة أبو ظبي الوطنية مشروع مركز بانوراما القيادة الرقمية Panorama Digital Command Center الذي يهدف إلى الحصول على رؤى شاملة حول سير العمليات الإنتاجية في الزمن الحقيقي، وفرص تحسين أداء العمليات الإنتاجية، وذلك من خلال تطبيق نموذج تخطيط الإنتاج المتكامل Integrated Production Planning الذي يدمج 14 وحدة تابعة للشركة تعمل في مجال النفط والغاز، بما في ذلك وحدات معالجة الغاز الطبيعي ومصافي تكرير النفط وصناعة البتروكيماويات. **(Aveva, 2020)**

من أهم الفوائد التي حصلت عليه الشركة نتيجة تنفيذ المشروع إعطاء المشغلين الثقة والقدرة على اتخاذ القرارات الخاصة بتعظيم الأداء التشغيلي، من خلال توفير إمكانية مراقبة مؤشرات الأداء الرئيسية عبر 120 لوحة عرض تظهر حوالي 200000 نقطة بيانات، بالإضافة إلى إجراء عمليات تحليل البيانات التنبؤية، والتخطيط والجدولة Planning and Scheduling، والحصول على إرشادات للمشغلين حول فرص ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها. ومن المتوقع أن يصل العائد من عملية تشغيل نموذج واحد إلى حوالي 60 - 100 مليون دولار أمريكي. **(Martins, 2020)**

3-6-2: تجربة التحول الرقمي في الهيئة الوطنية للنفط والغاز – مملكة البحرين

تولي الهيئة الوطنية للنفط والغاز اهتماما بالغا في تعزيز دور التحول الرقمي في قطاع النفط والغاز بمملكة البحرين، وذلك عبر استخدام البيانات الضخمة، والذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء الصناعي، وغيرها من التقنيات الحديثة التي سوف تحدث نقلة واسعة في العمليات الخاصة بالشركات النفطية المنضوية تحت إشراف الهيئة. فعلى سبيل المثال قامت شركة تطوير للبترول[1] بإنشاء أول منصة للبيانات الضخمة باستخدام الحوسبة السحابية من خلال جمع البيانات الخاصة بجميع المنصات المتعلقة بإنترنت الأشياء، وذلك لاستخدامه في عملية تعليم الآلة Machine Learning في مجال إصدار التقارير التنبؤية

[1] تعتبر شركة تطوير للبترول بمثابة ذراع الاستثمار والتطوير للهيئة الوطنية للنفط والغاز، وتساهم بدور أساسي في الإشراف على استثمارات الحكومة في الشركات التابعة لقطاع الطاقة.

بوجود الأعطال والقيام ببرمجة أعمال الصيانة قبل حدوث أي مشكلة، إضافة إلى مشروع الكشف عن وجود المستحلبات في النفط الخام بتطبيق تقنية الذكاء الاصطناعي.

3-6-3: تجربة التحول الرقمي في مجمع تكرير وبتروكيماويات توتال وأرامكو السعودية SATORP-المملكة العربية السعودية

يصنف مجمع تكرير وبتروكيماويات توتال وأرامكو السعودية "ساتورب"[1] بأنه أحد المجمعات التابعة لشركة أرامكو السعودية والذي يتمتع بتطبيق أعلى مستويات التكنولوجيا في مجال عمليات التكرير والتحكم بظروف التشغيل، واستخدام التقنيات الرقمية لتحقيق التميز التشغيلي.

بدأ تشغيل المجمع عام 2014 ويحتوي على مصفاة لتكرير النفط الثقيل المنتج في المملكة بطاقة تكريرية قدرها 440 ألف ب/ي، متكاملة مع وحدات لإنتاج بتروكيماويات عالية الجودة، وهو شركة مشتركة بين أرامكو السعودية وشركة توتال الفرنسية.

من التقنيات الرقمية المطبقة لتحسين الأداء التشغيلي وخفض تكاليف التشغيل وتعظيم استرداد رأس المال في مجمع تكرير وبتروكيماويات توتال وأرامكو السعودية "ساتورب" برامج متابعة سلامة عمل الأصول، وتحسين إجراءات الصيانة الوقائية والتنبؤية والتصحيحية للوحدات الأساسية كوحدات تقطير النفط الخام، والتكسير الهيدروجيني واسترجاع الكبريت، ووحدة إنتاج العطريات، ووحدة التكسير بالعامل الحفاز، وخزانات النفط والمنتجات النفطية، والوحدات المساندة الأخرى، علاوة على استخدام تقنية الروبوتات في تنفيذ عمليات صيانة المعدات في الأماكن الخطرة. **(Mostyn, 2019)**

تجدر الإشارة إلى أن شركة أرامكو السعودية حققت تقدماً ملحوظاً في مجال تطبيق التقنيات الرقمية من خلال مركز الثورة الصناعية الرابعة التابع لها والذي يقدم فرصاً متميزة لتدريب الكوادر على تطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتعليم الآلة، والواقع المعزز، والواقع الافتراضي، والروبوتات والطائرات المسيرة، والتي توفر الحلول التقنية عبر مختلف مراحل سلسلة القيمة في صناعة النفط والغاز. كما يقوم

---

[1] Saudi Aramco Total Refining and Petrochemical Complex

المركز بتطوير فرص تطبيق تقنية البيانات الضخمة، والتحليلات المتقدمة لاستخدامها في البحث عن الحلول الابتكارية، وتوقعات أداء الأصول في المنشآت الصناعية التابعة لشركة أرامكو. فضلاً عن مراقبة المشاريع وإدارة المخزون، وغيرها الكثير من أجل الحد من التكاليف، وتعزيز الكفاءة، وتحسين الالتزام بمتطلبات الصحة والسلامة والبيئة .

3-6-4: تجربة التحول الرقمي في دولة قطر

في إطار خطتها لتنفيذ برنامج التحول الرقمي وبناء اقتصاد قائم على المعرفة، وتعزيز ثقافة الابتكار، وتشجيع المشتركة مع الشركات العالمية، وتحسين الاستفادة من الموارد الطبيعية، وقعت حكومة دولة قطر في عام 2019 عقد شراكة استراتيجية مع شركتي مايكروسوفت وGoogle لإنشاء مراكز بيانات سحابية إقليمية تمكنها من تقديم خدماتها السحابية. سيساهم المشروع في ترسيخ مكانة دولة قطر كمركز رقمي، وتمكين الشركات والمؤسسات والأفراد من الوصول إلى الخدمات السحابية، وتسهيل تنفيذها لمشاريع التحول الرقمي، فضلاً عن تعظيم الاستفادة من الموارد الطبيعية، وبشكل خاص موارد النفط والغاز، وتحسين أداء شركات قطاع الطاقة. **(Gulf Time, 2021)**

3-6-5: تجربة التحول الرقمي في مشروع الوقود النظيف –دولة الكويت

تشهد دولة الكويت توجهاً ملحوظاً نحو تطبيق تقنيات التحول الرقمي في صناعة التكرير والبتروكيماويات في إطار مشروع الوقود النظيف المكون من تطوير مصفاتي "ميناء الأحمدي" و"ميناء عبد الله" القائمتين، لتمكينهما من إنتاج مشتقات بمواصفات متوافقة مع أحدث المعايير العالمية، وإنشاء مصفاة "الزور" الجديدة بطاقة تكريرية قدرها 615 ألف ب/ي، وإغلاق مصفاة "ميناء الشعيبة" طاقتها التكريرية 200 ألف ب/ي، حيث ستطبق في مشروع التطوير أحدث التقنيات الرقمية التي تركز على تعزيز إجراءات الصحة والسلامة المهنية وحماية البيئة، وإعطاء تنبيهات في حال حدوث تغير في ظروف حتى يتمكن المشغل من اتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت المناسب.

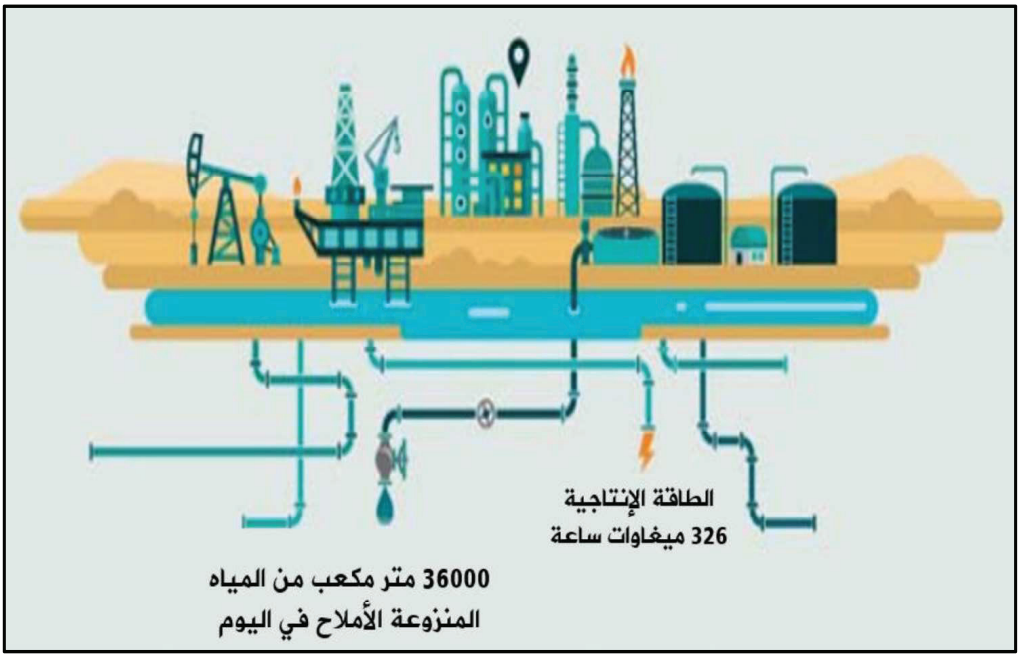
ومن الأمثلة الأخرى على تطبيق التقنيات الرقمية في دولة الكويت محطة تحميل وتفريغ الغاز الطبيعي الجديدة التي تتميز بدرجة عالية من تقنيات التحكم بظروف التشغيل والمحافظة على إجراءات

السلامة، من خلال مستشعرات ترسل تنبيهات إلى المشغل عبر لوحة المراقبة في حال وجود أي تغيرات غير عادية تستوجب تدخل المشغلين. **(البعيجان، راشد، و المزيدي، 2021)**

3-6-6: تجربة التحول الرقمي في مشروع الدقم المتكامل للطاقة والمياه –سلطنة عمان

وقعت سلطنة عمان عقداً طويل الأمد مع شركة سيمنز Siemens الألمانية في عام 2019، بقيمة 229 مليون دولار أمريكي. تتعهد الشركة بموجب العقد تزويد مشروع الدقم المتكامل للطاقة والمياه لمدة 25 سنة بالحلول الرقمية لضمان استقرار إمدادات الطاقة الكهربائية المتولدة من المشروع، وتأمين سلامة عمل معدات محطة توليد الطاقة الكهربائية بالدورة المشتركة Combined Cycle Power Plant التي تتكون من خمس توربينات غازية، وخمس توربينات بخارية، ومنظومة تحكم لتزويد مصافي التكرير ووحدات إنتاج البتروكيماويات بالطاقة الكهربائية والمياه في المنطقة الصناعية. كما يتضمن العقد تقديم حلول الأمن السيبراني لحماية الوحدة من الهجمات الإلكترونية، وضمان جاهزية الأصول، وفي نفس الوقت خفض تكاليف التشغيل والصيانة. **(Duqm Magazine, 2019)** يبين الشكل 3-3 مشروع الدقم المتكامل للطاقة والمياه في سلطنة عمان.

الشكل 3-3: مشروع الدقم المتكامل للطاقة والمياه-سلطنة عمان



المصدر: **(Duqm Magazine, 2019)**

الاستنتاجات والتوصيات

تشهد صناعة التكرير والبتروكيماويات إقبالاً ملحوظاً على تطبيق تكنولوجيا التحول الرقمي نظراً لما لهذه التكنولوجيا من تأثير على تحسين مستوى الأداء والإنتاجية، فيما إذا نفذت بالطريقة الصحيحة، وذلك من خلال دورها في زيادة عدد أيام التشغيل الفعلية، وتحسين مستوى السلامة المهنية، وتفادي وقوع الحوادث الطارئة، علاوة خفض الانبعاثات الملوثة للبيئة، وتعزيز إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها. وفيما يلي أهم الاستنتاجات والتوصيات التي توصلت إليها الدراسة.

- لم تعد النظرة إلى التحول الرقمي على أنه محاولة للتجربة واكتشاف الفوائد، بل أصبح ضرورة حتمية لبقاء الشركات في بيئة أعمال يغلب عليها المنافسة الشديدة.
- ستساهم تكنولوجيا التحول الرقمي في التميز بين الشركات بمقدار نجاحها وسرعة تطبيقها لهذه التكنولوجيا، وفيما يلي أهم الفوائد التي يمكن الحصول عليها من تطبيق التكنولوجيات الرقمية في صناعة التكرير والبتروكيماويات النفط.
  - تحسين الربحية من خلال تطبيق أنظمة التحسين في الزمن الفعلي التي تدمج نظم التحكم بالعمليات الإنتاجية بعملية تخطيط الإنتاج.
  - تحسين كفاءة عمليات الإنتاج من خلال تطبيق الذكاء الاصطناعي في نظم التحكم التقليدية.
  - تحسين موثوقية المعدات والوحدات الإنتاجية وبالتالي خفض فرص حدوث الأعطال، بفضل تطبيق حلول الصيانة التنبؤية التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي وتقنية تعليم الآلة.
  - تبسيط إجراءات ومعاملات تأمين التوريدات، والتخلص من الوسطاء وتسريع الحصول على المواد واللقائم وبتكاليف أدنى.
- تصنف تقنية التحليلات التنبؤية Predictive Analysis في مقدمة المجالات الهامة في صناعة التكرير والبتروكيماويات، وهي طريقة للتنبؤ بوقوع العطل في المعدات قبل حدوثه.
- تعتمد عملية التنبؤ بحدوث الأعطال على تحليل البيانات التاريخية، ليس فقط من موقع واحد، ولكن من مواقع متعددة، لهذا يتعين على الحكومات وضع تشريعات يمكن من خلالها مشاركة البيانات بين مصافي تكرير النفط والوحدات البتروكيميائية القائمة في الدول الأعضاء في أوابك.

- تساهم الحلول الرقمية في تحسين كفاءة عملية إدارة الطاقة من خلال تخفيض معدل استهلاك الطاقة في العمليات الإنتاجية يصل إلى حوالي 7-12% تبعاً لحجم المصفاة وطاقتها التكريرية، علاوة على تخفيض حوالي 2-5% من تكاليف شراء الطاقة نتيجة تحسين عمليات التعاقد والشراء.
- من الفوائد غير المباشرة لتطبيق التقنيات الرقمية في صناعة التكرير والبتروكيماويات، خفض الانبعاثات الملوثة للبيئة نتيجة الكشف المبكر عن بدء حدوث مشكلات التآكل في المعدات والأنابيب التي تحتوي على مواد خطرة، بحيث يمكن اتخاذ الإجراءات الوقائية قبل أن تؤدي إلى تسريب المواد الهيدروكربونية إلى البيئة.

- على الرغم من أهمية التكنولوجيا في عملية التحول الرقمي، إلا أنه لا يمكن الاعتماد عليها وحدها في إدارة أي مشروع يتضمن تطبيق تكنولوجيا المعلومات. فالاستثمار في التكنولوجيا وحدها أمر باهظ التكلفة، ولا يحقق النتائج المرجوة، إذا لم يترافق مع تحديد دقيق وواضح لأهداف المشروع أو العائد على الاستثمار ROI بحيث يتمكن المستثمر من تحديد الجدوى الاقتصادية من المشروع أو الحصول على التمويل اللازم.
- لضمان نجاح النتائج وتحقيق الأهداف المرجوة يجب أن تكون خطة تنفيذ مشروع التحول الرقمي على جداول الأعمال الإستراتيجية لشركات التكرير والبتروكيماويات.
- يحتاج التحول الرقمي، مثل أي تغيير مهم آخر، إلى رعاية واهتمام الإدارة العليا للشركات. وهذا يشمل وضع رؤية واضحة، وتخصيص التمويل والموارد اللازمة، والعمل على نشر الثقافة الرقمية، ودعم ثقافة الابتكار والرغبة في التغيير لدى العاملين في الشركة.
- تعزيز التعاون والتنسيق بين الدول الأعضاء في أوابك، من خلال عقد الاجتماعات التنسيقية والندوات لبحث فرص تطبيق التقنيات الرقمية، وتبادل الآراء والخبرات حول تنفيذ مشاريع مشتركة لتخفيض أعباء التكاليف الاستثمارية المرتفعة التي يمكن أن تتحملها كل مصفاة منفردة.
- إن الافتقار إلى المواهب والكوادر المؤهلة يعوق تطبيق المبادرات الجديدة، وعلى الشركات أن تدرك احتياجاتها من الخبرات والمهارات من خلال تقييم قدرات الموظفين الحالية، وبناء خطة استراتيجية لمعالجة أي نقص في الكوادر بما يتناسب مع المشاريع المستقبلية التي ستنفذها.

المصطلحات والمختصرات

- **أتمتة**: Automation عمل جهاز أو عملية أو نظام بطريقة آلية، كما تعرف الأتمتة بأنها عملية تطبيق التكنولوجيا في المراقبة والتحكم بعمليات التصنيع والإنتاج وتوصيل المنتجات والخدمات إلى الزبائن.
- **أمن سيبراني:** Cyber security إجراءات حماية النظم والبيانات من الاختراق أ الاستخدام غير القانوني من قبل القراصنة.
- **إنترنت الأشياء:** Internet of Things (IoT) قابلية تجميع البيانات من المعدات والآلات.
- **إنترنت الأشياء الصناعي:** Industrial Internet of Things (IIoT) تقنية توفر إمكانية مراقبة العمليات أو أداء المعدات عن بعد، وبالتالي تمنح مهندسي الصيانة فرص أكثر لإجراء التحليلات اللازمة لتحديد المشكلات والتحكم بها قبل حدوثها.
- **تحليلات تنبؤية:** Predictive Analysis طريقة للتنبؤ بوقوع الأعطال في المعدات قبل حدوثها.
- **رقمنة**: Digitalization عملية الانتقال إلى الأعمال الرقمية، أو استخدام التكنولوجيا الرقمية لتحسين إجراءات العمل والحصول على فرص لتعظيم القيمة والربحية.
- **ترقيم:** Digitization، تحويل المواد، سواءً كانت مرئية أو مسموعة أو مقروءة، إلى صيغ رقمية صالحة للتداول على الأجهزة الرقمية والإنترنت، والتخزين على الوسائط الحديثة.
- **التحول الرقمي:** Digital Transformation هي عملية الاستفادة من التكنولوجيا الحديثة بصورة من شأنها تطوير الطريقة التي يتم بها إنجاز المهام، وتحسين الثقافة السائدة في بيئة العمل.
- **حوسبة سحابية:** Cloud Computing تقنية قائمة على الشبكة العنكبوتية، حيث يتم تقديم خدمات عالية الجودة للمستخدمين بما في ذلك البيانات والبرامج من خلال خوادم موجودة في أماكن بعيدة. ويمكن تشبيه الحوسبة السحابية بعملية الاستعانة بخدمات من مصادر خارجية.
- **ذكاء اصطناعي** Artificial Intelligence تعليم أجهزة الحاسوب لتقوم بأعمال مماثلة لما يقوم به الإنسان كالترجمة الآلية، والتعرف على الكلام، واتخاذ القرارات.

- **محاكاة**: Simulation أداة لمراقبة أداء العمليات الإنتاجية في ظروف مختلفة للمصنع، باستخدام البيئة الافتراضية.
- **الواقع المعزز** Augmented Reality (AR) أداة تحليل الوضع الحالي للمعدات تعتمد على التصوير المرئي وبثه إلى خبراء تحليل الأعطال.
- **الفضاء السحابي**: Cloud System إمكانية الوصول إلى البيانات والتطبيقات عبر الإنترنت بدلاً من الأجهزة المحلية، من خلال ما تحتويه من خدمات وتقنيات تقدمها شركات عالمية مثل مايكروسوفت وغوغل وغيرها. (YUKOGAWA, 2020)
- **تحليلات صناعية** Industrial Analytics **هي استخدام البيانات في نظم الإنترنت الصناعي للأشياء بهدف التنبؤ بالأعطال.**
- **التحليلات الصناعية ذاتية** الخدمة Self-service Industrial Analytics هي برنامج مصمم لمساعدة خبراء العمليات على تحليل بيانات ظروف التشغيل، واكتساب رؤى واضحة حول عمليات التصنيع تمكنهم من اتخاذ القرارات المناسبة. كما توفر التحليلات الذاتية الخدمة إمكانية مشاركة التحليلات والدروس المستفادة منها مع مصانع مماثلة على المستوى المحلي والعالمي.
- **تعليم الآلة** Machine Learning هو تطبيق للذكاء الاصطناعي يمنح أجهزة الكومبيوتر القدرة على التعلم، لكي تقوم بتصرفات مماثلة لما يفعله البشر، مع تحسين تعلمهم بمرور الوقت بطريقة ذاتية، من خلال تزويد هذه الأجهزة بالبيانات والمعلومات على شكل ملاحظات وتفاعلات في الزمن الحقيقي. ويتم ذلك باستخدام الخوارزميات التي يمكنها تحليل البيانات، والتعلم منها، ثم اتخاذ قرار، أو التنبؤ بوقوع حدث ما.

- **التكنولوجيا**: Technology مجموع التقنيات والمهارات والأساليب والعمليات المستخدمة في إنتاج البضائع أو الخدمات أو في تحقيق الأهداف، يمكن أن تكون التكنولوجيا هي المعرفة بالتقنيات والعمليات وما شابه ذلك، أو يمكن تضمينها في الآلات للسماح بالتشغيل دون معرفة تفصيلية لأعمالها.
- **التقنية**: Technique تمثل جانباً من جوانب التكنولوجيا وهو الجانب التطبيقي. (ويكيبيديا)

- **التوأم الرقمي:** Digital Twin، نسخة افتراضية تستخدم لتمثيل الأشياء المادية، ووصف حالتها وسلوكها بشكل دقيق باستخدام البيانات التي ترسلها المستشعرات. كما يمكن أن يتنبأ التوأم الرقمي بالأحداث المستقبلية، أو الأعطال المحتملة لنظيره المادي قبل حدوثها.
- **روبوت صناعي** Robotic يعتمد على مبدأ الجمع بين المعالجات الدقيقة Microprocessors والذكاء الاصطناعي بهدف القيام بأعمال تماثل ما يقوم به الإنسان.

المراجع

- Abbal, F. (2020, March 26). Schneider Electric Blog. (F. Abbal, Producer) Retrieved from https://blog.se.com/author/frederic-abbal/
- Agnihotri, R. (2018). Digitalization for the Refiniery and Plant of the Future. Hudrocarbon Processing.
- Anand, V. (2021, May). What Condition Monitoring Sensors tell us? Processing, 30-32. Retrieved from www.processingmagazine.com
- AVEVA. (2020). 4 Steps to Profitability in a Volatile Energy Market. AVEVA Webcast. Retrieved from www.aveva.com
- AVEVA. (2020). Creating a Reliable Digital Twin,The importance of Intelligent Data Management and Digital Continuity. AVEVA Group plc.
- BCG. (2020, June 20). Boston Consulting Group. Retrieved from www.bcg.com › energy › center-digital-oil-gas › refining
- Berutti, M. (2019, February). Understanding The Digital Twin. Chemical Engineering.
- Burke, Z. (2021, March). Digital: ROI is the Secret Saurce for Sustainable Digital Transformation. Hydrocarbon Processing.
- Carugo, M. (2020, December). Executive Viewpoint: How Digital Transformation Improves Safety and Reduces Emissions. Hydrocarbon Processing.
- Chappell, J. H. (2020). Artificial Intelligence: from Predictive to Prescriptive and Beyond. AVEVA.
- Chew, N. (2021). Man vs Machine: Operational Excellence in the Oil & Gas. Asian Downstream Insght.
- Cortes, R. (2021, May). The Growing Demand For Digital Twins. Retreived from https://www.hazardexonthenet.net/article/184852/Virtually-there-bringing-worksites-to-life-with-digital-twins.aspx, Hazardex.
- Countryman, T. (2019). Digital Strategy: Smart Moves. Accenture Petroleum Review, 23.
- DAVIES, B. (2020, Jan 11). Refinery of the Future: The Next Level in Digital Transformation. Retrieved June 22, 2020, from CBT: https://www.cbtechinc.com
- Dodd, T. (2020, Q 4). Digitalisation for Improved Operations. PTQ, pp. 115-117. Retrieved from www.digitalrefining.com

- Eichelberger, N. (2019, December). Digital: Better Maintenance Through Better Data. Hydrocarbon Processing.
- Emerson. (2019). Emerson Digital Twin: A Key Technology for Digital Transformation. Emerson. Retrieved from www.emerson.com/mimic
- Ervural, E. (2020). Overview of Cyber Security in the Industry 4.0 Era
- European Union. (2019). Process Model For The Digitalization Transformation of SMEs.
- Faggella, D. (2021). What is Machine Learning? Retrieved from EMERJ: https://emerj.com/ai-glossary-terms/what-is-machine-learning/
- Flair Data. (2021). Flair Data. Retrieved 2021, from Features of Cloud Computing – 10 Major Characteristics of Cloud Computing: https://data-flair.training/blogs/features-of-cloud-computing/
- Garibi, C. (2020). Cybersecurity visibility and resilience: Keys to protecting HSE/margins in operations. Hydrocarbon Processing .
- GDA. (2029). Digital Refinery Survey, Gulf Downstream Association.
- Gartner. (2014). Taming the Digital Dragon: The 2014 CIO Agenda. USA: Gartner. Retrieved from www.gartner.com/cioagenda
- GE. (2019). APM Integrity from GE Digital.
- General Electric. (2021). Setting the Foundation of a Sustainable Mechanical Integrity Program with Risk-Based Inspection.
- Geissbauer, R., Salamat, J., & Pandey, A. (2019). Digitizing Downstrem Oil and Gas Operations A Framework for Capturing Value. Retrieved July 23, 2020, from www.strategyand.pwc.com/me.
- Golightly, R. (2020). Prescriptive Maintenance: Transforming Asset Performance Management. Aspen Technology. Retrieved from www.AspenTech.com
- Gulf Time (2021) Investment in Qatar Digital Landscape at all time High. Retrieved from **https://m.gulf-times.com/story/696797/Investments-in-Qatar-digital-landscape-at-all-time-high**
- Hague, J. (2019). Maximize Safety, Sustainability and Productivity by Turning Unplanned Downtime Into Planned Downtime. Aspen Technology Inc.
- Harrison, S. B. (2020, April). The Business Case for Digitalisation in the Refining Sector. Digital Refining.
- Innovapptive. (2019). Digital Tranformation: Overused Buzzword or Solid Business Strategy? Houston, USA: Innovaptive.

- Jenkins, s. (2020, December).AI and Position-Senseng Drive Robotics Expantion. Chemical Engineering, p. 11.
- Lau, C. (2021, February). Reduce OPEX and Improve Sustainability Through Digital Energy Optimization Strategies. Hydrocarbon Processing.
- LOMAS, A. (2019). 5 Biggest Challenges to a Successful Digital Transformation. Retrieved from Net Solutions: https://www.netsolutions.com/insights/author/akash_lomas/
- Lorenz, O., Pfeiffer, B.-M., Leingang, C., & Oppelt, M. (2020, Q 1). Evolution of a Digital Twin: Part 1: the Concepts. pp. 31-38. Retrieved from www.eptq.com
- Lou, H., Lou, H. H., & Gai, H. H. (2020). How AI Can Better Serve the Chemical Process Industry. Hydrocarbon Processing.
- Malhotra, A. (2020, Q 4). IIoT in Energy Optimisation. PTQ, pp. 83-87. Retrieved from www.digitalrefining.com
- Malik, M. I., Wani, S. H., & Rashid, A. (2018, March-April). Cloud Computing Technologies. International Journal of Advanced Research in Computer Science. Retrieved from www.ijarcs.info
- Martins, F. (2020, July). What if your plant were truly Digital. Hydrocarbon Processing, pp. 30-37. Retrieved from https:/Awww.hydrocarbonprocessing.com/magazine/2020/july-2020/special-focus-the-digital-plant/what-if-your-plant-were-truly-digital?id=73202044# 1/7
- Menachery, M. (2020, July). Digital Twins are the Key to Operational Excellence in Refineries. Refining & Petrochemicals.
- Mostyn, T. (2019). Three year extension of KBR’s GMS Contract for SATORP. Hydrocarbon Engineering.
- Nair, V. (2018). Cognitive Inspection Analytics in Asset Performance Management. Inspectioneering Journal.
- Neelam, P., Natarajan, V., & Diwanji, V. (2018). Is Your Organization Ready to Embrace a Digital Twins? NJ, USA: Cognizant.
- OILX. (2020, Jan 13). How Refiners are Using Digital Technologies to Become More Profitable. Retrieved from The Digital Oil Refinery – From Processing Crude to Processing Data: https://oilx.co

- OPEC. (2020). World Oil Outlook. Vienna: Organization of Petroleum Exporting Countries.
- Pawlewitz, J., & Doyle, A. (2020, February 11). Managing Dark Data and Visualizing Your Digital Twin. Hydrocarbon Processing.
- Petroleum Economist. (2020). Sparking digital Transformation in Oil and Gas. Petroleum Economist. Retrieved from www.petroleum-economist.com
- Petrosyan, N. (2021). G o i n g B e yo n d t h e Data :How Self-service Analytics Plays a Critical Role in Plant Communication, Hydrocarbon Processing, 32-35.
- Phukan, P. (2020, February). Implementation Strategy and Opportunities with Industry 4.0. Hydrocarbon Processing.
- Plowman, O. (2021, February). Digital: Optimize Plant. Hydrocarbon Processing.
- Posey, B. (2021). Industrial Internet of Things (IIoT). Retreived from: https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT?vgnextfmt=print
- Qing, W. & Zhang, D. (2018). Digital Transformation of Refining & Chemical Enterprises Under the Contemporary Situation from Digital to Smart. The International Journal of Engineering and Science, Volume 7, Issue 9, p40-46.
- Robert, R,. (2020). Digital: Why an Effective Master Data Strategy is Key to Digital Transformation in Oil and Gas. Hydrocarbon Processing
- ROGERS, D. L. (2016). The digital Transformation Playbook, Rethink your business for the digital age. Columbia, USA: Colombia Business School Piblishing.
- Reuters. (2021). Creating A Connected Workforce Through The Digitalization Of Maintanance.
- Sá, J. d., Diego , G., Francesco , C., & Tiziano , R. (2019). How Refiners Can Capture the Benefi ts of the Energy Transition and Digitalization. Milan: Bain & Company.
- Sendler, U. (2016). The Internet of Things, Industry 4.0 Unleached. Springer.
- Siemens. (2020). The Industrial IT, OT, and IoT Challenge. Siemens.
- Silva, d., Laidens, C., (2020). Brazilian Refinery Digital Transformation Focuses on People Over Process. Oil & Gas Journal. November, 2020

- Simonovich, L., & Sudarsan, S. (2020). AI-driven Cyber Defense for Endpoint Energy Assets. Houston,USA: Siemens Energy Inc.
- Sudarsan, S., & Simonovich, L. (2020). The Siemens-Spark Cognition. Houston: Siemens Energy Inc.
- Tellez-Schmill, R., & Vicent, E. (2020, Q 4). Mitigating Corrosion with a Digital Twin. PTQ, pp. 39-45.
- Tupras. (2020, June 17). Tupras . Retrieved from https://www.tupras.com.tr
- Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). Industry 4: Managing The Digital Transformation. Istanbul: Springer International Publishing.
- Walker, G. (2020, Q 1). Value from Data. PTQ, pp. 107-109.
- Weinelt, B. (2017). Digital Transformation Initiative: Oil and Gas Industry. Geneva: World Economic Forum.
- Welsh, T. (2019). AI: How AI and Machine Learning Benefit Refineries and Petrochemical Plants. Hydrocarbon Processing.
- World Economic Forum. (2017). Digital Transformation Initiative, Oil and Gas Industry.
- YOKOGAWA. (2020). Digital Transformation in Process Industries, A Journey Towards Autonomous Operations. Japan.
- YUKOGAWA & REUTERS. (2021). Three Pillars of Asset Performance Management: People, Process & Technology. USA: REUTERS EVENTS.
- Zornio, P., & Boudreaux, M. (2019). Offshore Technology Conference. Houston, Texas: One Petro.
- أوابك. (2019). منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول. تاريخ الاسترداد 2021، من www.oapecorg.org
- عبد العزيز جمال البعيجان، عبد الله محمد راشد، و سلمان هشام المزيدي. (2021). مشروع الكويت للغاز المسال. حلقة نقاشية حول مشروع الكويت للغاز المسال . الكويت: البترولية المتكاملة ، مؤسسة البترول الكويتية.
- مكي, عماد. ناصيف .(2021) .مشكلات التآكل في صناعة التكرير والبتروكيماويات .الكويت: منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول أوابك.

البحـــث الثاني

دور التعاون الدولي في تحقيق التوازن والاستقرار في أسواق النفط العالمية

عبد الفتاح دندي *
ماجد عامر **

* مدير الإدارة الاقتصادية والمشرف على إدارة الإعلام والمكتبة - أوابك- الكويت
** باحث اقتصادي اول - الإدارة الاقتصادية - أوابك - الكويت

الملخص التنفيذي

تهدف الدراسة بصورة أساسية إلى إلقاء الضوء على الدور الحالي والمستقبلي للدول الأعضاء في مجموعة أوبك+ في السوق النفطية العالمية وتحقيق توازنها واستقرارها.

يستعرض **الجزء الأول** من الدراسة مراحل تنظيم السوق النفطية العالمية والانعكاسات على أسعار النفط في كل مرحلة من تلك المراحل، حيث لعبت الدول الأعضاء في منظمة أوابك دوراً حيوياً وبارزاً في التأثير على تنظيم السوق واستقرارها، وذلك من خلال منظمة أوبك التي تضم ست دول عربية منتجة رئيسية للنفط. والجدير بالذكر، إن استراتيجية منظمة أوبك في إدارتها للسوق النفطية العالمية قد تغيرت في ضوء التطورات التي شهدها الاقتصاد العالمي بشكل عام، وفي السوق النفطية بشكل خاص، إذ اعتمدت منظمة أوبك في بداية سبعينيات القرن الماضي استراتيجية الدفاع عن السعر، إلا أنها ركزت منذ عام 1987 على الدفاع عن حصتها في السوق. واعتمدت منظمة أوبك خلال السنوات القليلة الأخيرة استراتيجية البحث عن استقرار الأسعار والسوق.

خصص **الجزء الثاني** لتناول التعاون بين دول أوبك مع بعض الدول المنتجة للنفط من خارجها (أوبك+)، وبيان تزايد أهمية دول أوبك في السوق النفطية العالمية بعد إتفاق (أوبك+) وذلك من خلال توضيح حصتها في احتياطيات وإنتاج وصادرات النفط الخام في العالم قبل وبعد الاتفاق، حيث استحوذت دول أوبك – 10 على حوالي **54.6%** من إجمالي احتياطيات النفط العالمية في عام 2016، ولكن بعد الاتفاق وتوقيع اعلان التعاون، وبإضافة الدول العشر من خارج منظمة أوبك، استحوذت **"دول أوبك+"** في نهاية عام 2020 على حوالي **63.4%** من ذلك الاحتياطي. وشكل إنتاج دول أوبك – 10 حوالي **32%** من إجمالي إنتاج النفط الخام العالمي في عام 2016 مقابل حصة **48.5%** من ذلك الإنتاج لدول أوبك+ في عام 2020. كما شكلت صادرات دول أوبك – 10 حوالي **46.4%** من إجمالي صادرات النفط الخام العالمية في عام 2016 مقابل حصة **66.2%** من الإجمالي لدول أوبك+ في عام 2020.

وركز **الجزء الثالث** على بيان انعكاس اتفاق (أوبك+) على الوضع الحالي والمدى القصير للسوق النفطية العالمية.

وقد خلصت الدراسة أن القرارات الصادرة عن اتفاق التعاون بين دول أوبك وبعض الدول المنتجة من خارجها (أوبك+) قدمت دليلاً حياً على أنه لا يمكن الوصول إلى توازن واستقرار سوق النفط العالمي المتقلب بدون تعاون وتوحيد للجهود لتحقيق أمن الأمدادات بشروط عادلة. كما أوصت الدراسة بأهمية إستمرار تعزيز التعاون بين الدول المنتجة من أوبك والدول المنتجة من خارجها في إطار مجموعة أوبك+ من أجل التوصل إلى نتائج مهمة وفعّالة لتحقيق الاستقرار في أسواق النفط دون أن يكون هناك انتهاج لسياسات فردية من شأنها أن تؤدي إلى العديد من المخاطر وعلى رأسها التقلبات في أسعار النفط والتي بدورها سيكون لها أثر بالغ الأهمية على السوق النفطية بشكل خاص، وعلى المتطلبات الاستثمارية لمراحل الصناعة النفطية بشكل عام والتي من المتوقع أن تصل الى 11.8 تريليون دولار خلال الفترة (2021 – 2045)، منها 9.2 تريليون دولار أو 80% لقطاع الاستكشاف والانتاج.

دور التعاون الدولي في تحقيق التوازن والاس تقرار في أسواق النفط العالمية

المقدمة

في ظل أهمية النفط الاستراتيجية أصبح مبدأ تنظيم السوق وإدارتها أمرا ضرورياً لتحقيق استقرارها، وذلك منذ بداية الصناعة النفطية الحديثة. وتوجد لدى منظمة أوبك القدرة على التأثير في السوق النفطية العالمية في ظل استحواذ دول خارج أوبك على الجزء الأكبر من الإنتاج.

والجدير بالاهتمام أنه لم يتم إنصاف دور الدول الأعضاء في منظمة أوابك وأهمية هذا الدور في استقرار السوق النفطية العالمية على مدار الأعوام المنقضية، إذ أنها تمتلك الجزء الأكبر من إجمالي احتياطيات وإنتاج وصادرات دول أوبك، بالإضافة إلى امتلاكها الجزء الأكبر من الطاقات الإنتاجية الفائضة في العالم، وهو العنصر الذي كان عاملاً حاسماً في تلبية الطلب المتزايد وموازنة السوق النفطية واستقرارها. وستكون هناك حاجة متزايدة للطلب على الطاقة بشكل عام، والنفط بشكل خاص على الأمد البعيد، وحسب معطيات صناعة النفط فإنه من المتوقع تزايد أهمية دور الدول الأعضاء في السوق النفطية العالمية واستقرارها في المستقبل.

تركز الدراسة على إلقاء نظرة على دور التعاون الدولي في تحقيق التواز والاستقرار في أسواق النفط العالمية، مع التركيز على اتفاق أوبك+ كأحد أوجه هذا التعاون خلال الأعوام الخمس الاخيرة. وتشمل الدراسة على ثلاثة أجزاء، كرس أولها لتناول المراحل التي مرت بها تنظيم وإدارة سوق النفط العالمية والانعكاسات على أسعار النفط، وتم في الجزء الثاني استعرض التعاون بين دول أوبك مع بعض الدول المنتجة للنفط من خارجها (أوبك+). أما الجزء الثالث فقد خصص لبيان انعكاس اتفاق (أوبك+) على الوضع الحالي والمدى القصير للسوق النفطية العالمية.

الجزء الأول

مراحل تنظيم السوق النفطية العالمية والانعكاسات على أسعار النفط قبل اتفاق أوبك+

اكتسبت مسألة تنظيم السوق النفطية وإدارتها أهمية بالغة، منذ بداية الصناعة النفطية الحديثة نظرا لأهمية النفط كسلعة إستراتيجية ودورها الحيوي في الاقتصاد العالمي. ولم يقتصر أمر تنظيم السوق النفطية على الدول المنتجة فقط، من خلال منظمة أوبك التي تضم في عضويتها 6 دول عربية أعضاء في منظمة أوابك، بل تعداها ليشمل أيضاً الدول المستهلكة، وبشكل خاص الولايات المتحدة، من خلال استخدام الأدوات المتوفرة لديها، كما في حالة استخدام المخزون النفطي الاستراتيجي الأمريكي خلال بعض الفترات التي شهدت نقصاً في الإمدادات وخلال فترات الأعاصير التي تضرب سواحل خليج المكسيك من حين إلى آخر.

وقد لعبت منظمة أوبك، وعلى وجه الخصوص الدول العربية الأعضاء فيها، دوراً حيوياً وبارزاً للتأثير في تنظيم السوق النفطية وذلك بشكل منفرد أو من خلال التكتلات الإقليمية أو من خلال امتلاكها الجزء الأكبر من الطاقات الإنتاجية الفائضة في العالم.

أولا: مراحل تنظيم السوق النفطية العالمية

بالعودة الى الوراء قليلا من الممكن تقسيم مراحل تنظيم السوق النفطية إلى الفترات الرئيسية التالية:

1. فترة ما قبل ظهور منظمة أوبك (فترة سيطرة شركات النفط العالمية الكبرى)

ظهرت ملامح السوق النفطية الحديثة في الولايات المتحدة الأمريكية إثر اكتشاف النفط واستخدامه تجارياً في أوائل القرن العشرين. وبعد أن شهدت الصناعة النفطية الأمريكية مرحلة من التنافس الشديد التي أدت إلى خلق حالة من عدم الاستقرار في أسعار النفط، وزوال العديد من الشركات، استطاعت شركة ستنادرد أويل (Standard Oil) السيطرة على أنشطة الصناعة النفطية المختلفة في السوق الأمريكية من خلال امتلاكها لمعظم الطاقة التكريرية وشبكات النقل والتوزيع في تلك السوق، وأصبحت مع حلول عام 1879 أكبر شركة نفطية في الولايات المتحدة دون منافس. وبعد

أن تم حل شركة ستاندرد أويل بقرار من القضاء الأمريكي لاعتبارات لها علاقة بحرية التجارة ومنع الاحتكارات، انتقلت مهمة إدارة السوق إلى هيئة "سكك حديد تكساس" التي كانت تحدد حصص إنتاج الشركات للحفاظ على الأسعار. وقد اعتبر ذلك الإجراء بمثابة برمجة للإنتاج تستهدف المحافظة على استقرار مستويات أسعار النفط والحيلولة دون تدهورها بالإضافة إلى تفادي الإفراط في الإنتاج لتجنب بروز ظاهرة النضوب المبكر في الاحتياطيات النفطية.

وبعد اكتشاف النفط بكميات تجارية كبيرة في الثلاثينات من القرن الماضي خارج الولايات المتحدة، بالأخص في فنزويلا ومنطقة الشرق الأوسط، تقلصت أهمية النفط الأمريكي في السوق العالمية وبدأت مرحلة جديدة من احتكار مجموعة قليلة للسوق النفطية العالمية من الشركات العالمية النفطية الكبرى ذات التكامل الرأسي أطلق عليها أسم **" الأخوات السبع"**، وهي **خمس شركات أمريكية**: ستاندرد أويل أوف نيوجرسي (أكسون)، تكساكو، ستاندرد أويل أوف كاليفورنيا (شيفرون)، موبل، غلف، و**شركتان أوروبيتان**: بي بي وشل. وقد هيمنت تلك الشركات السبع بصورة كاملة على كافة مراحل الصناعة النفطية من استكشاف وإنتاج ونقل وتكرير النفط الخام وشبكات توزيع وبيع المنتجات النفطية بحيث يتحرك النفط ضمن النظام المتكامل لتلك الشركات ويجري تسليمه عبر قنوات عديدة إلى فروع تابعة لها دون اللجوء إلى عمليات بيع أو شراء فعلية.

ومع مرور الوقت بدأ دور **"الأخوات السبع"** يتراجع تدريجياً وخصوصا بعد الاكتشافات النفطية الجديدة التي تحققت في مناطق أخرى من العالم ودخول دول جديدة نادي مصدري النفط وظهور عدد من شركات النفط المستقلة الجديدة في صناعة النفط الدولية بالأخص في نهاية خمسينات القرن الماضي، والذي كان بمثابة تهديد للميزة الاحتكارية التي تمتعت بها الشركات النفطية الكبرى لفترة طويلة من الزمن، ما جعل الشركات الكبرى تعلن عن تخفيضات هامة في أسعار النفط، **والذي كان بدوره أحد الأسباب الهامة وراء قيام منظمة أوبك.**

2. فترة ما بعد ظهور منظمة أوبك

من العوامل التي ساعدت في اضعاف سيطرة الشركات النفطية الكبرى، استعادة دول أوبك سيطرتها على ثرواتها النفطية من خلال عمليات التأميم المباشر في بعض الدول أو من خلال اتفاقيات

المشاركة في بلدان أخرى وفصل أنشطة التنقيب والاستخراج عن نشاط التكرير ونشاط التسويق، والتي هدفت إلى دخول حكومات الدول المنتجة شريكاً في امتلاك أصول الشركات العاملة في أراضيها، وما يتبع ذلك من حصولها على دور في قراراتها.

ومما يذكر في هذا المجال، ما قامت به منظمة أوبك خلال هذه الفترة من إجراءات بهدف تحقيق استقرار في المستويات الحقيقية للأسعار. ففي بداية عام 1972 توصلت الدول الأعضاء في المنظمة إلى اتفاق مع شركات النفط العالمية يتم بموجبه تعديل الأسعار باستخدام معادلة أطلق عليها أسم **"جنيف-1"** تعتمد على معيار لقياس التغيير في سعر صرف الدولار مقابل معدل أسعار تسع عملات رئيسية عالمية والتي تم تعديلها لاحقاً في منتصف عام 1973 لتصبح إحدى عشرة عملة أطلق عليها أسم معادلة **"جنيف -2"**.

وعلى رغم ما حققته دول أوبك، منذ تأسيس المنظمة في عام 1960، من مكاسب لأعضائها وصولاً إلى الاتفاق الذي توصلت إليه مع الشركات والقاضي بتحديد ما كان يعرف بـ **" Posted Prices "** أي **الأسعار المعلنة** بأسلوب مشترك وتفاوضي ما بين الجهتين خلال فترة امتدت من 15 فبراير 1971 ولغاية 16 أكتوبر 1973، فقد كان للشركات دوراً رئيسياً في تحديد السعر خلال تلك الفترة نظراً لموقعها المتميز في صناعة النفط الدولية ولاستمرار نفاذ اتفاقيات الامتياز في معظم الدول المنتجة. مع ذلك، يمكن القول بأنه حتى خلال فترة سيطرة الشركات الكبرى على الصناعة النفطية العالمية كان للدول الأعضاء في منظمة أوبك مجتمعة أو الدول العربية الأعضاء فيها منفردة دور هام في السوق النفطية من خلال ضغوطاتها على الشركات المذكورة.

وقد يشار الى نجاح شركات النفط الكبرى في طريقة تنظيمها وإداراتها للسوق النفطية، ما مكنها من موازنة السوق النفطية واستقرارها خلال الفترة السابقة لعام 1973، إلا أنه من الواضح لم تكن هنالك سوق أو أسعار نفط حقيقية خلال تلك الفترة لإمكانية قياس مدى الاستقرار وذلك بسبب السيطرة الكاملة للشركات على كافة مرافق الصناعة النفطية خلال الفترة المذكورة.

بدأت دول أوبك، ومن خلالها الدول العربية الأعضاء في أوابك، دخول عملية تنظيم السوق النفطية بشكل مباشر بعد التعديل الجذري في ميزان القوى ما بين الشركات النفطية العاملة وحكومات دول أوبك بعد أن أخذت تلك الحكومات على عاتقها، ومنذ نهاية عام 1973 وبداية عام 1974، مسؤولية تحديد أسعار نفوطها واتخاذ منظمة اوبك دور التنسيق بالنسبة إلى مستوى تلك الأسعار التي أصبحت تعرف منذ ذلك الحين بأسم **"Official Prices" أي الأسعار الرسمية.** ويعتبر ذلك تطور منطقي لمرحلة بدأت منذ تأسيس منظمة أوبك بهدف الدفاع عن الأسعار والمحافظة عليها عند مستويات معقولة.

لقد مرت منظمة أوبك بمراحل مختلفة في طريقة إدارتها للسوق حيث أن التغييرات الجذرية التي طرأت على السوق النفطية العالمية منذ ذلك الوقت اضطرت دول المنظمة مع مرور الوقت إلى إجراء تغييرات في أسلوب مقاربتها للسوق بطريقة تتناسب والظروف السائدة. ويمكن تقسيم الفترة الثانية إلى أربع مراحل وذلك على النحو التالي:

1.2 مرحلة الأسعار الرسمية (الفترة من 1973 إلى 1985)

بدأت الدول الأعضاء في منظمة أوبك إدارتها للسوق بإتباع استراتيجية الدفاع عن الأسعار حيث كانت تحدد سعراً ثابتاً لنفط الإشارة (خام العربي الخفيف السعودي) ويتم تحديد أسعار النفوط الأخرى على أساس فروقات عن سعر نفط الإشارة.

في البداية، لم تقم منظمة أوبك بتحديد سقف إنتاجي أو حصص للدول الأعضاء بل اكتفت بتحديد السعر وتسويق الكمية المطلوبة عند ذلك السعر. وقد كان ذلك ممكناً في ظل تنامي الطلب على النفط وسيطرة دول المنظمة على الجزء الأكبر من إجمالي إنتاج النفط في العالم (حوالي 53% في عام 1973). إلا أن أسعار أوبك المرتفعة خصوصاً بعد عام 1979، أدت إلى انخفاض الطلب العالمي على النفط بالتزامن مع تزايد إنتاج النفط من مناطق خارج دول أوبك بالأخص بحر الشمال التي أصبح إنتاجها أكثر اقتصادياً في ظل الأسعار المرتفعة، هذا بالإضافة إلى الإجراءات التي اتخذتها الدول المستهلكة لترشيد الاستهلاك وزيادة كفاءة استخدام النفط وتشجيع إنتاج مصادر بديلة للنفط.

وفي ضـــوء ذلك اضـــطرت منظمة أوبك ومنذ عام 1982 ولغاية عام 1985 إلى تبني اســـتراتيجية جديدة في إدارتها للســـوق للدفاع عن الســـعر تعتمد على تحديد ســـقف إنتاجي للمنظمة وحصص إنتاجية لدولها، بالإضافة إلى استمرارها في تحديد الأسعار. إلا أن ذلك لم يساعد أوبك في المحافظة على سقف الإنتاج، ما اضـطر المنظمة إلى اتخاذ تخفيضـات متتالية في السـقف الإنتاجي وحصتها في السوق. كما لم يكن بمقدورها المحافظة على أسعار نفوطها. فبعد أن قررت أوبك ولأول مرة خفض الأسعار بنحو 5 دولار/برميل في اجتماع لندن في مارس 1983، انتهت الأسعار بالإنهيار في عام 1986 عندما وصـــلت أســـعار بعض النفوط إلى أقل من 10 دولار/برميل ليتآكل بذلك نظام التسعير الرسمي الذي سبق وأن اعتمدته أوبك. وبالتالي انخفض إنتاج أوبك من 16.6 مليون ب/ي أو ما يشكل 31.7% من الإنتاج العالمي في عام 1983 إلى 14.9 مليون ب/ي أو ما يشكل 28.5% من الإنتاج العالمي في عام 1985 والذي بلغ 52.3 مليون ب/ي. يذكر أن الدول العربية الأعضـــاء في المنظمة تحملت أكثر من 80% من هذا الانخفاض في إنتاج اوبك.

وقد تحملت الجزء الأكبر من الانخفاض في الإنتاج بعض الدول المنتجة الكبيرة وبالأخص المملكة العربية السعودية التي انخفض إنتاجها من حوالي 9.9 مليون ب/ي في عام 1980 إلى حوالي 3.2 مليون ب/ي في عام 1985.

وبعد فشـل طريقة التسـعير الترجيعية (Netback Pricing) التي اعتمدتها دول المنظمة في عام 1986 (التي تعتمد على قيمة حصـيلة البرميل المكرر من المنتجات)، وعدم جدوى محاولة إعادة تطبيق السـعر الرسـمي الثابت مرة ثانية في عام 1987، تخلت المنظمة عن مبدأ تحديد السـعر الثابت منذ نهاية عام 1987، ولجأت منذ نهاية العام المذكور إلى تبني إســـتراتيجية الدفاع عن حصـــتها في السوق وقامت بتحديد سقف الإنتاج وتوزيعه حصـصـاً على الدول الأعضـاء كأداة في إدارتها للسـوق تاركة مسـألة تحديد الأسـعار لعوامل السـوق الحرة من عرض وطلب والذي كان مطلباً رئيسـاً للدول الصـــناعية التي كانت تعتبر أوبك " **كارتيلاً مبتزاً** " للدول المســـتهلكة. في حين لم تعتبر تلك الدول تحالف الأخوات الســـبع وتثبيتها أســـعاراً متدنية للنفط الخام حتى الســـبعينات، ابتزازاً للبلدان المالكة للاحتياطيات. إن فقدان السـيطرة على كامل حلقات الصـناعة النفطية سـاعد في سـرعة اسـتنزاف تلك

وفي هذا المجال، سبق للدول العربية، سواء كان ذلك بشكل منفرد أو من خلال منظمة أوبك، أن أكدت في العديد من المناسبات على أن تصاعد الأسعار المستمر وتذبذبها العالي لا تبرره أساسيات السوق التقليدية من عرض وطلب بقدر ما يعود ذلك إلى عوامل أخرى خارج نطاق السوق ومنها نشاط المضاربات، التي تتفاعل مع الشائعات والمخاوف السياسية لدفع الأسعار إلى مستويات قياسية، والتي أصبحت تشكل أكثر من 70% من إجمالي العقود المستقبلية في سوق نايمكس المستقبلي في نيويورك. كما ارتفعت قيمة التعاملات في سوق نيويورك ولندن المستقبلية من 9.5 مليار دولار/ يوم منذ عام 2002 إلى نحو 86 مليار دولار/ يوم في عام 2007 وإلى نحو 140 مليار دولار في مطلع عام 2008.

أما بالنسبة للدول المستهلكة الرئيسية، وبالأخص الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي، فقد كانت تصر على أن ذلك مرده أساسيات السوق وبالتحديد نقص في الإمدادات. إلا أن ما شهده السوق النفطية من ارتفاع وتذبذب غير منطقي أو مبرر في الأسعار خلال عام 2008 جعل بعض تلك الدول تعيد النظر في الموضوع، على رغم استمرار إصرارها بعدم كفاية الإمدادات. وتعالت بعض الأصوات متهمة نشاط المضاربات، بشكل أو بآخر، على أنها العامل الرئيسي وراء ما يجري في السوق وأن هناك تلاعب في الأسواق المستقبلية داعية إلى التحقيق في دور المضاربات في هذا المجال ووضع إجراءات لتخفيف آثارها السلبية على الأسعار.

وخلال مرحلة الأسعار العالية المذكورة في السوق النفطية العالمية، بذلت الدول العربية الأعضاء في منظمة أوبك أقصى جهودها بصورة منفردة أو ضمن الإطار الجماعي لمنظمة أوبك لتهدئة السوق وتخفيض الأسعار إلى مستويات معقولة ومناسبة لكل من الدول المنتجة والمستهلكة وأكدت خلال مناسبات عديدة عن استعدادها لتزويد السوق بما تحتاجه من إمدادات نفطية.

ففي هذا المجال، دخلت الدول الأعضاء باستثمارات هائلة في مجال توسيع طاقاتها الإنتاجية بالإضافة إلى دخول بعضها في استثمارات كبيرة في مجال توسيع طاقاتها التكريرية في الداخل والخارج لتخفيف حالة الاختناق في قطاع التكرير.

كما بدأت أوبك أيضاً بتفعيل الحوار مع الدول المستهلكة الذي سبق وأن بدأ منذ بداية التسعينات من دون تقدم ملموس. حيث طرحت المنظمة فكرة الحوار بعد أن تم تجاوز مرحلة المجابهة مع الدول المستهلكة (ممثلة بوكالة الطاقة الدولية)، وبذلك يمكن اعتبار الفترة ومنذ بداية القرن الحالي على أنها مرحلة الحوار.

وبعد انهيار الأسعار في عام 1998 وتحسنها في عام 1999 وبداية عام 2000 قامت منظمة أوبك باتباع سياسات معتمدة على اعتبارات سوق متوسطة وبعيدة الأمد واعتمدت استراتيجية الدفاع عن السعر ولكن بطريقة مختلفة مثلت بمجملها تحولاً نوعياً في سلوكية أوبك في إدارتها للسوق. وخلال الفترة 2000-2004 أدخلت المنظمة آلية جديدة في إدارتها للسوق. ففي يونيو 2000 توصلت المنظمة إلى اتفاقية جديدة تماماً عرفت باتفاقية النطاق السعري (Price Band) تتلخص بوضع حدين أعلى وأدنى لسعر البرميل الواحد المصدر من سلة أوبك (22-28 دولار/برميل) مع آلية جديدة للدفاع عن سعر النفط لضمان استقراره في السوق عند الحدين الأعلى والأدنى معتمدة على تغيير حجم إنتاج النفط في الدول الأعضاء كالتالي:

أ. إذا زاد معدل سعر البرميل الواحد من سلة أوبك عن الحد الأعلى للنطاق السعري بصورة مستمرة ولفترة عشرين يوماً تجارياً متعاقباً فإن إنتاج المنظمة يزداد تلقائياً بمقدار نصف مليون ب/ي.

ب. إذا هبط معدل سعر سلة أوبك عن الحد الأدنى للنطاق السعري بصورة مستمرة ولفترة عشرة أيام تجارية متعاقبة فإن إنتاج المنظمة يخفض تلقائياً بمقدار نصف مليون ب/ي.

لم تلجأ المنظمة إلى استخدام الآلية الجديدة كثيراً خصوصاً وأن الحاجة إلى تطبيقها أخذت تقل بعد أن سلكت المنظمة طريقة الاجتماعات المتعددة خلال السنة الواحدة لمراقبة السوق بصورة أدق واتخاذ الإجراءات السريعة اللازمة.

وقد استطاعت المنظمة الحفاظ على الأسعار ضمن النطاق السعري المستهدف المذكور بسبب التوقيت الملائم لقراراتها ومتابعتها المستمرة للسوق والانسجام بين أعضائها بالإضافة إلى القنوات التي فتحتها للتعاون مع بعض دول خارج أوبك ومتابعتها للحوار مع الدول المستهلكة.

تفاوتت الآراء بصدد مدى فائدة الآلية الجديدة لأوبك في إدارتها للسوق، حيث يعتقد البعض أن اعتماد سياسة النطاق السعري كان له مردود إيجابي في استقرار السوق داخل حدود النطاق السعري لفترة الأربع سنوات 2000-2003 (على رغم الزيادة الطفيفة في معدل سعر السلة عن الحد الأعلى للنطاق السعري في عام 2000). بينما يشكك آخرون في مدى مساهمة النطاق السعري وآلية الدفاع عنه في استقرار السعر لسببين:

أ. أن المدى المسموح به لحركة السعر ما بين 22-28 دولار/برميل يعتبر واسع نسبياً (على الأقل في ذلك الوقت).

ب. قد يوفر النطاق السعري وآلية الدفاع عنه بيئة ملائمة لنشاط المضاربة في أسواق النفط المستقبلية العالمية.

من جهة أخرى، يعتقد البعض بأن النطاق السعري كان عاملاً مهماً في تحقيق الاستقرار في أسعار النفط، مما ساعد على تطوير سريع للإنتاج في دول الاتحاد السوفيتي السابق وغرب إفريقيا.

وبشكل عام، بعد تحسن الأسعار منذ عام 2000 اتخذت بلدان أوبك قرارات بزيادة إنتاجها لتهدئة السوق. فمثلاً قامت المنظمة بزيادة الإنتاج لأربع مرات خلال العام المذكور سعياً لتهدئة السوق والتخفيف من حدة نشاط المضاربات. وقد أصبح ذلك ممكناً بعد التحولات الواضحة التي حدثت في طريقة عمل المنظمة خلال السنوات القليلة الماضية وذلك من خلال التركيز على المنطلقات الاقتصادية، ما جعل اجتماعات وقرارات المنظمة أكثر واقعية ومرونة وعملية. وكان للدول العربية الأعضاء في المنظمة دورا هاما في ذلك من خلال امتلاكها للجزء الأكبر من الطاقات الإنتاجية الفائضة. وقد لقيت تلك السياسة صدى إيجابي من قبل الدول المستهلكة ومهدت الطريق لرفع مستوى الحوار ما بين الدول المنتجة والدول المستهلكة وصولاً إلى تأسيس منتدى الطاقة العالمي (IEF) كإطار مؤسسي دولي لتنظيم الحوار مع تلك الدول الذي تم افتتاح مقره في الرياض في نهاية عام 2005، بعد أن كانت العلاقة بين الطرفين تتميز بالصراع وسوء الفهم وتشكيك كل طرف في تصرفات الطرف الاخر خلال النصف الثاني من القرن العشرين. إن العمل بنظام النطاق السعري قد تم إهماله من قبل المنظمة بالأخص بعد ارتفاع أسعار السلة واستمرارها على مستويات تفوق نطاقها السعري.

فبعد أن ارتفع المعدل السنوي لسعر سلة أوبك لعام 2004 بواقع أكثر من 8 دولار/برميل عن الحد الأعلى للنطاق السعري ومحافظته على مستوى يفوق النطاق السعري على أساس المعدلات اليومية أو الأسبوعية أو الشهرية طوال العام المذكور، اتخذت أوبك قراراً في بداية عام 2005 بتعليق العمل بنطاقها السعري، ما يعني تخلي المنظمة عن استراتيجية الأسعار المستهدفة. وقد اكتسبت مؤشرات أخرى، بالأخص مستويات المخزون – بالإضافة إلى حركة الأسعار– أهمية لمنظمة أوبك لمتابعتها قبل اتخاذها القرارات الخاصة بتعديل الإنتاج.

شهدت السوق النفطية العالمية منذ عام 2004 ولغاية النصف الأول من عام 2008، ظاهرة جديدة تمثلت في استمرار ارتفاع الأسعار وعبورها مستويات قياسية غير مسبوقة بصورة متتالية، وذلك رغم توافر الإمدادات. ويعزى ذلك إلى تظافر عوامل عديدة متشابكة ومتغيرة في آن واحد منها ما له علاقة بأساسيات السوق وبالأخص استمرار النمو القوي للطلب العالمي على النفط، خصوصاً في أمريكا والصين ودول أخرى مثل الهند، بالإضافة إلى انخفاض الطاقات الإنتاجية الفائضة، علاوة على الاختناقات في طاقات التكرير العالمية التحويلية منها على وجه الدقة، بالإضافة إلى عوامل أخرى ذات طبيعة جيوسياسية والكوارث الطبيعية والمضاربات في أسواق النفط المستقبلية والتي اكتسبت أهمية متزايدة خلال السنوات القليلة الأخيرة. وشهدت فترة النصف الأول من عام 2008، فك للارتباط ما بين أساسيات السوق والحركة اليومية لأسعار النفط وأصبحت المضاربات هي العامل الرئيسي وراء ارتفاع الأسعار إلى مستويات قياسية جنونية غير معقولة وازدادت درجة تقلباتها بشكل لا يمكن تفسيره بعوامل العرض والطلب التقليدية. وقد وصلت الأسعار إلى أشدها بحدود منتصف عام 2008، قبل أن تنخفض في النصف الثاني من العام المذكور. حيث وصل معدل سعر السلة الشهري إلى 131.2 دولار/برميل لشهر يوليو 2008 (والمعدل اليومي إلى ما يزيد على 140 دولار/برميل في بداية الشهر المذكور)، ثم عاد لينخفض وبشكل حاد ليصل إلى معدل أقل من 40 دولار/برميل لشهر ديسمبر 2008.

يعزى الانخفاض الكبير في الأسعار، بالدرجة الأساس، إلى الانخفاض في الطلب العالمي على النفط بسبب الأسعار العالية بالإضافة إلى تفاقم الأزمة المالية العالمية، بالأخص منذ منتصف شهر سبتمبر 2008 وتأثيرها السلبي على الاقتصاد العالمي بشكل عام، والطلب على النفط بشكل خاص.

وفي هذا المجال، سبق للدول العربية، سواء كان ذلك بشكل منفرد أو من خلال منظمة أوبك، أن أكدت في العديد من المناسبات على أن تصاعد الأسعار المستمر وتذبذبها العالي لا تبرره أساسيات السوق التقليدية من عرض وطلب بقدر ما يعود ذلك إلى عوامل أخرى خارج نطاق السوق ومنها نشاط المضاربات، التي تتفاعل مع الشائعات والمخاوف السياسية لدفع الأسعار إلى مستويات قياسية، والتي أصبحت تشكل أكثر من 70% من إجمالي العقود المستقبلية في سوق نايمكس المستقبلي في نيويورك. كما ارتفعت قيمة التعاملات في سوق نيويورك ولندن المستقبلية من 9.5 مليار دولار/ يوم منذ عام 2002 إلى نحو 86 مليار دولار/ يوم في عام 2007 وإلى نحو 140 مليار دولار في مطلع عام 2008.

أما بالنسبة للدول المستهلكة الرئيسية، وبالأخص الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي، فقد كانت تصر على أن ذلك مرده أساسيات السوق وبالتحديد نقص في الإمدادات. إلا أن ما شهده السوق النفطية من ارتفاع وتذبذب غير منطقي أو مبرر في الأسعار خلال عام 2008 جعل بعض تلك الدول تعيد النظر في الموضوع، على رغم استمرار إصرارها بعدم كفاية الإمدادات. وتعالت بعض الأصوات متهمة نشاط المضاربات، بشكل أو بآخر، على أنها العامل الرئيسي وراء ما يجري في السوق وأن هناك تلاعب في الأسواق المستقبلية داعية إلى التحقيق في دور المضاربات في هذا المجال ووضع إجراءات لتخفيف آثارها السلبية على الأسعار.

وخلال مرحلة الأسعار العالية المذكورة في السوق النفطية العالمية، بذلت الدول العربية الأعضاء في منظمة أوبك أقصى جهودها بصورة منفردة أو ضمن الإطار الجماعي لمنظمة أوبك لتهدئة السوق وتخفيض الأسعار إلى مستويات معقولة ومناسبة لكل من الدول المنتجة والمستهلكة وأكدت خلال مناسبات عديدة عن استعدادها لتزويد السوق بما تحتاجه من إمدادات نفطية.

ففي هذا المجال، دخلت الدول الأعضاء باستثمارات هائلة في مجال توسيع طاقاتها الإنتاجية بالإضافة إلى دخول بعضها في استثمارات كبيرة في مجال توسيع طاقاتها التكريرية في الداخل والخارج لتخفيف حالة الاختناق في قطاع التكرير.

وعندما وصلت الأسعار إلى مستويات عالية وغير مسبوقة أو مبررة لأسباب خارج إرادة الدول الأعضاء أو منظمة أوبك، بادرت المملكة العربية السعودية – أكبر الدول الأعضاء إنتاجاً – بالدعوة إلى عقد اجتماع في جدة في شهر يونيو 2008 لدراسة مسألة الارتفاع غير الطبيعي في أسعار النفط والتحديات التي تواجه قطاع الطاقة عموماً. وشارك في الاجتماع المذكور ممثلون عن الدول المنتجة والمستهلكة بالإضافة إلى بعض الدول المنتجة من خارج أوبك مثل روسيا والنرويج والبرازيل. كما شاركت المنظمات الدولية المعنية مثل منتدى الطاقة العالمي IEF ووكالة الطاقة الدولية IEA والمفوضية الأوروبية للطاقة والأمم المتحدة UNوالبنك الدولي ومنظمة الدول العربية المصدرة للبترول (OAPEC) ومنظمة أمريكا اللاتينية للطاقة " OLADE".

وقد أسفر الاجتماع عن نتائج هامة من أهمها الدعوة إلى زيادة الشفافية بالأسواق وزيادة الاستثمارات في مجال التنقيب والإنتاج والتكرير والتسويق. بالإضافة إلى ضرورة تحسين حالة الشفافية في الأسواق المالية والتشريعات المتعلقة بها من خلال العديد من الإجراءات التي تستهدف إتاحة المعلومات والبيانات الخاصة بأنشطة المؤسسات الاستثمارية والصناديق المالية والذي يقصد منه في النهاية تقليص أنشطة المضاربة في السوق.

وقد تبين للجميع وبما لا يدع مجال للشك إن أسعار النفط المرتفعة ليست في مصلحة الدول الاعضاء في منظمة أوبك على الأمد البعيد، حيث يعيد ذلك إلى الأذهان الطفرات السعرية في سبعينات القرن الماضي وما نتج عنها من تحول إلى بدائل الطاقة، سواء النفطية منها أو غيرها، والذي عانت منه دول أوبك كثيراً. هذا على رغم كونها في وضع أفضل نسبياً بعد استثمارها في بدائل لمصادر الدخل، لكنها لا تزال تمتلك احتياطيات نفطية هائلة تحتاج إلى استثمارها لأغراض التنمية الاقتصادية.

إلا أنه من الواضح بأن المنظمة كانت في موقف صعب حيث أن المرونة المتوفرة لديها في تخفيض الأسعار العالية هي أقل بكثير مقارنة بالدفاع عن السعر والمحافظة عليه على مستويات معقولة في حالة الأسعار المنخفضة والذي يعتبر الهدف الرئيسي من وراء تأسيسها.

وبعد التدهور الكبير في الأسعار خلال النصف الثاني من عام 2008، قررت منظمة أوبك في اجتماعها في فيينا في شهر أكتوبر2008 وفي الجزائر في شهر ديسمبر 2008، تخفيض معدل إنتاج الدول الأعضاء (باستثناء العراق) بما مجموعه 4.2 مليون ب/ي اعتباراً من بداية عام 2009

بالمقارنة مع معدلات الإنتاج الفعلية لشهر سبتمبر 2008، وذلك بهدف إعادة التوازن إلى سوق النفط العالمية والحفاظ على استقرار الأسعار.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن الدول الأعضاء في أوبك لا تسيطر على السوق النفطية لكنها تستطيع التأثير فيه من خلال عملها كمجموعة على رغم أنها تلعب دوراً أساسياً في توفير الإمدادات للسوق. وذلك بضوء استحواذ بلدان خارج أوبك على النسبة الأعلى (بحدود 57%) من إجمالي إمدادات النفط العالمية، كما في عام 2007.

وقد بدى واضحاً عدم قدرة الدول الأعضاء في أوبك أو أية مجموعة أخرى بمفردها على تنظيم السوق النفطية في المستقبل. بل يجب إشراك الجهات الأخرى الفاعلة في السوق النفطية العالمية. وسيتأثر تنظيم السوق المستقبلي بعوامل عديدة مرتبطة بتطورات الطلب العالمي على النفط على الأمد البعيد، وسياسة الدول المستهلكة فيما يخص البدائل لنفوط أوبك والجوانب البيئية والإنتاج من دول خارج أوبك وسياسات الدول الأعضاء في أوبك فيما يخص زيادة الطاقات الإنتاجية واستخدامها ومدى الانسجام فيما بين تلك الدول.

ثانياً: انعكاسات مراحل تنظيم السوق النفطية العالمية على أسعار النفط

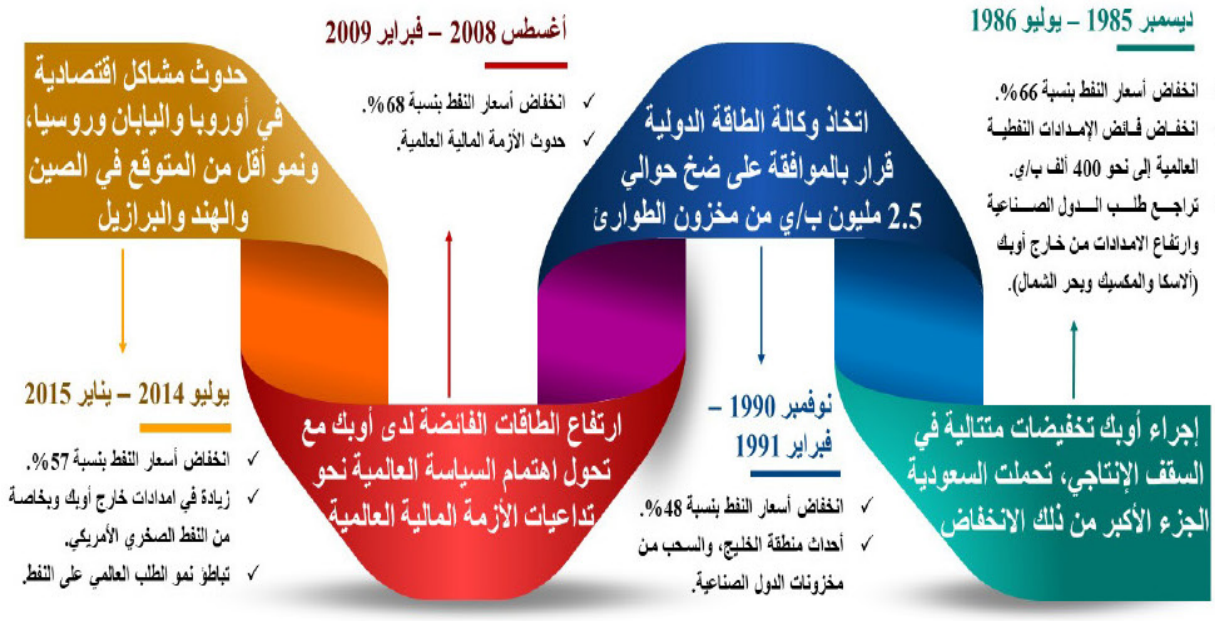
مرت سوق النفط العالمية خلال الفترة (1985-2005) بأربع أزمات انخفاض حادة في الأسعار(بالإضافة إلى الأزمة المالية الأسيوية)، جاءت أولها و أعمقها تأثيراً في منتصف الثمانينيات، حيث فقدت الأسعار حوالي 66 % من قيمتها الأسمية خلال ثمانية أشهر (ديسمبر 1985- يوليو 1986)، وجاءت الأزمة الثانية في مطلع التسعينات، عندما فقدت الأسعار حوالي نصف قيمتها الأسمية خلال خمسة أشهر (نوفمبر 1990- مارس 1991)، وكانت الأزمة الثالثة في أواخر العقد السابق، عندما تهاوت الأسعار بحوالي 68 % من قيمتها الأسمية خلال سبعة أشهر (أغسطس 2008 - فبراير 2009) ، في حين بدأت الأزمة الرابعة بعد منتصف عام 2014 واستمرت حتى مطلع عام 2015، حيث فقدت الأسعار أكثر من 57 % من قيمتها الأسمية خلال سبعة أشهر (يوليو 2014- يناير 2015)، كما يوضح الشكل (1):

الشكل (1)
الأسعار الفورية للنفط الخام*، (حقيقية 2010 = 100)
(دولار/برميل)

* متوسط أسعار خامات (غرب تكساس الأمريكي، دبي، برنت).

المصدر: قاعدة بيانات مرصد الاقتصاد العالمي (GEM)، البنك الدولي.

الشكل (2)
التطورات في سوق النفط العالمي خلال الفترة (1985-2015)



وفيما يلي إستعراض موجز لكل أزمة من الأزمات الرئيسية التي شهدت خلالها أسعار النفط انخفاضات كبيرة وحادة في مستوياتها:

الأزمة الأولى (1985-1986)

ساهمت أزمة ارتفاع أسعار النفط في بداية السبعينات في تحول تركيز الدول الصناعية نحو تنويع مصادر الإمدادات مع بروز مصطلح أمن الطاقة، فباشرت الدول المستهلكة باتخاذ سلسلة من الإجراءات لترشيد الاستهلاك وزيادة كفاءة استخدام النفط وتشجيع إنتاج مصادر بديلة.

ومع تزايد نشاط الشركات التجارية والوسيطة والمضاربين، شهدت أسواق النفط بداية التراجع في الأسعار الفورية بعد عام 1980، والذي انعكس بدوره في سلسلة من التخفيضات للأسعار من قبل الدول المنتجة للنفط في العالم. ولمواجهة تلك التحديات، حاولت منظمة أوبك منذ عام 1982 ولغاية عام 1985، تبني استراتيجية جديدة تتمثل في تحديد سقف إنتاجي للمنظمة وحصص إنتاجية لبلدانها، بالإضافة إلى استمرارها في تحديد الأسعار، إلا أن ذلك التوجه قوبل بالرفض من قبل بعض الدول الأعضاء في المنظمة، واستمر التدهور في الأسعار مما اضطر المنظمة إلى اتخاذ تخفيضات متتالية في السقف الإنتاجي، تسببت في تراجع حصتها في السوق، ولم تتمكن من المحافظة على أسعار نفوطها، و انتهت الأسعار بالإنهيار، حيث انخفض المتوسط الشهري لأسعار خامات غرب تكساس الأمريكي وبرنت ودبي من حوالي 28.6 دولار/برميل خلال شهر نوفمبر 1985 إلى حوالي 9.6 دولار/برميل خلال شهر يوليو 1986 بالأسعار الأسمية ، ومن حوالي 53.7 دولار/برميل خلال شهر نوفمبر 1985 إلى حوالي 19.1 دولار/برميل خلال شهر يوليو 1986 بالأسعار الحقيقية لعام 2010. وبذلك فقدت الأسعار خلال ثمانية أشهر فقط حوالي 66% من قيمتها الأسمية، كما انخفضت أسعار بعض خامات أوبك إلى أقل من 10 دولار/برميل، وتآكل بذلك نظام التسعير الرسمي الذي سبق وأن اعتمدته منظمة أوبك، وانخفض إنتاج أوبك من النفط الخام إلى 14.9 مليون ب/ي مشكلاً حصة 28.5% من الإنتاج العالمي في عام 1985. يذكر أن المملكة العربية السعودية تحملت الجزء الأكبر من الانخفاض في انتاج أوبك، حيث انخفض إنتاجها بشكل كبير من حوالي 9.9 مليون ب/ي في عام 1980 إلى حوالي 3.2 مليون ب/ي في عام 1985.

الأزمة الثانية (1990-1991)

قبل الأزمة الثانية، شـهدت الفترة 1986-1989 انخفاضـاً في أسـعار النفط، حيث ظلت دون عتبة 20 دولار/برميل، إذ بلغ المتوسط الشهري لأسعار خامات غرب تكساس الأمريكي ومزيج برنت ودبي حوالي 18.3 دولار/برميل خلال تلك الفترة.

وإبان الأحداث التي مرت بها منطقة الخليج خلال الفترة (1990-1991)، تنامت المخاوف بشأن فقدان أسواق النفط لنحو 4 مليون ب/ي، وطول الوقت الذي تحتاجه الطاقات الإنتاجية الفائضة لدول أوبك الأخرى للعودة للأسـواق مرة أخرى وتعويض النقص السـائد في المعروض النفطي. وقد شـهدت الأسواق خلال هذه الفترة قفزة نوعية في الأسعار التي تضاعفت من 17.1 دولار/برميل خلال شهر يوليو 1990 إلى 34.5 دولار/برميل خلال شهر أكتوبر 1990، ومن 28.6 دولار/برميل خلال شـهر يوليو 1990 إلى 57.6 دولار/برميل خلال شـهر أكتوبر 1990 بالأسـعار الحقيقية لعام 2010. ولكن القرار الذي اتخذته وكالة الطاقة الدولية بشـأن الموافقة على ضـخ حوالي 2.5 مليون ب/ي من مخزون الطوارئ، والتوقعات بعودة الأوضـاع إلى ما كانت عليه في منطقة الخليج بشـكل سـريع، تلاشـت بذلك المخاوف من أية انقطاعات محتملة للإمدادات فتراجعت بذلك الأسـعار بشـكل سريع إلى مستوياتها التي سادت قبل الأحداث خلال شهر فبراير 1991.

الأزمة الثالثة: الازمة المالية الأسيوية (منتصف فترة التسعينيات)

اجتاحت قارة آسيا خلال النصف الثاني من عقد التسعينات أزمة مالية أصابت معظم قارة آسيا، وكانت أكثر الدول تضـرراً منها أندونيسـيا وكوريا الجنوبية وتايلند، وبدرجةٍ أقل ماليزيا والفلبين ولاوس وهونغ كونغ والصين وتايوان وسنغافورة وبروناي وفيتنام، حيث عانت جميع هذه الدول من انخفاض الطلب والثقة في السوق بدرجات متفاوتة.

وقد انعكست هذه الأزمة التي أصابت أبرز الاقتصاديات الناشئة في آسيا، بدورها على سوق النفط حيث انهار على إثرها متوسط أسعار خامات غرب تكساس الأمريكي وبرنت ودبي بالأسعار الحقيقية لعام 2010 من 27.2 دولار/برميل في شهر أكتوبر 1997 ليصل إلى مستويات متدنية عند 13.9 دولار/برميل في شـهر ديسـمبر 1998، وهو ما أدى إلى حدوث أزمة أخرى لعدد من الدول

المصدرة للنفط، نظراً لانخفاض الاحتياطيات النقدية لديها في تلك الفترة بسبب تدني مستوى أسعار النفط لعدة سنوات قبل الأزمة.

الأزمة الرابعة (2008-2009)

يعد الانخفاض في أسعار النفط خلال عامي 2008-2009، أكبر أزمة انخفاض في أسعار النفط منذ نهاية الحرب العالمية الثانية. فبعد الصعود القوي للأسعار خلال عام 2007 والنصف الأول من عام 2008 حيث وصلت خلاله الأسعار إلى مستويات غير مسبوقة، تهاوت فيما بعد الأسعار، أي خلال النصف الثاني من عام 2008، متأثرة باندلاع الأزمة المالية العالمية التي انطلقت شرارتها بأزمة الرهون العقارية في الولايات المتحدة الأمريكية. فقد انخفضت أسعار النفط بنسبة 70% خلال النصف الثاني من عام 2008، وقد جاء هذا الانهيار كردة فعل للضبابية التي خيمت على آفاق الاقتصاد العالمي من جراء الموجة العنيفة التي صاحبت الانهيارات المتلاحقة للمؤسسات المالية العالمية وموجة الذعر التي أصابت أسواق المال العالمية خلال تلك الفترة.

وبالرغم من أن الأزمة في أسواق السلع لم تقتصر على النفط فقط، حيث طالت الانهيارات أسعار مصادر الطاقة الأخرى (مثل الفحم)، وباقي السلع الأخرى كالمعادن والمواد الغذائية والمواد الخام الزراعية (مثل المطاط الطبيعي)، إلا أن أسعار النفط كانت أشد تأثراً من غيرها من السلع، وارتفعت حدة تقلباتها إلى مستويات غير مسبوقة.

يذكر أنه قد سبق هذه الأزمة طفرة ارتفاع غير مسبوقة في أسعار النفط من حيث اتساع نطاق شمولها ومدة استمرارها، حيث شهدت السوق النفطية العالمية خلال الفترة 2002 – يوليو2008 تصاعداً مستمرا في أسعار النفط العالمية وخاصة خلال النصف الأول من العام 2008، عندما تجاوزت الأسعار الاسمية لسلة خامات أوبك حاجز 130 دولار/برميل ولامس سعر الخام الأمريكي الخفيف في العقود الآجلة حاجز 150 دولار/برميل خلال شهر يوليو 2008. ووصل المعدل السنوي لسعر سلة خامات أوبك بالقيمة الاسمية إلى 94.1 دولار/برميل خلال عام 2008، وهو أعلى معدل سنوي منذ أن بدأ العمل بهذا السعر في عام 1987.

ويمكن إرجاع جذور هذه الطفرة السعرية التي شهدتها أسواق النفط خلال الفترة الممتدة من عام 2002 وحتى منتصف 2008، إلى النمو الاستثنائي في الطلب العالمي على النفط الذي شهدته هذه الفترة. فالطلب العالمي على النفط شهد زيادة مطردة ومتسارعة، وبالمقابل كانت المشكلات ذات العلاقة بجانب العرض تتنامى في سياق ضعف استجابة العرض والطلب على المدى القصير للزيادات التي سجلتها هذه الأسعار، وانخفاض الطاقات الإنتاجية الفائضة لدى أوبك بسبب طول الفترة الزمنية من الأسعار المنخفضة التي شهدتها الأسواق خلال عقدي الثمانينيات والتسعينات، والتي انعكست سلباً على حجم الاستثمارات لتوسعة الطاقات الإنتاجية. فضلاً عن ذلك، مشكلة الاختناقات في صناعة التكرير التي أصبحت تمثل عامل عدم استقرار لسوق النفط العالمية، بسبب الضعف في الاستثمارات المتعلقة ببناء مصاف جديدة خلال عقدي الثمانينيات والتسعينات، جل هذه الظروف التي شهدتها أسواق النفط خلال هذه الفترة تسببت في الضغط على الأسعار الفورية نحو الصعود.

وفي ظل الظروف سالفة الذكر، تزايدت درجة الحساسية الشديدة لأسعار النفط تجاه أي أنباء تشير الى مخاطر انقطاع الإمدادات الناجمة عن الظروف الطبيعية أو الجيوسياسية، والتخوف من تلاشي الطاقات الإنتاجية الفائضة. كل ذلك أدى إلى بداية استقراءات لتوقعات عالية جداً لمستقبل أسعار النفط، حيث ذهب البعض إلى توقع وصولها إلى 200 أو 250 دولار/برميل.

وتسببت الظروف المحيطة بالبيئة الاستثمارية آنذاك، والمتمثلة في ارتفاع مخاطر الاستثمار وتزايد الضبابية في مستقبل أسواق الأسهم والعقارات، وانخفاض الدولار الأمريكي ومعدلات الفائدة في البنوك الأمريكية، إلى نزوح مبالغ طائلة من الاستثمارات المالية، إلى الأسواق الآجلة للنفط، يديرها مستثمرون ليسوا بأصحاب دراية كافية بطبيعة أسواق النفط ومحدداتها الأساسية، وهدفهم الرئيسي هو البحث عن معدلات العائد على الاستثمار المرتفعة في أسواق السلع، وتأثروا بالتوقعات العالية للأسعار المستقبلية التي ظلت ترتفع في ظل الاختناقات والتوجه السائد في أسواق النفط، مما تسبب في الضغط على الأسعار الآجلة صعوداً.

كما أدى ارتفاع الأسعار وحجم التداول في الأسواق الآجلة للنفط الخام، إلى خلق طلب وهمي على ما يسمى بالبراميل الورقية، مما ساهم في رفع سقف التوقعات بشأن الأسعار المستقبلية للنفط. وقد لجأ مستهلكي النفط لزيادة طلبهم على النفط لغرض التخزين والتحوط من ارتفاع أسعار النفط مستقبلاً،

ولذلك برزت ظاهرة فك الارتباط بين مستويات المخزون التجاري وأسعار النفط خلال تلك الفترة، حيث كانا يرتفعان معاً، عندما يتزايد نشاط المضاربة في الأسواق الآجلة للنفط. كما ساهمت عدم شفافية بعض الدول المستهلكة بشأن بيانات مخزوناتها، والضبابية بشأن حجم المخزونات التي تقوم الصين والهند ببنائها في زيادة الضغط على الطلب، كما أدي انخفاض مرونة الطلب السعرية للنفط إلى تزايد الضغط على الأسعار نحو الصعود.

وعندما اندلعت الأزمة المالية العالمية، وظهرت آثارها على الاقتصاد العالمي، انعكست هذه الظروف على أداء الاقتصاد العالمي ومن تم الطلب على النفط من حالة النمو إلى حالة الركود، وقد توالي الخفض في التوقعات بشأن الطلب على النفط وتضاءلت المخاوف المتعلقة بنقص الإمدادات النفطية، بسبب تحول اهتمام السياسة العالمية نحو تداعيات الأزمة، وارتفاع الطاقات الفائضة لدى أوبك، والتي كانت عوامل مباشرة في تحول الضغط على الأسعار نحو الهبوط.

الأزمة الخامسة (2014-2015)

بعد ثلاثة أعوام من الارتفاعات المتواصلة في سعر برميل النفط، بدأت الأسعار في التراجع التدريجي خلال عام 2013، حيث شهد عام 2014 تطورات مهمة في الاقتصاد العالمي بشكل عام، وفي الأسواق البترولية بشكل خاص، حيث بدأ العام بتفاؤل كبير حول أداء الاقتصاد العالمي ونمو الطلب على النفط ، و قُدّر نمو الاقتصاد العالمي بنحو 3.7%، ونمو الطلب على النفط بنحو 1.2 مليون ب/ي. وفي الربع الثالث من عام 2014 اتضح أن هذا التفاؤل مبالغ فيه، فالاقتصاد العالمي لم يتجاوز نموه 3% مع استمرار المشاكل الاقتصادية في بعض الدول الرئيسة مثل أوروبا واليابان وروسيا، وانخفاض النمو عما كان متوقعاً في العديد من الدول الناشئة كالصين والهند والبرازيل. وبالنسبة للنفط، فقد انخفضت الزيادة المتوقعة في الطلب عليه إلى 700 ألف ب/ي، نتيجة لتباطؤ نمو الاقتصاد العالمي، وفي الوقت ذاته يزداد المعروض النفطي من عدة مصادر مثل النفط الصخري ورمال القار ونفط المياه العميقة جداً (ما بعد طبقة الملح البحرية في البرازيل) وأغلبها مناطق ذات تكلفة عالية ساهمت الأسعار المرتفعة خلال السنوات الثلاث الماضية والتطورات التكنولوجية بشكل كبير في توسع إنتاجها.

ثم شهدت أسعار النفط انخفاضاً حاداً خلال عامي 2014 و2015، كانت حصيلته تراجع المعدل السنوي لسعر سلة خامات أوبك بقيمه الاسمية خلال الفترة 2013-2015 بحوالي 57.6 دولار/برميل مقارنة بمستوياته خلال عام 2012، ليبلغ معدل سلة خامات أوبك بالقيم الاسمية خلال النصف الأول من عام 2015 حوالي 51.9 دولار/برميل، وبلغ المعدل الشهري لأسعار سلة خامات اوبك أدنى مستوياته منذ أكثر من خمس سنوات، ليبلغ حوالي 44.4 دولار/برميل خلال شهر يناير 2015. وقد شهدت أسعار النفط تقلبات استثنائية خلال الفترة الممتدة من أكتوبر 2014 وحتى فبراير 2015 متأثرة بتفاقم الأزمة الأخيرة للأسعار.

الجزء الثاني

التعاون بين دول أوبك و بعض الدول المنتجة للنفط من خارجها (دول أوبك+)[1]

تسببت طفرة النفط الصخري الأمريكي في تغيير هيكل إنتاج النفط العالمي بشكل ملحوظ، حيث كان لتلك الطفرة تداعيات كبيرة على السلوك الاستراتيجي لمنتجي النفط الخام الآخرين، ولا سيما دول منظمة أوبك التي استحوذت على حوالي 45% من إجمالي إنتاج النفط الخام العالمي في عام 2008 قبل أن تتراجع حصتها إلى 43% في عام 2015. وفي المقابل ارتفعت حصة الولايات المتحدة الأمريكية في سوق النفط العالمي من 7% إلى 12.6% خلال ذات الفترة، وأصبحت أيضاً مصدراً رئيسياً للنفط، عقب رفع الحظر عن صادرات النفط الأمريكية في شهر ديسمبر 2015.

وفي ظل وضع مضطرب شهدته أسواق النفط العالمية، بعدما تسبب فائض الإمدادات في تراجع كبير في الأسعار منذ منتصف عام 2014، مما أدى إلى تكبُد الدول المنتجة خسائر كبيرة في عائداتها النفطية. عُقد بالعاصمة القطرية الدوحة في شهر فبراير 2016، اجتماع ضم كل من المملكة العربية السعودية وروسيا وقطر وفنزويلا لمناقشة مدى إمكانية تثبيت إنتاج النفط عند مستويات شهر يناير 2016، بشرط التزام الدول المنتجة الأخرى بذلك الأمر.

وخلال شهر أبريل 2016، اجتمع ممثلي 18 دولة منتجة للنفط من داخل وخارج منظمة أوبك بالعاصمة القطرية الدوحة، من أجل استكمال المناقشات بهدف دعم سوق النفط العالمية. إلا أن هذا الاجتماع قد اختتم دون التوصل إلى اتفاق، وخلص المجتمعون إلى إنهم بحاجة لمزيد من الوقت لإجراء مشاورات ومباحثات، على أن يتم بحث وضع السوق خلال الاجتماع الوزاري التالي لدول أوبك. وفي هذا السياق، يذكر أن بعض الدول الأعضاء داخل منظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك) وعلى رأسها الدول العربية قد رفضت خفض إنتاجها، واعتبرت أن قرار الخفض المنفرد

[1] مرفق إعلان التعاون الموقع في 10 ديسمبر 2016.

للإنتاج سيؤدي الى فقدانها مزيد من حصتها في السوق النفطية، ولن يساهم القرار في انتعاش أسعار النفط، إن لم تتخذ الدول المنتجة الأخرى خطوة مماثلة في هذا الخصوص.

وفي ختام إجتماعها الوزاري رقم 169 الذي عُقد في 2 يونيو 2016، أكدت دول أوبك على التزامها باستقرار السوق النفطية وعلى أهمية مواصلة التنسيق والحوار مع بقية الدول المنتجة من خارج أوبك. كما تم الاتفاق على وضع آلية مناسبة للتنسيق بين دول أوبك وبقية المنتجين بغرض الحفاظ على أسعار النفط عند مستويات تلبي مصالح كل من المنتجين والمستهلكين والمستثمرين في الصناعة البترولية.

وخلال الإجتماع الوزاري رقم 170 لمنظمة أوبك الذي عُقد في 28 سبتمبر 2016 بالجزائر، على هامش انعقاد الدورة الخامسة عشر لمنتدى الطاقة الدولي، توصلت دول أوبك إلى اتفاق بشأن خفض إنتاجها النفطي، وذلك للمرة الأولى منذ عام 2008، ليصل إلى مستوى يتراوح ما بين 32.5 إلى 33 مليون ب/ي، أي بانخفاض يبلغ معدله نحو 700 ألف ب/ي مقارنة بمستوى إنتاجها في ذلك الوقت. كما قررت الدول الأعضاء في منظمة أوبك، تشكيل لجنة رفيعة المستوى تدعمها الأمانة العامة للمنظمة، لتحديد مستوى الإنتاج لكل دولة خلال الاجتماع الوزاري التالي. وقد أنيط باللجنة مهمة وضع آلية لإجراء حوار جاد وبناء مع الدول المنتجة غير الأعضاء في منظمة أوبك، بخاصة روسيا، بهدف تحقيق الاستقرار في سوق النفط وتجنب الآثار السلبية على المديين القصير والمتوسط، كما تعمل اللجنة على تحديد المخاطر واتخاذ التدابير الاستباقية بشأنها.

وعلى الرغم من ذلك، واصلت الأسواق النفطية حذرها، نظراً لغياب التفاصيل الهامة المتعلقه بالاتفاق، إضافة إلى الشكوك التي أحاطت بمدى إمكانية التوصل إلى اتفاق شامل وتفصيلي. حيث برزت تساؤلات عدة، مثل: ما هو معدل الخفض لكل دولة؟ وهل سيكون على أساس نسبة واحدة للكل، أم سيتحتم على الدول التي زادت من إنتاجها كثيراً في الأعوام الماضية، أن تتحمل مسؤولية أكبر؟ وهل ستكون هناك دول مستثناة من قرار الخفض، أم لا؟

يأتي ذلك قبل حدوث تطور إيجابي أخر، تمثل في عقد اجتماع بين منظمة أوبك وبعض منتجي النفط من خارجها في 12 أكتوبر 2016، وذلك على هامش مؤتمر الطاقة الدولي في تركيا. الأمر الذي مثل فرصة لإجراء حوار ومناقشة للخطوة التالية بعد اتفاق الجزائر بشأن خفض الانتاج

المشـــار إليه أعلاه. كما عُقد اجتماع فني في 29 أكتوبر 2016 بالعاصـــمة النمســـاوية فيينا ضـــم دول منظمة أوبك وست من الدول المنتجة من خارج المنظمة وهم، روسيا والمكسيك والبرازيل وسلطنة عُمان وأذربيجان وكازاخســـتان. تم خلال الاجتماع محاولة وضـــع التفاصـــيل الخاصـــة بالاتفاق على خفض المعروض النفطي، وأشـــار البيان الختامي إلى أنه قد تم الاتفاق على عقد اجتماع فني آخر قبل الاجتماع الوزاري التالي لمنظمة أوبك.

وقد توصلت الدول الأعضاء في منظمة أوبك خلال إجتماعها الوزاري رقم 171 الذي عُقد في 30 نوفمبر 2016 بالعاصـمة النمسـاوية فيينا، إلى اتفاق بشـأن خفض إنتاجها النفطي بنحو 1.2 مليون ب/ي، تتوزع على النحو المبين في الجدول (1)، على أن يتم تفعيل هذا الاتفاق في الأول من شـــهر يناير 2017، ولمدة ستة أشهر قابلة للتجديد بعد الأخذ في الاعتبار ظروف السوق والتوقعات السائدة.

الجدول رقم (1)
إتفاق منظمة أوبك بشأن خفض الإنتاج، نوفمبر 2016
(ألف ب/ي)

دول أوبك	مستوى الانتاج المرجعي *	كمية الإنتاج المتفق على خفضها	مستوى الانتاج بعد الخفض 1 يناير 2017
الجزائر	1089	(50)	1039
انجولا	1751	(78)	1673
الاكوادور	548	(26)	522
الجابون	202	(9)	193
ايران**	3975	90	3797
العراق	4561	(210)	4351
الكويت	2838	(131)	2707
قطر	648	(30)	618
السعودية	10544	(486)	10058
الامارات	3013	(139)	2874
فنزويلا	2067	(95)	1972
الإجمالي	31236	(1164)	29804

* مستوى الانتاج المرجعي هو مستوي انتاج دول أوبك في شـهر أكتوبر 2016، باستثناء انجولا التي يعد مستوى إنتاج شـهر سبتمبر 2016 هو مستوى انتاجها المرجعي.

** تم الاتفاق مع إيران على تثبيت إنتاجها، كما تم استثناء كلاً من ليبيا ونيجيريا من هذا الاتفاق.

المصدر: منظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك).

أولاً: إنشاء مجموعة دول أوبك+

عُقد الاجتماع الوزاري الأول لدول منظمة أوبك مع الدول المنتجة من خارجها (أوبك+) في 10 ديسمبر 2016، تم خلاله الإتفاق على التزام إحدى عشر دولة منتجة للنفط من خارج المنظمة[2] بخفض إنتاجها بمعدل 558 ألف ب/ي، اعتباراً من 1 يناير 2017، تزامناً مع دخول اتفاق دول أوبك بشأن خفض الإنتاج حيز التنفيذ. وستكون روسيا أبرز الدول المساهمة بتخفيض إنتاجها بمعدل 300 ألف ب/ي على مراحل، حيث ستخفض إنتاجها بمعدل 200 ألف ب/ي مع نهاية الربع الأول من عام 2017، يليه خفض بمعدل 100 ألف ب/ي خلال شهري أبريل ومايو 2017، وتأتي المكسيك في المرتبة الثانية بمعدل خفض 100 ألف ب/ي، ثم كازاخستان بمعدل 50 ألف ب/ي.

كما تم الاتفاق على **إنشاء لجنة وزارية مشتركة للمتابعة** تضم في عضويتها كل من الجزائر والكويت وفنزويلا من داخل منظمة أوبك، إضافة إلى روسيا وعُمان من خارج المنظمة، برئاسة الكويت، وبمساعدة من الأمانة العامة لمنظمة أوبك، تكون مهمتها الرئيسية هي الرصد عن كثب للتنفيذ والامتثال لهذا الاتفاق، وتقديم تقرير دوري إلى الاجتماع الوزاري لدول منظمة أوبك. وشكل هذا الاتفاق تحولاً هاماً في سياسة منظمة أوبك.

وقد شهدت العاصمة النمساوية فيينا في 22 يناير 2017 **الاجتماع الأول للجنة الوزارية المشتركة لدول أوبك+**. تم خلال هذا الاجتماع الاتفاق على وضع آلية شهرية للرقابة على معدلات إنتاج النفط، بما يضمن الالتزام بقرار خفض الانتاج المتفق عليه بهدف دعم الأسعار والاستقرار في السوق النفطية. كما تم التأكيد خلال الاجتماع على قيام الأمانة العامة لمنظمة أوبك بتقديم تقريراً شهريا حول بيانات إنتاج النفط الخام بالنسبة للدول الأعضاء في أوبك وباقي المنتجين من خارج المنظمة، وقد تم تحديد اليوم السابع عشر من كل شهر موعداً لتقديم هذا التقرير. يحق لكل دولة من الدول الخمس الأعضاء في لجنة المراقبة الوزارية، أن تقوم بترشيح خبير فني يكون بمثابة نقطة اتصال، بهدف تشكيل لجنة فنية مشتركة، تضم أيضاً رئاسة منظمة أوبك، وتقوم بتقديم الدعم لوزراء النفط، وتتولى هذه اللجنة الفنية مسؤولية التعاون بشكل منتظم مع الأمانة العامة لمنظمة أوبك في اعداد التقرير الشهري قبل تقديمه الى اللجنة الوزارية.

[2] روسيا والمكسيك وكازاخستان وماليزيا و سلطنة عُمان وأذربيجان والبحرين وغينيا الاستوائية (قبل إنضمامها إلى منظمة أوبك) والسودان وجنوب السودان وسلطنة بروناي.

تعقد اللجنة الوزارية اجتماعاً دورياً بعد اليوم السابع عشر من كل شهر، للنظر في التقارير المُقدمة من قبل اللجنة الفنية والأمانة العامة لمنظمة أوبك، كما تجتمع أيضاً قبل انعقاد اجتماع أوبك الوزاري. وتُصدر بياناً صحفياً شهرياً حول التقدم المحرز في تنفيذ إتفاق خفض الانتاج، مع تقديم تقرير الى رئاسة منظمة أوبك حول انعكاسات تنفيذ هذا القرار على سوق النفط العالمي.

ثانياً: تزايد أهمية دول أوبك – 10 في السوق النفطية العالمية بعد اتفاق أوبك+

تضُم مجموعة أوبك+ في الوقت الحالي 20 دولة منها 10 دول من داخل منظمة أوبك وهي **السعودية والامارات والكويت والعراق والجزائر** وأنجولا والكونغو ونيجيريا والجابون وغينيا الاستوائية فضلاً عن 10 دول من خارج منظمة أوبك وهي روسيا و**البحرين وعُمان والسودان** واذربيجان والمكسيك وماليزيا وبورنوي وكازاخستان وجنوب السودان. هذا وتجدُر الإشارة إلى أنه هناك ست دول عربية أعضاء في مجموعة أوبك+ هي أعضاء في منظمة أوابك وهي (السعودية، الامارات، الكويت، العراق، الجزائر والبحرين)، وتستحوذ على الجزء الأكبر من إجمالي احتياطيات وإنتاج وصادرات النفط الخام لمجموعة أوبك+ ولها ثقل كبير ومؤثر في اتخاذ القرارات فيها، حيث تمثل الدول العربية الست حالياً حوالي 77% من إجمالي احتياطيات مجموعة أوبك+ ويمثل إنتاجها حوالي 51.7% من إجمالي إنتاج مجموعة أوبك+. وبالتالي فإنه على رغم أن أول ما يتبادر إلى الذهن عند الحديث عن استقرار السوق والأسعار هي منظمة أوبك ومجموعة أوبك+، إلا أن للدول الست الأعضاء في منظمة أوابك دوراً كبيراً وهاماً في هذا الشأن في ظل أهميتها في السوق النفطية كونها تشكل الجزء الأكبر من منظمة أوبك نفسها ومن مجموعة أوبك+. ونتناول فيما يلي مقارنة بين أهمية دول أوبك – 10 التي يشملها الاتفاق (تم استثناء بقية دول أوبك وهي ليبيا وإيران وفنزويلا) في سوق النفط العالمي قبل وبعد اتفاق أوبك+:

1. الاحتياطيات المؤكدة من النفط الخام

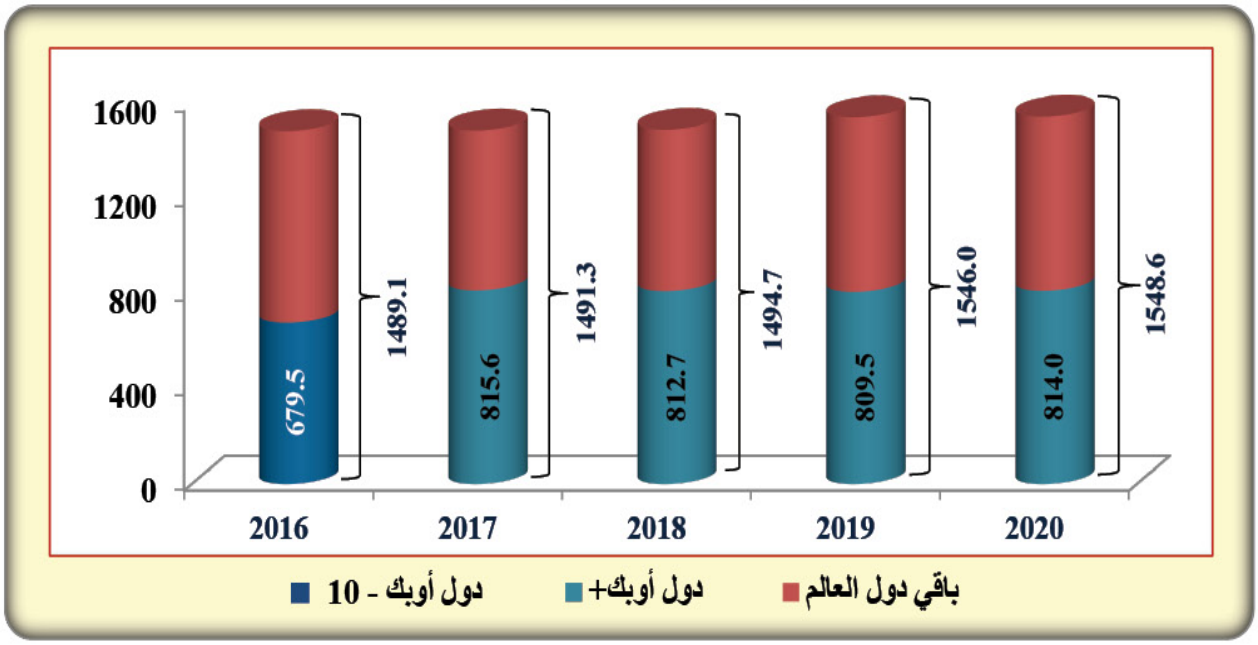
بالنظر إلى حصة دول أوبك – 10 من احتياطيات النفط الخام المؤكدة قبل اتفاق أوبك+، وبالتحديد في نهاية عام 2016، فمن الملاحظ أنها استحوذت على 679.5 مليار برميل من تلك الاحتياطيات، أي ما يشكل حوالي **45.6%** من الإجمالي العالمي الذي كان قد بلغ 1489.1 مليار برميل في نهاية نفس العام. لكن بعد الاتفاق وتوقيع اعلان التعاون، وبإضافة الدول العشر من خارج

منظمة أوبك، استحوذت دول أوبك+ في نهاية عام 2020 على 814 مليار برميل من تلك الاحتياطيات، أي ما يشكل حوالي **52.6%** من الإجمالي العالمي الذي كان قد بلغ 1548.6 مليار برميل في نهاية نفس العام. كما يوضح الشكل (3) والجدول (2):

الشكل رقم (3)

تطور الاحتياطيات العالمية المؤكدة من النفط الخام خلال الفترة (2016 – 2020)

(مليار برميل عند نهاية العام)

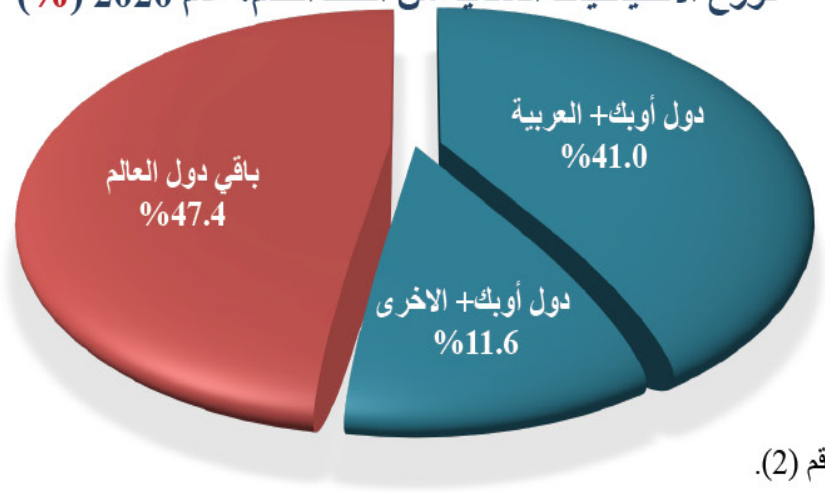


المصدر: الجدول رقم (2).

ومن الملاحظ أن حصة الدول العربية الأعضاء في أوبك+ (ست دول أعضاء في منظمة أوابك بالإضافة إلى عمان والسودان) من إجمالي الاحتياطيات العالمية عام 2020 قد شكلت 41% مقابل 11.6% لدول أوبك+ غير العربية، كما يوضح الشكل (4):

الشكل رقم (4)

توزع الاحتياطيات العالمية من النفط الخام، عام 2020 (%)



المصدر: الجدول رقم (2).

الجدول رقم (2)
الاحتياطيات المؤكدة من النفط الخام في دول أوبك+، 2016-2020
(مليار برميل عند نهاية السنة)

2020	2019	2018	2017	2016	
12.20	12.20	12.20	12.20	12.20	الجزائر
7.23	7.78	8.16	8.38	9.52	أنجولا
1.81	1.95	2.98	2.98	2.98	الكونغو
1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	غينيا الاستوائية
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	الجابون
145.02	145.02	145.02	147.22	148.77	العراق
101.50	101.50	101.50	101.50	101.50	الكويت
36.91	36.89	36.97	37.45	37.45	نيجيريا
261.60	258.60	267.03	266.26	266.21	السعودية
107.00	105.00	97.80	97.80	97.80	الإمارات
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	أذربيجان
0.10	0.10	0.09	0.10	0.12	البحرين
1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	برونوي
30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	كازخستان
3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	ماليزيا
5.50	5.33	5.81	6.54	7.14	المكسيك
5.37	5.37	5.37	5.37	5.37	عُمان
80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	روسيا
1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	السودان
3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	جنوب السودان
676.37	**672.04**	**674.76**	**676.89**	**679.53**	**دول أوبك-10**
137.67	**137.50**	**137.97**	**138.71**	**139.33**	**دول خارج اوبك**
814.04	**809.54**	**812.73**	**815.60**		**إجمالي أوبك+**
1548.65	**1546.02**	**1494.74**	**1491.33**	**1489.13**	**الإجمالي العالمي**

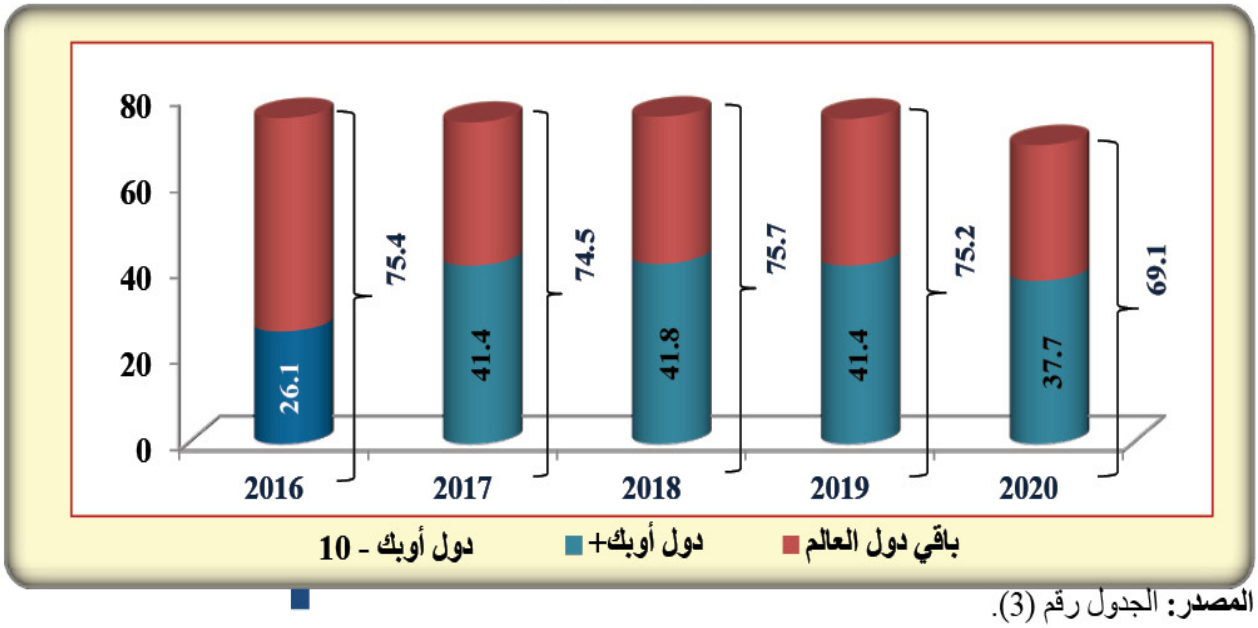
المصادر: التقرير الاحصائي السنوي 2021 / منظمة أوبك، وتقرير الأمين العام السنوي 2020 / منظمة أوابك.

2. إنتاج النفط الخام

بلغ إنتاج دول أوبك – 10 نحو 26.1 مليون ب/ي، أي ما يشكل حوالي **34.6%** من إجمالي إنتاج النفط الخام العالمي الذي كان قد بلغ 75.4 مليون ب/ي في عام 2016. وبعد اتفاق أوبك+ وتوقيع اعلان التعاون، وبإضافة الدول العشر الأخرى من خارج منظمة أوبك، استحوذت مجموعة

دول أوبك+ على 37.7 مليون ب/ي، أي ما يشكل حوالي **54.6%** من الإجمالي العالمي الذي كان قد بلغ 69.1 مليون ب/ي في عام 2020. كما يوضح الشكل (5) والجدول (3):

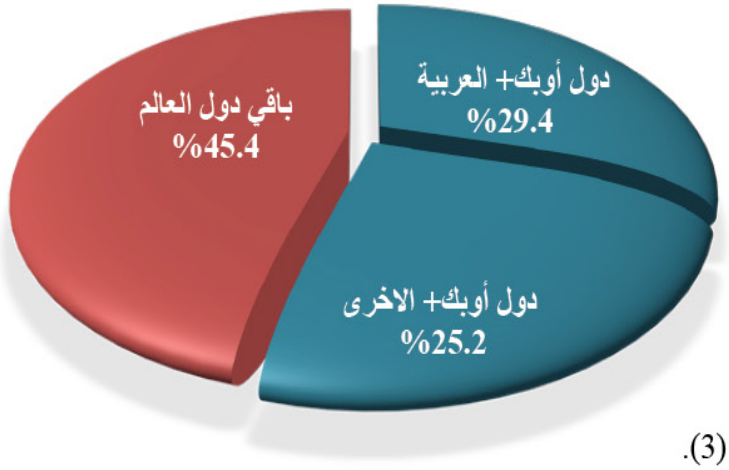
الشكل رقم (5)
تطور الإنتاج العالمي من النفط الخام
خلال الفترة (2016 – 2020)
(مليون ب/ي)



المصدر: الجدول رقم (3).

شكلت حصة الدول العربية الأعضاء في أوبك+ (ست دول أعضاء في منظمة أوابك بالإضافة إلى عمان والسودان) حوالي 29.4% من الإجمالي العالمي من النفط الخام في عام 2020 مقابل 25.2% لدول أوبك+ غير العربية، كما يوضح الشكل (6):

الشكل رقم (6)
توزع الإنتاج العالمي من النفط الخام،
عام 2020 (%)



المصدر: الجدول رقم (3).

الجدول رقم (3)
إنتاج دول أوبك+ من النفط الخام، 2016-2020
(مليون ب/ي)

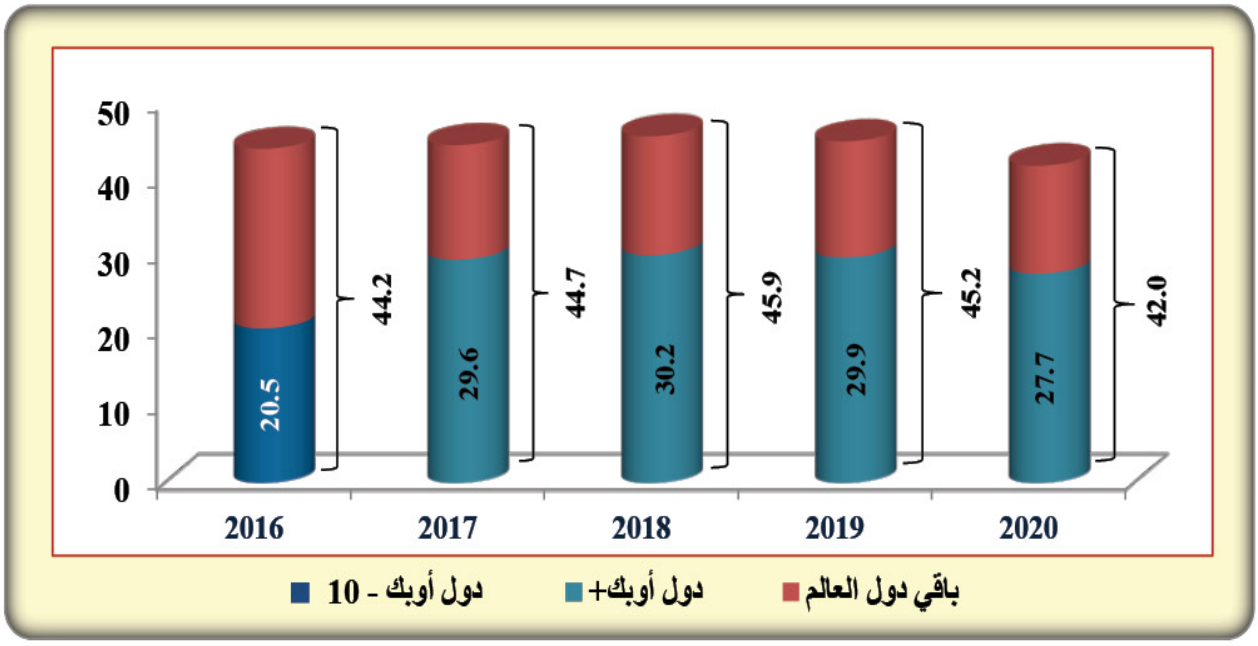
	2016	2017	2018	2019	2020
الجزائر	1.146	1.059	1.040	1.023	0.899
أنجولا	1.722	1.632	1.473	1.373	1.272
الكونغو	0.225	0.263	0.324	0.329	0.300
غينيا الاستوائية	0.160	0.129	0.120	0.110	0.114
الجابون	0.221	0.210	0.193	0.218	0.207
العراق	4.648	4.469	4.410	4.576	3.997
الكويت	2.954	2.704	2.737	2.678	2.438
نيجيريا	1.427	1.536	1.602	1.737	1.493
السعودية	10.460	9.959	10.317	9.808	9.213
الإمارات	3.088	2.967	3.008	3.058	2.779
أذربيجان	0.770	0.729	0.725	0.679	0.611
البحرين	0.205	0.195	0.193	0.194	0.196
برونوي	0.109	0.101	0.100	0.110	0.101
كازخستان	1.320	1.469	1.565	1.587	1.470
ماليزيا	0.657	0.648	0.651	0.609	0.540
المكسيك	2.154	1.948	1.813	1.678	1.660
عُمان	0.909	0.884	0.870	0.841	0.762
روسيا	10.292	10.207	10.383	10.480	9.460
السودان	0.104	0.095	0.100	0.102	0.062
جنوب السودان	0.137	0.147	0.144	0.172	0.170
دول أوبك-10	**26.051**	**24.928**	**25.224**	**24.910**	**22.712**
دول خارج اوبك	**16.657**	**16.423**	**16.544**	**16.452**	**15.032**
إجمالي أوبك+		41.351	41.768	41.362	37.744
الإجمالي العالمي	75.367	74.495	75.695	75.243	69.093

المصادر: التقرير الاحصائي السنوي 2021 / منظمة أوبك، وتقرير الأمين العام السنوي 2020 / منظمة أوابك.

3.صادرات النفط الخام

استحوذت دول أوبك – 10 على 20.5 مليون ب/ي، أي ما يشكل حوالي **46.4%** من إجمالي صادرات النفط الخام العالمية التي بلغت 44.2 مليون ب/ي في عام 2016. وبعد اتفاق أوبك+ وتوقيع اعلان التعاون، وبإضافة الدول العشر من خارج منظمة أوبك، استحوذت دول أوبك+ على 27.7 مليون ب/ي، أي ما يشكل حوالي **66.1%** من الإجمالي العالمي الذي كان قد بلغ 42 مليون ب/ي في عام 2020. كما يوضح الشكل (7) والجدول (4):

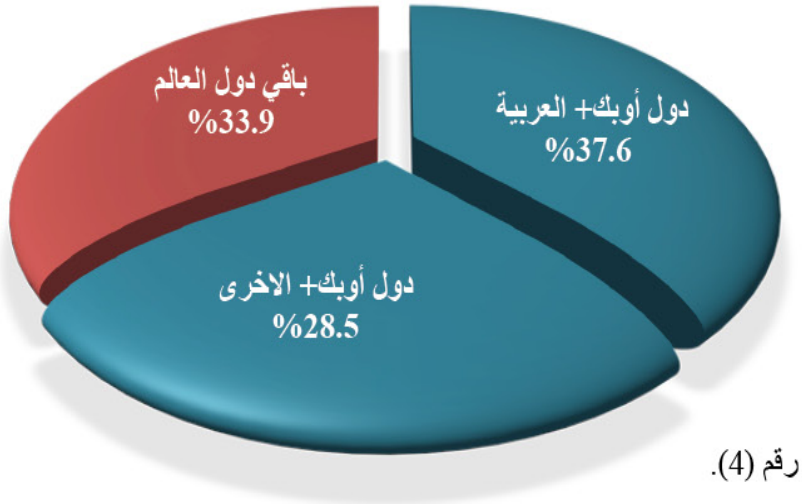
الشكل رقم (7)
تطور الصادرات العالمية من النفط الخام
خلال الفترة (2016 – 2020)
(مليون ب/ي)



المصدر: الجدول رقم (4).

شكلت حصة الدول العربية الأعضاء في أوبك+ (ست دول أعضاء في منظمة أوابك بالإضافة إلى عمان والسودان) حوالي 37.6% من إجمالي صادرات النفط الخام العالمية في عام 2020 مقابل 28.5% لدول أوبك+ غير العربية، كما يوضح الشكل (8):

الشكل رقم (8)
توزع الصادرات العالمية من النفط الخام،
عام 2020 (%)



المصدر: الجدول رقم (4).

الجدول رقم (4)
صادرات دول أوبك+ من النفط الخام، 2016-2020
(ألف ب/ي)

	2016	2017	2018	2019	2020
الجزائر	668.7	632.5	571.0	584.2	438.7
أنجولا	1670.1	1576.7	1420.6	1318.7	1219.7
الكونغو	254.3	261.2	307.1	309.4	282.2
غينيا الاستوائية	157.6	124.8	121.0	110.2	114.5
الجابون	205.2	188.4	174.1	206.9	196.1
العراق	3803.5	3802.0	3862.0	3968.2	3428.4
الكويت	2128.2	2010.0	2050.0	1986.3	1826.3
نيجيريا	1738.0	1811.1	1979.5	2008.2	1879.3
السعودية	7463.4	6968.3	7371.5	7038.1	6658.6
الإمارات	2407.8	2378.7	2296.5	2414.2	2418.4
أذربيجان	655.1	615.3	608.6	559.3	500.3
البحرين	131.9	154.8	156.3	155.8	150.9
برونوي	104.7	98.0	91.9	106.9	82.3
كازخستان	1229.5	1370.7	1401.2	1410.9	1416.7
ماليزيا	342.8	344.8	357.5	287.0	280.0
المكسيك	1273.8	1264.1	1283.3	1199.9	1198.5
عُمان	887.5	803.0	807.8	838.6	859.9
روسيا	5079.3	5057.5	5206.8	5253.0	4653.5
السودان وجنوب السودان	119.6	98.5	114.8	138.2	135.4
دول أوبك-10	**20496.8**	**19753.7**	**20153.3**	**19944.4**	**18462.2**
دول خارج اوبك	**9824.2**	**9806.7**	**10028.2**	**9949.6**	**9277.5**
إجمالي أوبك+		29560.4	30181.5	29894.0	27739.7
الإجمالي العالمي	44194	44699	45924	45222	41988

المصادر: التقرير الاحصائي السنوي لمنظمة أوبك 2021.

الجزء الثالث

انعكاس اتفاق دول أوبك+ على الوضع الحالي والمدى القصير للسوق النفطية العالمية

1. انعكاس الاتفاق على الوضع الحالي للسوق النفطية

- عام 2017

كان لدخول اتفاق خفض الإنتاج بين دول أوبك+ حيز التنفيذ اعتباراً من الأول من شهر يناير 2017، بالإضافة إلى التحسن المستمر في الالتزام بهذا الاتفاق سواء من جانب دول أوبك التي سجلت نسبة التزامها نحو 111% خلال شهر مارس 2017 أو من جانب الدول الملتزمة بخفض الإنتاج من خارج منظمة أوبك التي سجلت نسبة التزامها نحو 54% خلال نفس الشهر، انعكاساً ملحوظاً على سوق النفط العالمي خلال الربع الأول من عام 2017. حيث ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك بنسبة بلغت 9.2% مقارنة بالربع الرابع من عام 2016 ليصل إلى 52 دولار/برميل، وهو أعلى مستوى له منذ الربع الثالث من عام 2015. كما انخفض فائض الإمدادات النفطية العالمية إلى 400 ألف ب/ي مقارنة بنحو 1 مليون ب/ي في الربع السابق. وتراجعت الزيادة في المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن مستوى متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2012-2016)، وهو ما يُعد من أهم أهداف اتفاق دول أوبك+، لتصل إلى 276 مليون برميل في نهاية شهر مارس 2017.

وقد انخفضت الأسعار خلال الربع الثاني من عام 2017 وسط تزايد المخاوف بشأن وفرة إمدادات النفط الخام العالمية، في ظل ارتفاع إنتاج النفط الخام في الولايات المتحدة الأمريكية، وانتعاش الإمدادات من ليبيا ونيجيريا. حيث انخفض متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك بنسبة بلغت 6.5% مقارنة بالربع الأول من عام 2017 ليصل إلى 48.6 دولار/برميل. يأتي ذلك على الرغم من عجز الإمدادات النفطية العالمية البالغ 200 ألف ب/ي، واستمرار تراجع الزيادة في المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2012-2016) إلى 252 مليون برميل في نهاية شهر يونيو 2017.

وخلال الاجتماع الوزاري رقم 172 لمنظمة أوبك الذي عُقد في 25 مايو 2017، إتفقت الدول الأعضـــاء على تمديد خفض إنتاجها لفترة أخرى مدتها تســـعة أشـــهر، أعتباراً من بداية شـــهر يوليو 2017. وعقب أختتام أعمال الاجتماع الوزاري الرســـمي لدول أوبك، عُقد **الاجتماع الوزاري الثاني لدول اوبك+**، وافقت خلاله الدول غير الأعضاء في منظمة أوبك هي الأخرى على تمديد خفض إنتاجها النفطي بمعدل 558 ألف ب/ي لمدة تسعة أشهر إضافية، أي حتى شهر مارس 2018.

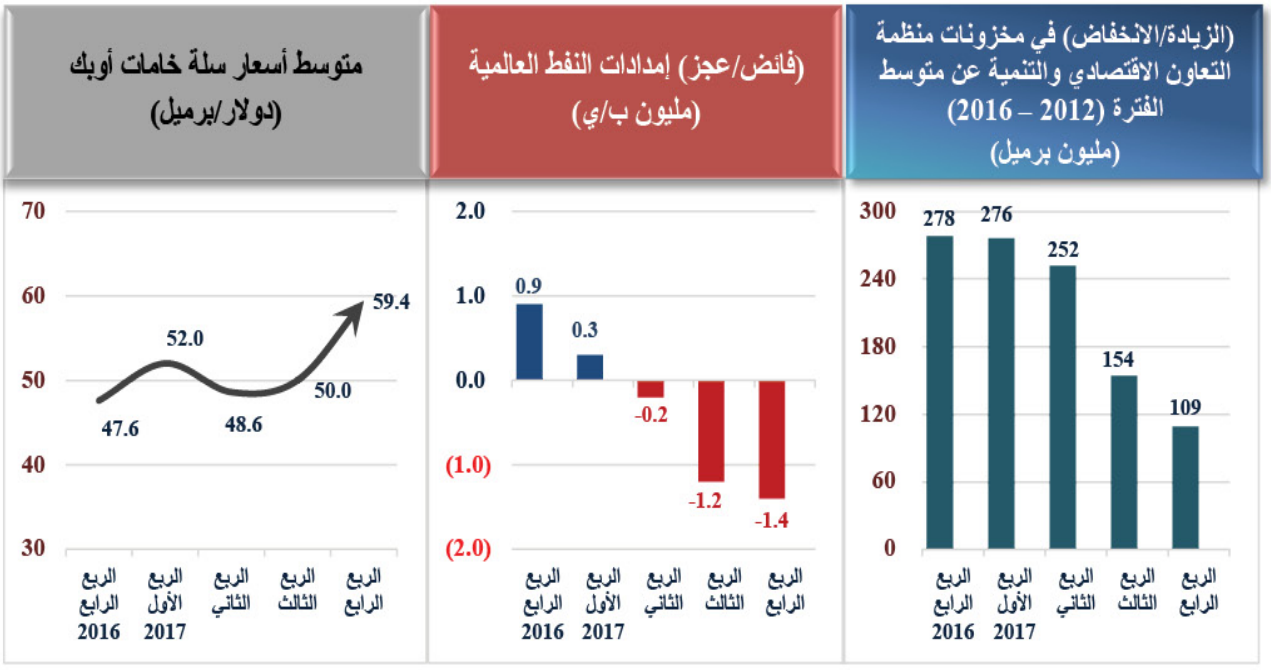
وانعكاســـاً لهذا القرار، ارتفعت الأســـعار خلال الربع الثالث من عام 2017، مع التحســـن الملحوظ في الالتزام بهذا الاتفاق ســـواء من جانب دول أوبك التي ســـجلت نســـبة التزامها نحو 92% خلال شـــهر ســـبتمبر 2017، أو من جانب الدول الملتزمة بخفض الإنتاج من خارج منظمة أوبك التي ســـجلت أعلى نســـبة التزام لها منذ دخول الاتفاق حيز التنفيذ وهي 137% خلال نفس الشـــهر. حيث ارتفع متوسـط الأسـعار الفورية لسـلة خامات أوبك بنسـبة بلغت 2.9% مقارنة بالربع الثاني من عام 2017 ليصـل إلى 50 دولار/برميل، وارتفع عجز الإمدادات النفطية العالمية إلى نحو 1.2 مليون ب/ي، واســـتمر تراجع الزيادة في المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصـــادي والتنمية عن متوسـط الأعوام الخمسـة السـابقة (2012-2016) إلى 154 مليون برميل في نهاية شـهر سبتمبر 2017.

توصـــلت **دول أوبك+** خلال **اجتمـاعهـا الوزاري الثـالـث** الـذي عُقد في نهـايـة شـــهر نوفمبر 2017 إلى قرار بشـأن تمديد العمل باتفاق خفض الإنتاج لمدة تسـعة أشـهر إضـافية، أي حتى نهاية عام 2018. وقد جاء هذا القرار تأكيداً على مواصلة الجهود الرامية لتحقيق الاستقرار في سوق النفط، بما يضمن مصلحة جميع الأطراف في الصناعة النفطية من منتجين ومستهلكين ومستثمرين.

وواصلت الأسعار ارتفاعها خلال الربع الرابع من عام 2017 بدعم من تراجع المخاوف بشأن وفرة إمدادات النفط الخام العالمية، تزامناً مع التحسن الملحوظ في الالتزام بهذا الاتفاق من جانب دول أوبك+ التي ارتفع متوسـط نسـبة التزامها باتفاق خفض الإنتاج خلال شـهر ديسـمبر 2017 مسـجلاً 129% وهو أعلى مسـتوى لها منذ تفعيل الاتفاق. حيث ارتفع متوسـط الأسـعار الفورية لسـلة خامات أوبك بنسـبة 18.8% مقارنة بالربع الثالث من عام 2017 ليصـل إلى 59.4 دولار/برميل. وواصـل عجز الإمدادات النفطية العالمية ارتفاعه ليصـــل إلى 1.4 مليون ب/ي، واســـتمر تراجع الزيادة في

المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2012-2016) إلى 109 مليون برميل في نهاية شهر ديسمبر 2017.

الشكل (9)
التطورات في سوق النفط العالمي خلال عام 2017



- عام 2018

ارتفعت الأسعار خلال الربع الأول من عام 2018، مع التحسن الملحوظ في الالتزام باتفاق خفض الإنتاج من جانب دول أوبك+ التي ارتفع متوسط نسبة التزامها بالاتفاق خلال شهر مارس 2018 إلى 149% وهو أعلى مستوى لها منذ تفعيل الاتفاق. حيث ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك بنسبة بلغت 8.9% مقارنة بالربع الرابع من عام 2017 ليصل إلى 64.7 دولار/برميل، وتراجع عجز الإمدادات النفطية العالمية إلى نحو 300 ألف ب/ي، كما استمر تراجع الزيادة في المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2013-2017) إلى 9 مليون برميل فقط في نهاية شهر مارس 2018.

وكان لارتفاع الطلب العالمي على النفط وتصاعد التوترات الجيوسياسية، دوراً رئيسياً في ارتفاع الأسعار خلال الربع الثاني من عام 2018. مع ارتفاع متوسط نسبة التزام دول أوبك+ باتفاق خفض الإنتاج إلى 147% خلال شهر مايو 2018. حيث ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك بنسبة 11.1% مقارنة بالربع الأول من عام 2018 ليصل إلى 71.9 دولار/برميل، وتراجع عجز الإمدادات النفطية العالمية مجدداً إلى نحو 100 ألف ب/ي، بينما انخفضت المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2013-2017) للمرة الأولى مُنذ بدء تطبيق اتفاق دول أوبك+ بمقدار 33 مليون برميل في نهاية شهر يونيو 2018.

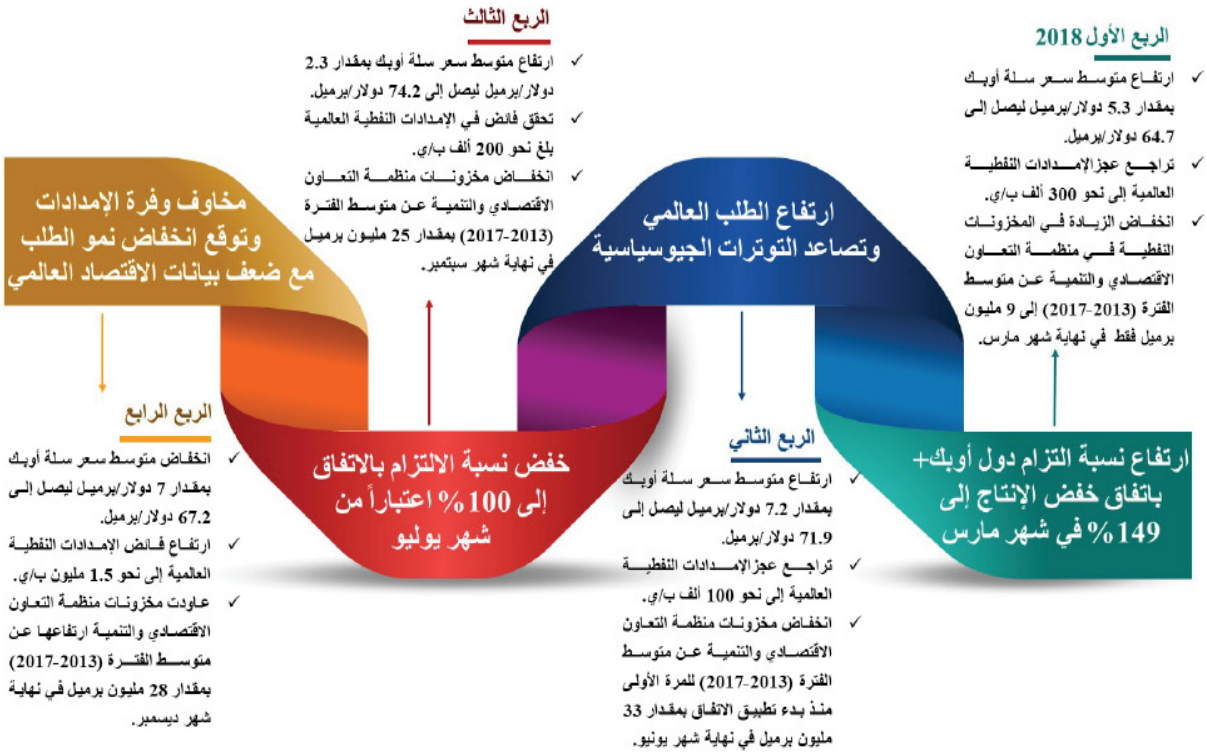
وقررت الدول الاعضاء في منظمة أوبك خلال إجتماعها الوزاري رقم 174 الذي عُقد في 22 يونيو 2018، خفض نسبة الالتزام باتفاق خفض الإنتاج إلى 100% اعتباراً من بداية شهر يوليو 2018، وذلك للفترة المتبقية من سريان الاتفاق، أي حتى نهاية عام 2018. كما وافقت الدول المنتجة للنفط من خارج المنظمة على هذا القرار خلال **الاجتماع الوزاري الرابع لدول أوبك+** الذي عُقد في 23 يونيو 2018، ولكن بدون ذكر أهدافاً واضحة لمستويات الإنتاج.

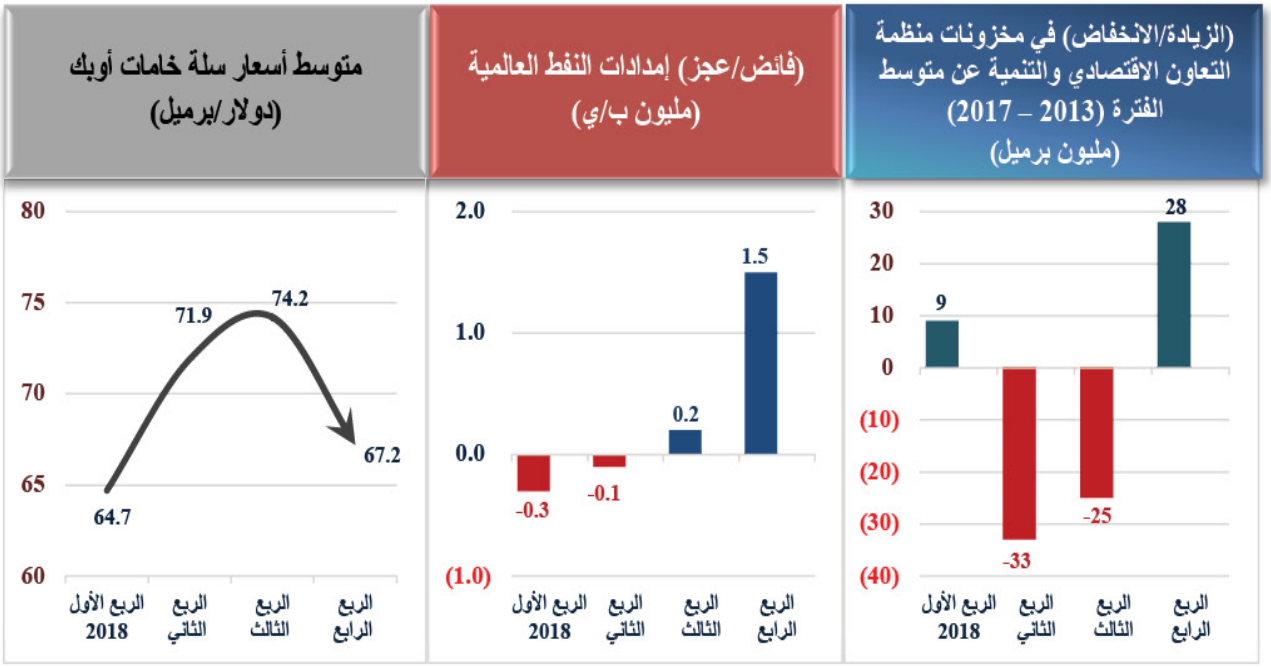
وخلال الربع الثالث من عام 2018 ارتفعت الأسعار، وبلغ متوسط نسبة التزام دول أوبك+ باتفاق خفض الإنتاج 111% خلال شهر سبتمبر 2018. حيث ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك بنسبة بلغت 3.2% مقارنة بالربع الثاني من عام 2018 ليبلغ 74.2 دولار/برميل وهو

أعلى مستوى له منذ الربع الثالث من عام 2014. وشهدت سوق النفط العالمية فائض في الإمدادات بلغ نحو 200 ألف ب/ي، وتراجعت المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2013-2017) بمقدار 25 مليون برميل في نهاية شهر سبتمبر 2018.

وقد كان لتزايد لمخاوف بشأن وفرة إمدادات النفط العالمية مع توقع إنخفاض نمو الطلب العالمي على النفط، وضعف بيانات الاقتصاد العالمي بخاصة في منطقة اليورو والصين والهند، دوراً رئيسياً في حدوث انخفاض في متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك خلال الربع الرابع من عام 2018 بنسبة بلغت 9.5% مقارنة بالربع الثالث من عام 2018 ليصل إلى 67.2 دولار/برميل. وارتفع فائض الإمدادات النفطية العالمية إلى نحو 1.5 مليون ب/ي، كما عاودت المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ارتفاعها عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2013-2017) بمقدار 28 مليون برميل في نهاية شهر ديسمبر 2018.

الشكل (10)
التطورات في سوق النفط العالمي خلال عام 2018





ومع تزايد التوقعات بشأن اختلال التوازن بين العرض والطلب العالمي على النفط في عام 2019، اتفقت دول أوبك خلال اجتماعها الوزاري رقم 175 الذي عُقد في 7 ديسمبر 2018 على خفض الإنتاج بنحو 0.8 مليون ب/ي، وهو ما يعادل 2.5% من مستوى الإنتاج المرجعي، على أن يتم تفعيل هذا الإتفاق بدء من شهر يناير 2019 ولفترة أولية مدتها ستة أشهر، أي حتى شهر يونيو 2019، على أن تتم مراجعة هذا الإتفاق في شهر أبريل 2019. وعقب نهاية هذا الاجتماع، **عُقد الاجتماع الوزاري الخامس لدول أوبك +**، وتم خلاله الاتفاق على خفض الدول المنتجة للنفط من خارج منظمة أوبك لإنتاجها بنحو 0.4 مليون ب/ي، وهو ما يعادل 2% من مستوى إنتاجها المرجعي، وقد تم ذلك بالتزامن مع سريان إتفاق خفض إنتاج دول أوبك بدء من شهر يناير 2019، ليصل بذلك إجمالي الإنتاج المتفق على خفضه من قبل دول أوبك + إلى 1.2 مليون ب/ي، كما يوضح الجدول (5).

الجدول رقم (5)
تعديلات الإنتاج وفقاً للإتفاق خفض الإنتاج
بين دول أوبك وبعض منتجي النفط من خارجها (أوبك +)، ديسمبر 2018
(مليون ب/ي)

	مستوى الإنتاج المرجعي*	الكمية المتفق على خفضها	مستوى الإنتاج بداية من شهر يناير 2019
دول أوبك			
الجزائر	1.057	(0.032)	1.025
أنجولا	1.528	(0.047)	1.481
الكونغو	0.325	(0.010)	0.315
الإكوادور	0.524	(0.016)	0.508
غينيا الاستوائية	0.127	(0.004)	0.123
الجابون	0.187	(0.006)	0.181
العراق	4.653	(0.141)	4.512
الكويت	2.809	(0.085)	2.724
نيجيريا	1.738	(0.053)	1.685
السعودية	10.633	(0.322)	10.311
الإمارات	3.168	(0.096)	3.072
دول خارج أوبك			
أذربيجان	0.796	(0.020)	0.776
البحرين	0.227	(0.005)	0.222
برونوي	0.131	(0.003)	0.128
كازخستان	1.900	(0.040)	1.860
ماليزيا	0.627	(0.015)	0.612
المكسيك	2.017	(0.040)	1.977
عُمان	0.995	(0.025)	0.970
روسيا	11.421	(0.230)	11.191
السودان	0.074	(0.002)	0.072
جنوب السودان	0.132	(0.003)	0.129
إجمالي أوبك	**26.749**	**(0.812)**	**25.937**
إجمالي خارج أوبك	**18.320**	**(0.383)**	**17.937**
إجمالي أوبك+	**45.069**	**(1.195)**	**43.874**

* مستوى الإنتاج المرجعي هو إنتاج شهر أكتوبر 2018 لكل دول أوبك + بإستثناء الكويت، و أذربيجان، و كازخستان.

ملاحظات:

- تم استثناء كل من ليبيا و إيران و فنزويلا من إتفاق خفض الإنتاج.
- مستوى الإنتاج المرجعي لكلا من الكويت و أذربيجان هو إنتاج شهر سبتمبر 2018.
- مستوى الإنتاج المرجعي لكازخستان هو مستوى إنتاج شهر نوفمبر 2018.

المصدر: منظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك).

- عام 2019

خلال الربع الأول من عام 2019 سجلت أسعار النفط الخام أقوى أداء ربع سنوي لها منذ عام 2009، تزامناً مع بدء دخول التعديلات الجديدة لإتفاق خفض، والتوافق القوي والتحسن الملحوظ في الالتزام بهذا الاتفاق. وعلى الرغم من ذلك، انخفض متوسطها خلال هذا الربع مقارنة بمتوسط الربع السابق، الذي شهد تقلبات حادة في الأسعار. حيث إنخفض متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك خلال الربع الأول من عام 2019 بنسبة 6.3% مقارنة بالربع الرابع من عام 2018 ليصل إلى 63.0 دولار/برميل. وانخفض فائض الإمدادات النفطية العالمية إلى 400 ألف ب/ي، كما تراجعت الزيادة في المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2014-2018) إلى 22.8 مليون برميل في نهاية شهر مارس 2019.

قبل أن ترتفع الأسعار خلال الربع الثاني من عام 2019، مع التحسن الملحوظ في متوسط نسبة التزام دول أوبك+ الذي بلغ 168% خلال شهر أبريل، وهو أعلى مستوى له منذ بدء تنفيذ إتفاق خفض الإنتاج، ثم تراجع إلى 163% في شهر مايو و137% في شهر يونيو. حيث ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك خلال الربع الثاني من عام 2019 بنسبة بلغت 7.8% مقارنة بالربع الأول من عام 2019 ليصل إلى 67.9 دولار/برميل. وارتفع فائض الإمدادات النفطية العالمية إلى نحو 600 ألف ب/ي، كما ارتفعت المخزونات التجارية النفطية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2014-2018) بمقدار 67 مليون برميل في نهاية شهر يونيو 2019.

وفي ظل تباطؤ نمو الاقتصاد العالمي بشكل متزايد، مع وجود تحديات كبيرة وشكوك متزايدة تتعلق بالمفاوضات التجارية بين الولايات المتحدة الأمريكية والصين وتطورات السياسة النقدية في الدول المتقدمة وكذلك القضايا الجيوسياسية، وهو ما قد يكون له عواقب محتملة على مستويات المخزون العالمية، وكذلك على معنويات السوق النفطية العالمية والصناعة ككل. أتفقت دول أوبك خلال إجتماعها الوزاري الذي عُقد في الأول من شهر يوليو 2019، على تمديد تعديلات الإنتاج المتفق عليها لفترة إضافية مدتها تسعة أشهر، أي حتى نهاية شهر مارس 2020. كما وافقت الدول المنتجة للنفط من خارج المنظمة على هذا القرار خلال **الاجتماع الوزاري السادس لدول أوبك+** الذي عُقد في 2 يوليو 2019. كما وقعت دول أوبك + على ميثاق تعاون جديد بينها يهدف إلى إقامة "تعاون دائم".

وتباينت إتجاهات أسعار النفط الخام خلال الربع الثالث من عام 2019، حيث كان لكل من تراجع المعروض النفطي وارتفاع الطلب على النفط الخام في أسيا (بخاصة في الصين) وتحسن هوامش التكرير، دوراً رئيسياً في ارتفاع الأسعار خلال شهر يوليو 2019. قبل أن تنخفض الأسعار بشكل ملحوظ خلال شهر أغسطس على خلفية المخاوف بشأن تباطؤ الاقتصاد العالمي وتأثيره السلبي على الطلب على النفط، والتوترات التجارية المتصاعدة بين الولايات المتحدة الأمريكية والصين. وعاودت الأسعار ارتفاعها خلال شهر سبتمبر بدعم من تعطل الإمدادات وتزايد التوترات الجيوسياسية في الشرق الأوسط، مع ارتفاع متوسط نسبة التزام دول أوبك+ إلى 236% وهو أعلى مستوى له منذ بدء تنفيذ إتفاق خفض الإنتاج. وبشكل عام، إنخفض متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك خلال الربع الثالث من عام 2019 بنسبة بلغت 8.3% مقارنة بالربع الثاني من عام 2019 ليصل إلى 62.2 دولار/برميل، وهو أقل مستوى منذ الربع الرابع من عام 2017. وشهدت سوق النفط العالمية عجزاً ملحوظاً في الإمدادات النفطية بلغ 1.5 مليون ب/ي، وانخفضت الزيادة في المخزونات التجارية النفطية بدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2014-2018) إلى 28 مليون برميل في نهاية شهر سبتمبر 2019.

ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك خلال الربع الرابع من عام 2019 بنسبة 1.5% مقارنة بالربع الثالث من عام 2019 ليبلغ 63.1 دولار/برميل، بدعم من قوة الطلب الموسمي على النفط، وارتفاع معدلات تشغيل مصافي التكرير في أسيا لتلبية الطلب على المنتجات النفطية الشتوية، فضلاً عن تراجُع حدة التوترات التجارية بين الولايات المتحدة والصين عقب الإعلان عن توصل الطرفين إلى المرحلة الأولى من الاتفاقية المؤقتة حول التجارة في 13 ديسمبر 2019. وتحقق التوازن بين الإمدادات والطلب في سوق النفط العالمي للمرة الأولى مُنذ بدء تطبيق اتفاق دول أوبك+، واستقرت الزيادة في المخزونات التجارية النفطية بدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2014-2018) عند 29.5 مليون برميل في نهاية ديسمبر 2019.

وخلال الإجتماع الوزاري رقم 177 لمنظمة أوبك الذي عُقد في 5 ديسمبر 2019، تم الإتفاق على إجراء خفض إضافي بمقدار 500 ألف ب/ي على مستويات الإنتاج المتفق عليها في الاجتماع الوزاري رقم 175 والاجتماع الوزاري الخامس لدول أوبك +، وذلك اعتباراً من بداية شهر يناير 2020 وحتى نهاية شهر مارس 2020. كما وافقت الدول المنتجة للنفط من خارج المنظمة على

هذا القرار خلال **الاجتماع الوزاري السابع لدول أوبك+** الذي عُقد في 6 ديسمبر 2019. ومن شأن هذا الاتفاق أن يؤدي إلى خفض إنتاج دول أوبك + بنحو 1.7 مليون ب/ي، كما يوضح الجدول (6).

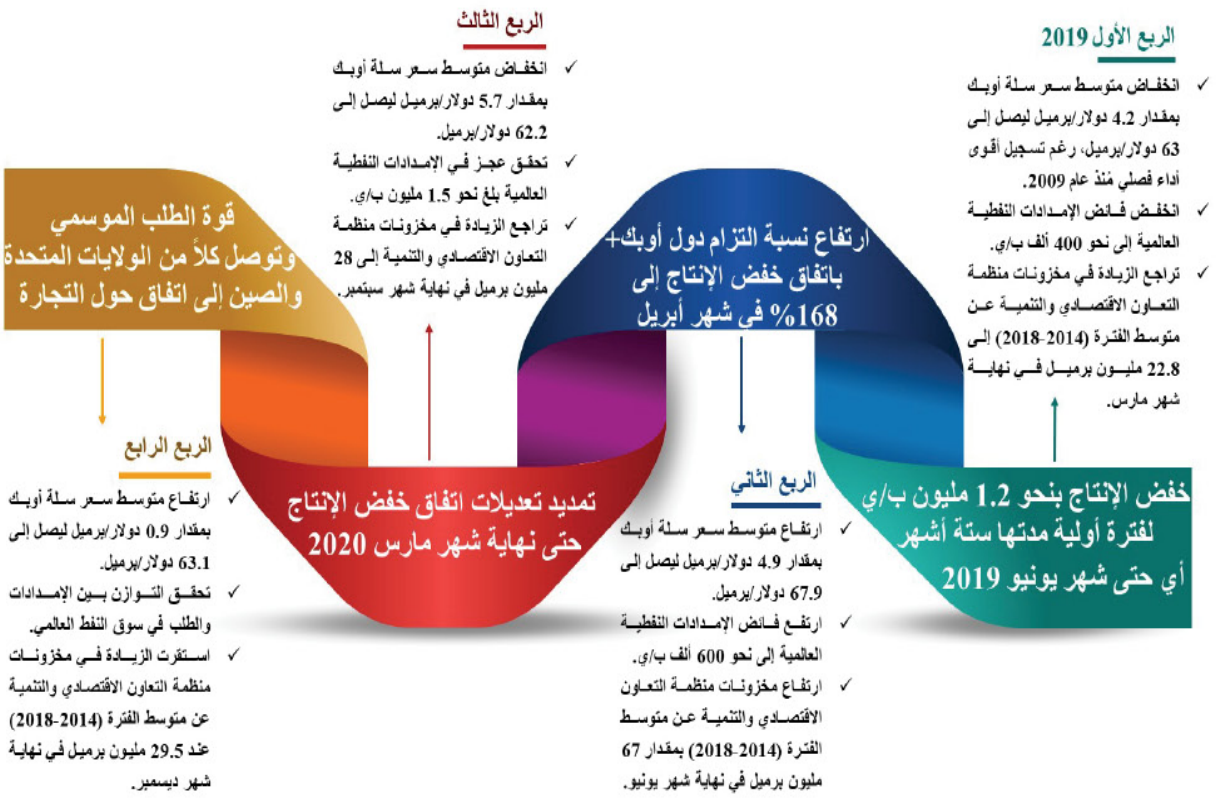
الجدول رقم (6)
تخفيضات الإنتاج الإضافية وفقاً للإتفاق
بين دول أوبك وبعض منتجي النفط من خارجها (أوبك +)، ديسمبر 2019
(مليون ب/ي)

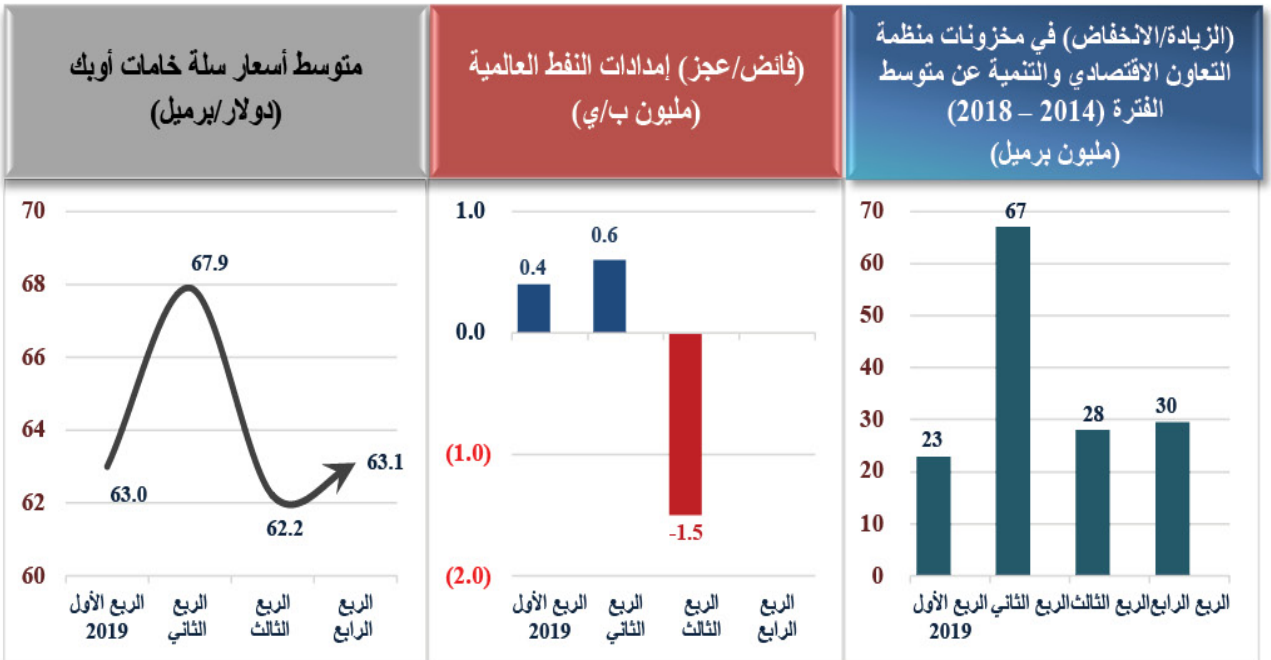
	مستوى الإنتاج المرجعي*	الكمية المتفق على خفضها	مستوى الإنتاج بداية من شهر يناير 2019	الكمية الإضافية المتفق على خفضها بدء من شهر يناير 2020
دول أوبك	**26.749**	**(0.812)**	**25.937**	**(0.372)**
الجزائر	1.057	(0.032)	1.025	(0.012)
أنجولا	1.528	(0.047)	1.481	-
الكونغو	0.325	(0.010)	0.315	(0.004)
الإكوادور	0.524	(0.016)	0.508	-
غينيا الاستوائية	0.127	(0.004)	0.123	(0.001)
الجابون	0.187	(0.006)	0.181	(0.002)
العراق	4.653	(0.141)	4.512	(0.050)
الكويت	2.809	(0.085)	2.724	(0.055)
نيجيريا	1.738	(0.053)	1.685	(0.021)
السعودية	10.633	(0.322)	10.311	(0.167)
الإمارات	3.168	(0.096)	3.072	(0.060)
دول خارج أوبك	**18.320**	**(0.383)**	**17.937**	**(0.131)**
أذربيجان	0.796	(0.020)	0.776	(0.007)
البحرين	0.227	(0.005)	0.222	(0.002)
برونوي	0.131	(0.003)	0.128	(0.001)
كازخستان	1.900	(0.040)	1.860	(0.017)
ماليزيا	0.627	(0.015)	0.612	(0.005)
المكسيك	2.017	(0.040)	1.977	(0.018)
عُمان	0.995	(0.025)	0.970	(0.009)
روسيا	11.421	(0.230)	11.191	(0.070)
السودان	0.074	(0.002)	0.072	(0.001)
جنوب السودان	0.132	(0.003)	0.129	(0.001)
إجمالي أوبك+	**45.069**	**(1.195)**	**43.874**	**(0.503)**

المصدر: منظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك).

بالإضافة إلى ذلك ستواصل العديد من الدول المشاركة في الإتفاق مساهماتها الطوعية الإضافية، مما قد يؤدي إلى خفض إنتاج دول (أوبك +) بأكثر من 2.1 مليون ب/ي.

الشكل (11)
التطورات في سوق النفط العالمي خلال عام 2019





- عام 2020

مع بدء ظهور جائحة فيروس كورونا المستجد (Covid-19)، عُقد **الاجتماع الاستثنائي للجنة الفنية المشتركة لمراقبة الإنتاج لدول أوبك+** خلال الفترة من 4 إلى 6 فبراير 2020. وأوصت اللجنة في نهاية الإجتماع بتمديد تعديلات الإنتاج الطوعية في إطار "إعلان التعاون" حتى نهاية عام 2020، والمضي قدماً في تخفيض إضافي للإنتاج حتى نهاية الربع الثاني من عام 2020. وذلك على خلفية الآثر السلبي لجائحة فيروس كورونا المستجد (Covid-19) على الطلب العالمي على النفط.

ومع تزايد التوقعات السلبية بشأن الاقتصاد العالمي والطلب على النفط في عام 2020، خاصة في الربع الأول والربع الثاني، وسط تفشي جائحة فيروس كورونا المستجد (Covid-19). عُقد الاجتماع الوزاري رقم 178 (الاستثنائي) لمنظمة أوبك في 5 مارس 2020، وتم خلاله الاتفاق على رفع توصية إلى الاجتماع الوزاري الثامن لدول أوبك + بتمديد إتفاق خفض الإنتاج للفترة المتبقية من عام 2020. وكذلك توصية بتخفيض إضافي قدره 1.5 مليون ب/ي حتى نهاية شهر يونيو 2020، يتم تطبيقه بالتناسب بين دول أوبك (1 مليون ب/ي) والدول غير الأعضاء في أوبك المشاركة في إعلان التعاون (0.5 مليون ب/ي).

وعقب نهاية الاجتماع، عقد رؤساء وفود الدول الأعضاء في منظمة أوبك المزيد من المشاورات، وقرروا التوصية بتمديد فترة التخفيض الإضافي المقترح البالغ 1.5 مليون ب/ي حتى نهاية عام 2020 ، بدلاً من 30 يونيو 2020.

إلا أن **الاجتماع الوزاري الثامن لدول أوبك+** الذي عُقد في 6 مارس 2020، لم يتم خلاله التوصل إلى إتفاق بشأن إجراء خفض إضافي على الإنتاج أو حتى تمديد الإتفاق القائم بين دول أوبك+ والمقرر إنتهائه في نهاية شهر مارس 2020. وفي هذا السياق، صرح وزير الطاقة الروسي بأن أعتباراً من أول أبريل 2020 لن تكون هناك قيود على إنتاج النفط.

تراجعت أسعار النفط الخام بشكل حاد خلال الربع الأول من عام 2020، متأثرة بالصدمة غير المسبوقة في الطلب العالمي على النفط بسبب جائحة فيروس كورونا المستجد (Covid-19)، التي دفعت جميع دول العالم تقريباً إلى إتخاذ تدابير عزل وقيود على السفر، وسط فائض كبير من إمدادات النفط الخام العالمية. جاء الجزء الأكبر من هذا التراجع في شهر مارس 2020 الذي شهد أكبر

إنخفاض شـــهري لأســـعار النفط الخام منذ الأزمة المالية العالمية في عام 2008، لتصـــل إلى أدنى مستوياتها منذ عام 2003. حيث إنخفض متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك خلال الربع الأول من عام 2020 بنسبة بلغت 18.4% مقارنة بالربع الرابع من عام 2019، ليصل إلى أدنى مستوى له منذ الربع الثاني من عام 2017 وهو 51.5 دولار/برميل. وتحقق فائض غير مســبوق في الإمدادات النفطية العالمية بلغ نحو 6.7 مليون ب/ي، مع ارتفاع المخزونات التجارية النفطية بدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2015-2019) إلى 88.6 مليون برميل في نهاية شهر مارس 2020.

وفي ظل تفاقم جائحة فيروس كورونا المســتجد، توصـــلت دول أوبك + خلال **الاجتماعين الوزاريين التاسع والعاشر (غير العاديين)** اللذان عقدا خلال شهر أبريل 2020، إلى إتفاق تاريخي بشأن خفض قياسي للإنتاج بمشاركة بعض منتجي النفط الأخرين من خارج دول أوبك+ ومن بينهم الولايات المتحدة الأمريكية. وبموجب هذا الإتفاق يتم إجراء خفض على إجمالي الإنتاج من النفط الخام بمقدار 9.7 مليون ب/ي مطلع شهر مايو 2020، وذلك لفترة أولية تبلغ شهرين تنتهي في 30 يونيو 2020. وخلال مدة الأشهر الستة التالية، من 1 يوليو 2020 إلى 31 ديسمبر 2020، سيكون التخفيض الإجمالي المتفق عليه هو 7.7 مليون ب/ي. وسيتبع ذلك تخفيض قدره 5.8 مليون ب/ي لمدة ستة عشر شهراً، من 1 يناير 2021 وحتى 30 أبريل 2022. على أن يكون الأساس المرجعي لحساب التعديلات هو إنتاج شهر أكتوبر 2018، فيما عدا المملكة العربية السعودية وروسيا، حيث يكون الأساس المرجعي لكل منهما هو 11 مليون ب/ي. وسيكون هذا القرار ساري المفعول حتى نهاية شهر أبريل 2022. ومع ذلك، سيتم النظر في إمكانية تمديد القرار خلال شهر ديسمبر 2021.

وخلال الاجتماع الوزاري رقم 179 لمنظمة أوبك و**الإجتماع الوزاري الحادي عشر لدول أوبك+** اللذان عُقدا خلال شهر يونيو 2020، تم الإتفاق على عدة عناصر رئيسية، من أهمها، أولاً: تمديد المرحلة الأولى من تخفيضات الإنتاج البالغة 9.7 مليون ب/ي، لمدة شهر واحد إضافي لتنتهي في 31 يوليو 2020. ثانياً: الدول التي لم تتمكن من الوصول إلى الالتزام التام (100%) بالإتفاق خلال شهري مايو ويونيو 2020، سيتعين عليها التعويض عن طريق خفض الإنتاج المتفق عليه خلال الشهور الثلاثة التالية (يوليو وأغسطس وسبتمبر 2020).

وأعلنت المملكة العربية السعودية عن تخفيض إنتاجها من النفط الخام لشهر يونيو 2020، بكمية إضافية طوعية تبلغ 1 مليون ب/ي، تُضاف إلى التخفيض الذي التزمت به في إتفاق خفض الإنتاج لدول أوبك+. وأعلنت دولة الكويت تأييدها لجهود المملكة العربية السعودية في إعادة الاستقرار والتوازن لأسواق النفط، وإنها ستبادر بتخفيض إنتاجها من النفط طواعية بمقدار 80 ألف ب/ي خلال شهر يونيو 2020، بالإضافة للتخفيض المُعلن حسب حصتها وفقاً لإتفاق أوبك +، كما أعلنت دولة الامارات العربية المتحدة عن تخفيض إنتاجها من النفط طواعية بمقدار 100 ألف ب/ي خلال نفس الشهر، بالإضافة للتخفيض المُعلن حسب حصتها وفقاً لإتفاق أوبك +.

تهاوت أسعار النفط الخام في بداية الربع الثاني من عام 2020، متأثرة باستمرار فائض المعروض النفطي المتزايد في الأسواق الفورية، والتراجع الكبير في معدلات تشغيل مصافي التكرير، والارتفاع في مخزونات النفط العالمية، على خلفية الصدمة غير المسبوقة في الطلب العالمي على النفط بسبب جائحة فيروس كورونا المستجد (Covid-19)، التي دفعت كل دول العالم تقريباً إلى إتخاذ تدابير عزل وقيود على السفر. قبل أن تشهد أسعار النفط تحسناً نسبياً بدعم من بدء تطبيق الإتفاق التاريخي لخفض قياسي للإنتاج بين دول أوبك+ وبعض منتجي النفط الأخرين مثل الولايات المتحدة الأمريكية في مطلع شهر مايو 2020، مع إجراء كل من المملكة العربية السعودية ودولة الكويت ودولة الامارات العربية المتحدة لتخفيضات إنتاج إضافية وطوعية خلال شهر يونيو. إلى جانب الآمال بشأن تعافي الطلب على النفط، في ظل بدء استئناف النشاط الاقتصادي في العديد من الدول، وهو ما أدى إلى تراجع مخزونات النفط العالمية.

وبشكل عام، إنخفض متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك في الربع الثاني من عام 2020 بشكل حاد بلغت نسبته 48.3% مقارنة بالربع السابق، ليصل إلى أدنى مستوى له منذ الربع الثاني من عام 2003 وهو 26.6 دولار/برميل. وواصل الفائض في إمدادات النفط العالمية مستوياته غير المسبوقة مسجلاً 8.4 مليون ب/ي، مع ارتفاع الزيادة في المخزونات التجارية النفطية في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2015-2019) في نهاية شهر يونيو 2020 إلى 291.2 مليون برميل وهو أعلى مستوى له مسجل مُنذ بدء تطبيق اتفاق دول أوبك+.

وعقدت اللجنة الوزارية المشتركة لدول أوبك+ مجموعة من الإجتماعات خلال الفترة من شهر يوليو إلى شهر سبتمبر 2020، حيث تم الإتفاق خلال الاجتماع الذي عُقد في 15 يوليو 2020،

على الانتقال إلى المرحلة التالية من الإتفاق التي تقضي بتقليص تخفيضات الإنتاج المتفق عليها إلى 7.7 مليون ب/ي، مطلع شهر أغسطس 2020. ولاحظ الإجتماع وجود علامات تحسن مشجعة مع بدء استئناف النشاط الاقتصادي حول العالم. في حين أنه قد يكون هناك عمليات إغلاق محلية أو جزئية قد أُعيد فرضها في بعض المناطق، فإن علامات التعافي واضحة، سواء في الأسواق الفورية أو الأسواق الآجلة.

وخلال الاجتماع الذي عُقد في 19 أغسطس 2020، تم التأكيد على أن تحقيق التوافق بنسبة 100% من جميع الدول المشاركة، وتعويض النقص الذي شهدته الشهور الثلاثة الماضية، ليس عادلاً فحسب، بل هو أمر حيوي لجهود إعادة التوازن وتحقيق استقرار سوق النفط على المدى الطويل. ولاحظ الإجتماع وجود بعض الدلائل على حدوث تحسن تدريجي في أوضاع سوق النفط العالمي، بما في ذلك تقليص الفجوة بين العرض والطلب. ومع ذلك، بدت وتيرة التعافي أبطأ مما كان متوقعاً مع تزايد مخاطر موجة مطولة من جائحة فيروس كورونا المستجد.

وأوصى الإجتماع الذي عُقد في 17 سبتمبر 2020، بتمديد فترة التعويض للدول التي لم تلتزم بتخفيضات الإنتاج المتفق عليها حتى نهاية شهر ديسمبر 2020، بعد أن تعهدت تلك الدول بالتعويض الكامل عن فائض الإنتاج، وهو ما يدعم جهود إعادة التوازن المستمرة، ويساعد في تحقيق استقرار السوق النفطية على المدى البعيد. كما أوصى الإجتماع بأن تكون الدول المشاركة على استعداد لاتخاذ المزيد من التدابير الضرورية عند الحاجة وبخاصة في ظل ارتفاع عدد حالات الإصابات الجديدة بفيروس كورونا المستجد (Covid-19).

ارتفعت أسعار النفط الخام خلال الربع الثالث من عام 2020، بدعم من إنخفاض الفائض في الإنتاج، وتحسن عمليات التكرير ومعدلات التشغيل في مصافي النفط العاملة في المناطق الرئيسية – تزامناً مع التحسن التدريجي في الطلب على المنتجات النفطية في ظل قيام المزيد من الدول بالغاء تدابير العزل التي إتخذتها لمواجهة هذه الجائحة وبداية موسم العطلات، مما أدى إلى إنخفاض مخزونات النفط الخام وبخاصة في الولايات المتحدة الأمريكية. وقد حد من هذا الارتفاع في الأسعار، تجدد المخاوف بشأن تخمة المعروض النفطي عقب رفع حالة القوة القاهرة عن الحقول والموانئ النفطية الليبية، واستئناف إنتاج وتصدير النفط بعد توقف دام نحو ثمانية أشهر.

بشكل عام، ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك في الربع الثالث من عام 2020 بنسبة بلغت 63.2% مقارنة بالربع السابق، مرتفعاً من أدنى مستوى له مُنذ الربع الثاني من عام 2003، ليصل إلى 43.4 دولار/برميل. وشهدت سوق النفط العالمية عجزاً في الإمدادات النفطية العالمية بلغ 1 مليون ب/ي، كما تراجعت الزيادة في المخزونات التجارية النفطية في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2015-2019) إلى 211.9 مليون برميل في نهاية شهر سبتمبر 2020.

في هذا السياق، أكد الإجتماع الذي عُقد في 19 أكتوبر 2020، على المساهمات الإيجابية المستمرة لإعلان التعاون في دعم إعادة التوازن في أسواق النفط العالمية، وجددت جميع الدول المشاركة التزامها التام بنسبة 100%، وتعويض الفائض في الإنتاج من قبل الدول التي لم تلتزم بتخفيضات الإنتاج المتفق عليها لفترة تمتد حتى نهاية ديسمبر 2020، من أجل تحقيق هدف إعادة توازن السوق وتجنب التأخير غير المبرر. كما تم الإشادة بالأداء الإيجابي في نسبة الالتزام الإجمالية لدول أوبك+ التي بلغت 102% في شهر سبتمبر 2020، وهي الأعلى مُنذ شهر مايو 2020 (باستثناء التخفيضات الإضافية الطوعية من المملكة العربية السعودية ودولة الكويت ودولة الإمارات العربية المتحدة في شهر يونيو 2020). وقد لوحظ تباطؤ تعافي الاقتصاد العالمي بسبب الموجة الثانية من الإصابات بفيروس كورونا في الاقتصادات الرئيسية، لا سيما في دول الأمريكتين وآسيا وأوروبا.

وأشاد **الإجتماع الرابع والعشرون للجنة الوزارية المشتركة للمراقبة لدول (أوبك+)** الذي عُقد في 17 نوفمبر 2020 بالأداء الإيجابي في نسبة الالتزام الإجمالية لدول أوبك+، وأشار إلى أنه خلال الفترة (مايو – أكتوبر) 2020، ساهمت الدول المشاركة في خفض إمدادات النفط العالمية بنحو 1.6 مليار برميل، بما في ذلك التعديلات الطوعية، وكان هذا مفتاحاً لإعادة توازن سوق النفط العالمي. كما تم الإشارة إلى أن إجمالي حجم التعويضات عن الفائض في الإنتاج من قبل الدول المشاركة بلغ 768 ألف ب/ي، وهو ما قد أدى إلى تحقيق متوسط نسبة التزام إجمالية بلغ 99.5% مُنذ بدء دخول الإتفاق حيز التنفيذ في شهر مايو 2020. وقد تم ملاحظة الطلب القوي على النفط في آسيا والمؤشرات الإيجابية عن اللقاحات المحتملة ضد فيروس كورونا المستجد، إلا أن الموجة الثانية من هذا الفيروس في الاقتصادات الكبرى قد طغت على هذه التطورات، وأن تدابير احتواء جائحة فيروس كورونا

المستجد الأكثر صرامة (بما في ذلك عمليات الإغلاق الكلي) تؤثر على انتعاش الطلب العالمي على النفط، وأن المخاطر الكامنة وحالة عدم اليقين لا تزال مرتفعة.

ارتفعت أسعار النفط الخام خلال الربع الرابع من عام 2020، بدعم من المؤشرات الإيجابية حيال لقاحات فيروس كورونا المستجد التي أنعشت التفاؤل بشأن الرفع التدريجي للقيود المفروضة على حركة التنقل والإسراع من إنتعاش الطلب، فضلاً عن الطلب القوي على النفط الخام من المصافي العاملة في منطقة آسيا والمحيط الهادئ وتحديداً في الصين والهند، وتراجع مخزونات النفط الخام العائمة، والتوافق القوي بين **دول أوبك+** بشأن تعديلات إتفاق خفض الإنتاج. إلى جانب إضطراب الإمدادات في بحر الشمال وموسم الأعاصير النشطة في خليج المكسيك الأمريكي خلال النصف الأول من شهر أكتوبر 2020.

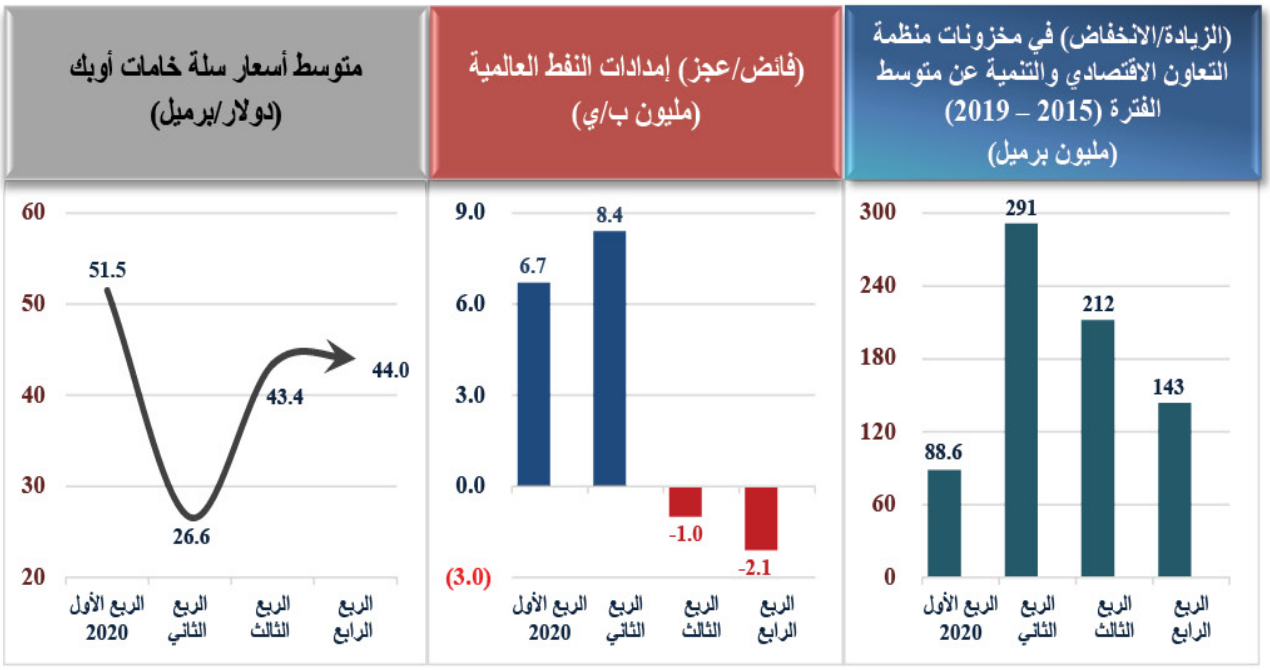
وقد حد من هذا الارتفاع في الأسعار، تنامي المخاوف بشأن تباطؤ وتيرة تعافي الطلب على النفط وسط موجة ثانية حادة من الإصابات بفيروس كورونا المستجد في عدة مناطق حول العالم وبخاصة في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا. وكذلك ضعف هوامش التكرير، وارتفاع مستويات المخزونات الأمريكية، فضلاً عن الإنتعاش المطرد لإنتاج النفط الخام في دولة ليبيا عقب رفع حالة القوة القاهرة عن الحقول والموانئ النفطية واستئناف إنتاج وتصدير النفط بعد توقف دام ثمانية أشهر.

بشكل عام، ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك في الربع الرابع من عام 2020 بنسبة بلغت 1.3% مقارنة بالربع السابق، ليصل إلى 44 دولار/برميل، وارتفع عجز الإمدادات النفطية العالمية إلى نحو 2.1 مليون ب/ي، كما واصلت الزيادة في المخزونات التجارية النفطية في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2015-2019) تراجعها لتصل إلى 143.4 مليون برميل في نهاية شهر ديسمبر 2020.

وخلال **الإجتماع الوزاري الثاني عشر لدول أوبك+** الذي عُقد في 3 ديسمبر 2020، تم الاتفاق على تقليص تخفيضات الإنتاج بمقدار 500 ألف ب/ي اعتباراً من بداية شهر يناير 2021 لتصبح 7.2 مليون ب/ي. مع عقد اجتماعات وزارية شهرية لتقييم ظروف السوق واتخاذ قرار بشأن تعديلات الإنتاج الإضافية للشهر التالي، مع تعديلات شهرية أخرى لا تزيد عن 500 ألف ب/ي. كما تم الموافقة على تمديد فترة التعويض للدول التي لم تلتزم بتخفيضات الإنتاج المتفق عليها إلى

الفترة من شـــهر يناير وحتى نهاية شـــهر مارس 2021، وذلك لضـــمان التعويض الكامل عن الإنتاج الزائد من جميع الدول المشاركة في إعلان التعاون.

الشكل (12)
التطورات في سوق النفط العالمي خلال عام 2020



- عام 2021

عُقد **الإجتماع الوزاري الثالث عشـــر لدول أوبك+** يومي 4 و5 شـــهر يناير 2021، وقد تم خلاله الإتفاق على أن يتم إجراء تعديلات على مســـتوى الإنتاج لشـــهري فبراير ومارس 2021 وفقاً للتوزيع المفصل في الجدول (7) الموضح أدناه. وأن يتم تحديد التعديلات على مستوى الإنتاج لشهر أبريل 2021 والأشـــهر اللاحقة خلال الاجتماعات الوزارية الشـــهرية، وفقاً للمعايير المتفق عليها في الإجتماع الوزاري الثاني عشـر لدول أوبك+. ولاحظ الاجتماع أن مستويات المطابقة المرتفعة بإتفاق خفض الإنتاج قد ســـاهمت بشـــكل كبير في إعادة توازن الســـوق النفطية العالمية واســـتقرارها. فخلال الفترة ما بين شـــهري مايو ونوفمبر 2020، ســـاهمت دول أوبك+ في خفض الإمدادات العالمية بنحو 1.9 مليار برميل، بما في ذلك التخفيضات الطوعية، وكان هذا مفتاحاً لإعادة التوازن في السوق.

هذا وقد أعلنت المملكة العربية السـعودية إنها سـتُجري تخفيضـات إضـافية طوعية في إنتاجها النفطي تبلغ 1 مليون ب/ي خلال شهري فبراير ومارس 2021.

الجدول رقم (7)
مستويات الإنتاج الطوعية
وفقاً للتعديلات الجديدة لإتفاق أوبك+ لخفض الإنتاج، يناير 2021
(ألف ب/ي)

	المستوى المرجعي	يناير 2021		فبراير 2021		مارس 2021	
		خفض الانتاج	المستوى بعد الخفض	خفض الانتاج	المستوى بعد الخفض	خفض الانتاج	المستوى بعد الخفض
الجزائر	1057	(181)	876	(181)	876	(181)	876
أنجولا	1528	(261)	1267	(261)	1267	(261)	1267
الكونغو	325	(56)	269	(56)	269	(56)	269
غينيا الاستوائية	127	(22)	105	(22)	105	(22)	105
الجابون	187	(32)	155	(32)	155	(32)	155
العراق	4653	(796)	3857	(796)	3857	(796)	3857
الكويت	2809	(480)	2329	(480)	2329	(480)	2329
نيجيريا	1829	(313)	1516	(313)	1516	(313)	1516
السعودية	11000	(1881)	9119	(1881)	9119	(1881)	9119
الإمارات	3168	(542)	2626	(542)	2626	(542)	2626
أذربيجان	718	(123)	595	(123)	595	(123)	595
البحرين	205	(35)	170	(35)	170	(35)	170
برونوي	102	(17)	85	(17)	85	(17)	85
كازخستان	1709	(292)	1417	(282)	1427	(272)	1437
ماليزيا	595	(102)	493	(102)	493	(102)	493
المكسيك	1753	–	1753	–	1753	–	1753
عُمان	883	(151)	732	(151)	732	(151)	732
روسيا	11000	(1881)	9119	(1816)	9184	(1751)	9249
السودان	75	(13)	62	(13)	62	(13)	62
جنوب السودان	130	(22)	108	(22)	108	(22)	108
دول أوبك-10	**26683**	**(4564)**	**22119**	**(4564)**	**22119**	**(4564)**	**22119**
دول خارج اوبك	**17170**	**(2636)**	**14534**	**(2561)**	**14609**	**(2486)**	**14684**
إجمالي أوبك+	43853	(7200)	36653	(7125)	36728	(7050)	36803

المصدر: منظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك).

عُقد **الإجتماع الوزاري الرابع عشر لدول أوبك+** في 4 مارس 2021، وتم التوصل إلى إتفاق بشأن إبقاء مستويات الإنتاج لشهر أبريل 2021 دون تغيير عن الشهر السابق، باستثناء روسيا وكازاخستان اللتان سيسمح لهما بزيادة الإنتاج بمقدار 130 ألف ب/ي و20 ألف ب/ي على الترتيب، بسبب استمرار أنماط الاستهلاك الموسمي. وتم الموافقة على طلب الدول التي لم تستكمل تعويضاتها عن الإنتاج الزائد عن حصتها في إتفاق خفض الإنتاج، بتمديد فترة التعويض حتى نهاية يوليو 2021.

ارتفعت أسعار النفط الخام بشكل ملحوظ خلال الربع الأول من عام 2021، بدعم من استمرار التطورات الإيجابية في أساسيات سوق النفط وأسواق العقود الآجلة الإيجابية. **فعلى جانب الطلب،** ارتفع استهلاك زيت التدفئة على خلفية فصل الشتاء قارس البرودة في أجزاء كبيرة من نصف الكرة الأرضية الشمالي، وبالتحديد في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا وشمال آسيا. وتزايدت الآمال بشأن ارتفاع الطلب العالمي على النفط. **وعلى جانب الإمدادات،** قُيدت إمدادات النفط الخام العالمية، حيث واصلت **دول أوبك+** إظهار مستويات توافق قوية مع تعديلات إتفاق خفض الإنتاج، وأجرت المملكة العربية السعودية خفض إضافي وطوعي على إنتاجها بمقدار 1 مليون ب/ي على مدى شهري فبراير ومارس 2021، وتعطلت الإمدادات الأمريكية بشكل قياسي بسبب موجة الطقس المتجمد غير المسبوقة، كما تعطلت تدفقات النفط الخام العالمية بشكل مؤقت بسبب جنوح سفينة حاويات عملاقة في قناة السويس وهو ما أدى إلى تعليق حركة الملاحة بالقناة. وتلقت أسعار النفط الخام دعماً من الانخفاض المستمر في المخزونات النفطية لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. وقد حد من هذا الارتفاع في الأسعار، تجدد قيود الإغلاق في أوروبا لاحتواء موجة ثالثة من فيروس كورونا المستجد، وتعثر جهود توزيع اللقاحات بسبب أزمة الإمدادات الناجمة عن تأخير الشحنات، وارتفاع صادرات النفط الخام الإيرانية رغم استمرار العقوبات الاقتصادية الأمريكية.

بشكل عام، ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك في الربع الأول من عام 2021 بنسبة بلغت 36.5% مقارنة بالربع السابق، ليصل إلى 60 دولار/برميل، وانخفض عجز الإمدادات النفطية العالمية إلى نحو 100 ألف ب/ي، كما تراجعت الزيادة في المخزونات التجارية النفطية في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2016-2020) إلى 37.8 مليون برميل في نهاية شهر مارس 2021.

وخلال **الاجتماع الوزاري الخامس عشر لدول أوبك+**، تم الاتفاق على تعديل مستويات الإنتاج للشهور مايو ويونيو ويوليو 2021 وفقاً للتوزيع المفصل في الجدول (8) الموضح أدناه، مع استمرار الالتزام بالآلية المتفق عليها في الاجتماع الوزاري الثاني عشر لدول أوبك+ الخاصة بعقد اجتماعات وزارية شهرية لتقييم ظروف سوق النفط العالمي واتخاذ قرار بشأن تعديلات مستوى الإنتاج للشهر التالي، بحيث لا تزيد التعديلات عن 500 ألف ب/ي. وتم الإشارة إلى التطورات الإيجابية في سوق النفط التي تدعمها برامج التطعيمات وحزم التحفيز في الاقتصادات الرئيسية.

وأشار الاجتماع إلى أنه منذ اجتماع شهر أبريل 2020، ساهمت دول أوبك+ في تخفيض المعروض النفطي العالمي بمقدار 2.6 مليار برميل من النفط حتى نهاية شهر فبراير 2021، مما أدى إلى تسريع إعادة التوازن إلى سوق النفط العالمي. وأعرب الاجتماع عن الشكر للدول التي قدمت خططاً لتعويض الزيادة السابقة في إنتاجها عن المستوى المحدد وفقاً للاتفاق. وتم الموافقة على طلب عدة دول لم تستكمل بعد تلك الخطط بتمديد فترة التعويض حتى نهاية شهر سبتمبر 2021.

الجدول رقم (8)
مستويات الإنتاج الطوعية
وفقاً للتعديلات الجديدة لإتفاق أوبك+ لخفض الإنتاج، أبريل 2021
(ألف ب/ي)

	المستوى المرجعي	مايو 2021		يونيو 2021		يوليو 2021	
		خفض الانتاج	المستوى بعد الخفض	خفض الانتاج	المستوى بعد الخفض	خفض الانتاج	المستوى بعد الخفض
الجزائر	1057	(170)	887	(159)	898	(145)	912
أنجولا	1528	(245)	1283	(230)	1298	(209)	1319
الكونغو	325	(52)	273	(49)	276	(44)	281
غينيا الاستوائية	127	(20)	107	(19)	108	(17)	110
الجابون	187	(30)	157	(28)	159	(26)	161
العراق	4653	(748)	3905	(699)	3954	(637)	4016
الكويت	2809	(451)	2358	(422)	2387	(384)	2425
نيجيريا	1829	(294)	1535	(275)	1554	(250)	1579
السعودية	11000	(1768)	9232	(1653)	9347	(1505)	9495
الإمارات	3168	(509)	2659	(476)	2692	(433)	2735
أذربيجان	718	(115)	603	(108)	610	(98)	620
البحرين	205	(33)	172	(31)	174	(28)	177
برونوي	102	(16)	86	(15)	87	(14)	88
كازخستان	1709	(246)	1463	(240)	1469	(234)	1475
ماليزيا	595	(96)	499	(89)	506	(81)	514
المكسيك	1753	–	1753	–	1753	–	1753
عُمان	883	(142)	741	(133)	750	(121)	762
روسيا	11000	(1582)	9418	(1543)	9457	(1505)	9495
السودان	75	(12)	63	(11)	64	(10)	65
جنوب السودان	130	(21)	109	(20)	110	(18)	112
دول أوبك-10	**26683**	**(4287)**	**22396**	**(4010)**	**22673**	**(3650)**	**23033**
دول خارج اوبك	**17170**	**(2263)**	**14907**	**(2190)**	**14980**	**(2109)**	**15061**
إجمالي أوبك+	**43853**	**(6550)**	**37303**	**(6200)**	**37653**	**(5759)**	**38094**

المصدر: منظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك).

وعُقد **الاجتماع الوزاري السادس عشر لدول أوبك+** في 27 أبريل 2021. سلط الاجتماع الضوء على التعافي المستمر في الاقتصاد العالمي، مدعوماً بمستويات غير مسبوقة من التحفيز المالي، مع الإشارة إلى أنه من المتوقع تحقيق انتعاش أسرع في النصف الثاني من عام 2021. غير أنه قد شدد على أن ارتفاع حالات الإصابة بفيروس كورونا المستجد في عدد من الدول، على الرغم من حملات التطعيم المستمرة، يمكن أن يعرقل الانتعاش الاقتصادي والطلب على النفط.

وتم الاتفاق على مواصلة تنفيذ قرار تعديل الإنتاج خلال الشهور الثلاثة، مايو ويونيو ويوليو 2021، الصادر عن الاجتماع الوزاري الخامس عشر لدول أوبك+.

ولاحظ **الاجتماع الوزاري السابع عشر لدول أوبك+** الذي عُقد في الأول من شهر يونيو 2021 التعزيز المستمر لأساسيات سوق النفط العالمي، حيث أظهر الطلب على النفط علامات واضحة على التحسن، وتراجع المخزون النفطي لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، مع استمرار الانتعاش الاقتصادي في معظم أنحاء العالم بدعم من تسارع حملات التطعيم ضد فيروس كورونا المستجد. كما رحب الاجتماع بالأداء الإيجابي للدول المشاركة في إعلان التعاون. حيث بلغ معدل الامتثال الإجمالي لتعديلات الإنتاج 114% في شهر أبريل 2021 (بما في ذلك المكسيك).

وتم الاتفاق على عدة نقاط، والتي كانت على النحو التالي:

1. إعادة التأكيد على التزام الدول المشاركة في إعلان التعاون باستقرار سوق النفط العالمي بما يخدم المصلحة المشتركة للدول المنتجة، والإمداد الاقتصادي والآمن للمستهلكين، وتحقيق عائد عادل على رأس المال المستثمر.
2. إعادة التأكيد على الالتزام بالقرارات التي تم التوصل إليها خلال الاجتماع الوزاري العاشر لدول أوبك+ في شهر أبريل 2020، والاجتماعات اللاحقة في الأشهر الثلاثة، يونيو وسبتمبر وديسمبر 2020، وكذلك في شهري يناير وأبريل 2021، لإعادة 2 مليون ب/ي من تعديلات الإنتاج المتفق عليها إلى سوق النفط العالمي تدريجياً، مع تحديد سرعة إتمام ذلك الأمر وفقاً لظروف السوق.
3. التأكيد على أهمية الالتزام بالامتثال التام لاتفاق خفض الإنتاج، والاستفادة من تمديد فترة التعويض حتى نهاية شهر سبتمبر 2021 كما طلبت بعض الدول ذات الامتثال الضعيف.
4. إعادة التأكيد على القرار الذي تم اتخاذه في الاجتماع الوزاري الخامس عشر لدول أوبك+ بشأن تعديلات الإنتاج لشهر يوليو 2021، بالنظر إلى أساسيات السوق المرصودة.

ارتفعت أسعار النفط الخام خلال الربع الثاني من عام 2021، بدعم من قوة أساسيات سوق النفط الفورية وأسواق العقود الآجلة. حيث ارتفعت عمليات الشراء لمصافي تكرير النفط في آسيا والمحيط الهادئ وأوروبا، واستمر انتعاش عمليات تشغيل المصافي وتراجُع مخزونات النفط الخام في الولايات المتحدة الأمريكية، وسط توقع المزيد من التعافي في الطلب في قطاع النقل خلال موسم السفر والقيادة الصيفي، تزامناً مع تسارع وتيرة حملات التطعيم ضد جائحة فيروس كورونا المستجد وتخفيف القيود على التنقل المرتبطة بتلك الجائحة. يأتي ذلك إلى جانب البيانات الاقتصادية القوية من الولايات المتحدة الأمريكية والصين.

وقد حد من هذا الارتفاع في الأسعار، تجدد قيود الإغلاق بسبب ارتفاع عدد الاصابات بفيروس كورونا المستجد في أجزاء عديدة من العالم، لا سيما الهند وأمريكا اللاتينية. فضلاً عن الصيانة الموسمية في بعض المصافي الآسيوية خلال شهر أبريل 2021.

بشكل عام، ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك في الربع الثاني من عام 2021 بنسبة 12.3% مقارنة بالربع السابق، ليصل إلى 67.3 دولار/برميل، وارتفع عجز الإمدادات النفطية العالمية مجدداً وبشكل ملحوظ ليصل إلى نحو 1.4 مليون ب/ي، وانخفضت المخزونات التجارية

النفطية في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2016-2020) بمقدار 90.4 مليون برميل في نهاية شهر يونيو 2021.

تم إلغاء **الاجتماع الوزاري الثامن عشر لدول أوبك+** عقب تأجيله لإجراء مزيد من المشاورات، بهدف التوصل إلى اتفاق يحقق الاستقرار والتوازن لسوق النفط العالمية. وفي 18 يوليو 2021، عُقد **الاجتماع الوزاري التاسع عشر لدول أوبك+**، تم خلاله الاتفاق على عدة نقاط رئيسية، وكانت كالتالي:

1. تمديد القرار المتخذ في الاجتماع الوزاري العاشر لدول أوبك+ (أبريل 2020) حتى نهاية شهر ديسمبر 2022.
2. التقليص التدريجي لتخفيضات الإنتاج بمقدار 3.6 مليون ب/ي في الفترة من أغسطس 2021 وحتى أبريل 2022، وذلك بإضافة 400 ألف ب/ي كل شهر خلال هذه الفترة، وفقاً للتوزيع المفصل في الجدول (9) الموضح أدناه. على أن يتم تقييم تطورات سوق النفط العالمية وأداء الدول المشاركة خلال اجتماع أوبك+ المزمع عقده في ديسمبر 2021.

الجدول رقم (9)
مستويات الإنتاج
وفقاً للتعديلات الجديدة لإتفاق أوبك+ لخفض الإنتاج، يوليو 2021
(ألف ب/ي)

	الإنتاج المرجعي	يوليو 2021	أغسطس 2021	سبتمبر 2021	أكتوبر 2021	نوفمبر 2021	ديسمبر 2021	يناير 2022	فبراير 2022	مارس 2022	أبريل 2022
الجزائر	1057	912	922	932	943	953	963	973	983	993	1003
أنجولا	1528	1319	1333	1348	1363	1377	1392	1406	1421	1435	1450
الكونغو	325	281	284	287	290	293	296	299	302	305	308
غينيا الاستوائية	127	110	111	112	113	114	116	117	118	119	120
الجابون	187	161	163	165	167	169	170	172	174	176	177
العراق	4653	4017	4061	4105	4149	4193	4238	4282	4326	4370	4414
الكويت	2809	2425	2451	2478	2505	2532	2558	2585	2612	2638	2665
نيجيريا	1829	1579	1596	1614	1631	1648	1666	1683	1700	1718	1735
السعودية	11000	9495	9600	9704	9809	9913	10018	10122	10227	10331	10436
الإمارات	3168	2735	2765	2795	2825	2855	2885	2915	2945	2975	3006
أذربيجان	718	620	627	633	640	647	654	661	668	674	681
البحرين	205	177	179	181	183	185	187	189	191	193	194
برونوي	102	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
كازخستان	1709	1475	1491	1508	1524	1540	1556	1573	1589	1605	1621
ماليزيا	595	514	519	525	531	536	542	548	553	559	564
المكسيك	1753	1753	1753	1753	1753	1753	1753	1753	1753	1753	1753
عُمان	883	762	771	779	787	796	804	813	821	829	838
روسيا	11000	9495	9600	9704	9809	9913	10018	10122	10227	10331	10436
السودان	75	65	65	66	67	68	68	69	70	70	71
جنوب السودان	130	112	113	115	116	117	118	120	121	122	123
دول أوبك-10	**26683**	**23033**	**23286**	**23540**	**23794**	**24047**	**24301**	**24554**	**24808**	**25061**	**25315**
دول خارج اوبك	**17170**	**15061**	**15208**	**15354**	**15500**	**15647**	**15793**	**15940**	**16086**	**16233**	**16379**
إجمالي أوبك+	**43853**	**38094**	**38494**	**38894**	**39294**	**39694**	**40094**	**40494**	**40894**	**41294**	**41694**

المصدر: منظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك).

3. الاستمرار في الالتزام بآلية عقد اجتماعات وزارية شهرية طوال فترة إعلان التعاون لتقييم أوضاع سوق النفط واتخاذ قرار بشأن تعديلات مستوى الإنتاج للشهر التالي، مع السعي لإنهاء تخفيضات الإنتاج بحلول نهاية شهر سبتمبر 2022، وفقاً لظروف السوق.
4. اعتباراً من الأول من شهر مايو 2022 سيكون خط الأساس لحساب تعديلات الإنتاج، وفقاً للجدول (10) الموضح أدناه.

الجدول رقم (10)
مستوى الإنتاج المرجعي لدول أوبك+ وفقاً للتعديلات المتفق عليها
(ألف ب/ي)

	حتى نهاية شهر أبريل 2022	بدءاً من شهر مايو 2022	التغير (مايو/أبريل) 2022
الجزائر	1057	1057	–
أنجولا	1528	1528	–
الكونغو	325	325	–
غينيا الاستوائية	127	127	–
الجابون	187	187	–
العراق	4653	4803	150
الكويت	2809	2959	150
نيجيريا	1829	1829	–
السعودية	11000	11500	500
الإمارات	3168	3500	332
أذربيجان	718	718	–
البحرين	205	205	–
برونوي	102	102	–
كازخستان	1709	1709	–
ماليزيا	595	595	–
المكسيك	1753	1753	–
عُمان	883	883	–
روسيا	11000	11500	500
السودان	75	75	–
جنوب السودان	130	130	–
دول أوبك 10	**26683**	**27815**	**1132**
دول خارج أوبك	**17170**	**17670**	**500**
إجمالي أوبك+	**43853**	**45485**	**1632**

المصدر: منظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك).

5. التأكيد على أهمية الالتزام بالامتثال التام لاتفاق خفض الإنتاج، والاستفادة من تمديد فترة التعويض للدول ذات الامتثال الضعيف حتى نهاية شهر سبتمبر 2021.

وعُقد **الاجتماع الوزاري العشرون لدول أوبك+** في الأول من شهر سبتمبر 2021، لاحظ الاجتماع أن آثار جائحة فيروس كورونا المستجد لا تزال تلقي بحالة من عدم اليقين على سوق النفط العالمية، وعلى الرغم من ذلك فقد تعززت أساسيات السوق واستمر التراجع في المخزونات النفطية لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية مع تسارع التعافي الاقتصادي. كما رحب الاجتماع بالأداء الإيجابي للدول المشاركة في إعلان التعاون، حيث بلغ معدل الامتثال الإجمالي لتعديلات

الإنتاج 110% في شـــهر يوليو 2021 (بما في ذلك المكســـيك). و تم خلاله الاتفاق على عدة نقاط رئيسية، وكانت كالتالي:

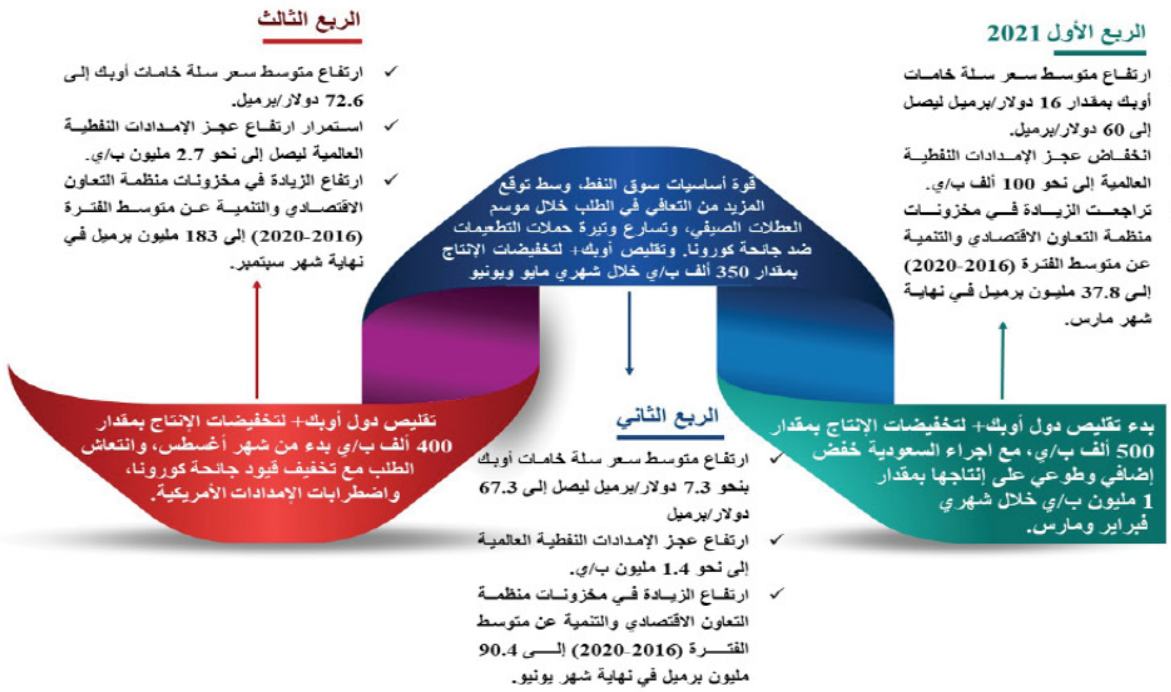
1. إعادة التأكيد على القرارات الصـــادرة عن الاجتماع الوزاري العاشـــر لدول أوبك+ والذي تم المصادقة عليها في الاجتماعات اللاحقة.
2. إعادة التأكيد على خطة وآلية تعديل الإنتاج الشـهرية المعتمدة في الاجتماع الوزاري التاسـع عشـر لـدول أوبـك+ وقرار تعـديـل الإنتـاج الكلي الشـــهري بـالزيـادة بمقدار 400 ألف ب/ي لشـــهر أكتوبر 2021.
3. تمديد فترة التعويض عن الإنتاج الزائد حتى نهاية شهر ديسمبر 2021 بناء على طلب بعض الدول ذات الامتثال الضـــعيف للاتفاق، على أن تقدم تلك الدول خطط التعويض الخاصـــة بها بحلول 17 سبتمبر 2021.
4. التأكيد على أهمية الالتزام بالامتثال التام لاتفاق خفض الإنتاج، والاستفادة من تمديد فترة التعويض للدول ذات الامتثال الضعيف حتى نهاية شهر ديسمبر 2021.

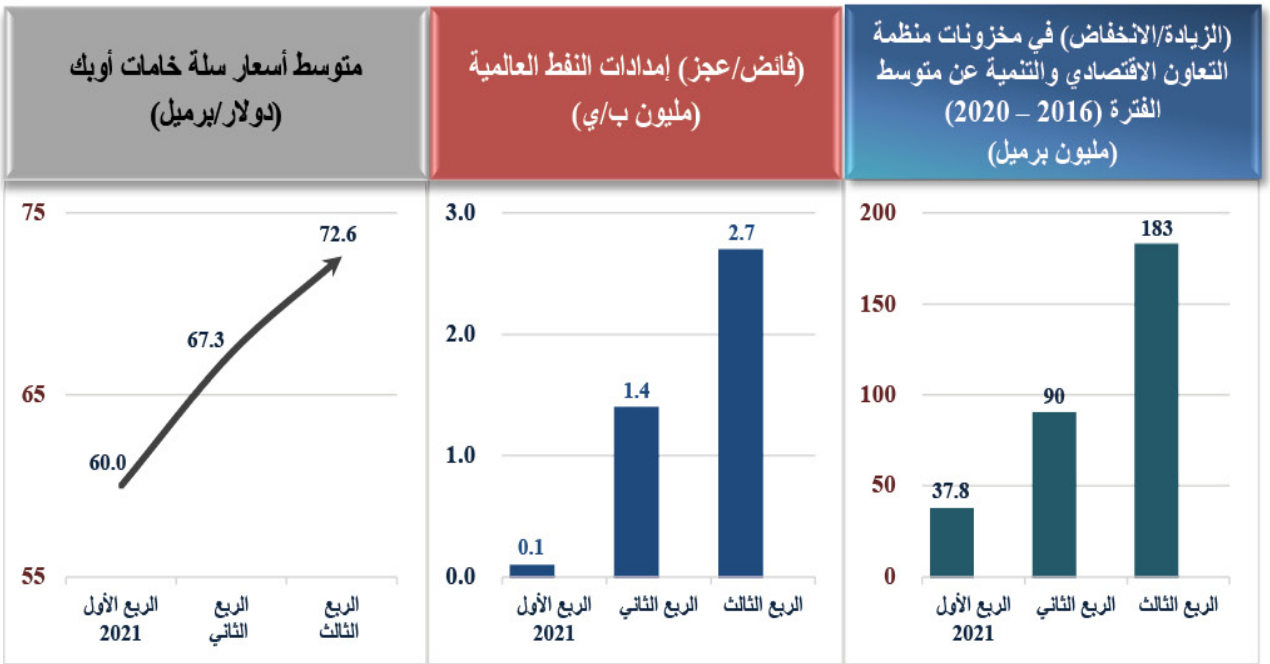
ارتفعت أسعار النفط الخام خلال الربع الثالث من عام 2021، بدعم من قوة أساسيات سوق النفط الفورية على الرغم من التقلبات في الأسواق الآجلة خلال شهر أغسطس. حيث تقلصت المخزونات النفطية المتراكمة، بما في ذلك في حوض المحيط الأطلسي، وسط طلب قوي في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا. وانتعش الطلب على النفط الخام بشكل ملحوظ من مصافي التكرير في آسيا والمحيط الهادئ على خلفية تخفيف قيود التنقل المرتبطة بجائحة فيروس كورونا المستجد. في حين زادت مخاطر نقص إمدادات الغاز الطبيعي في أوروبا وآسيا من توقعات نمو الطلب على النفط ومنتجاته. كما تلقت الأسعار دعماً إضافياً من تعطل الإمدادات في العديد من المناطق بسبب الانقطاعات المخطط وغير المخطط لها، بما في ذلك اضطرابات إنتاج النفط الخام الأمريكي في خليج المكسيك عقب الإعصار Ida، وصيانة الحقول في بحر قزوين، وبرامج التحميل المنخفضة في العديد من خامات غرب أفريقيا، والتعطل المؤقت في الصادرات الليبية.

وقد حد من الارتفاع في أسعار النفط، تباطؤ عمليات الشراء القوية من المصافي الصينية خلال شهر أغسطس 2021، في ظل حصص استيراد محدودة لمصافي التكرير المستقلة من النفط الخام، وانخفاض عمليات تشغيل المصافي بسبب إعادة إجراءات الإغلاق والقيود المفروضة على التنقل وسوء الاحوال الجوية. فضلاً عن تراجع الطلب على وقود النقل في العديد من الدول الآسيوية الرئيسية الأخرى المستهلكة للنفط، بما في ذلك اليابان خلال نفس الشهر.

بشكل عام، ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك في الربع الثالث من عام 2021 بنحو 5.3 دولار/برميل، أو ما يعادل 7.9% مقارنة بالربع السابق، ليصل إلى 72.6 دولار/برميل وهو أعلى مستوى له منذ الربع الثالث من عام 2018، وواصل عجز الإمدادات النفطية العالمية ارتفاعه الملحوظ ليصل إلى نحو 2.7 مليون ب/ي، وانخفضت المخزونات التجارية النفطية في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عن متوسط الأعوام الخمسة السابقة (2016-2020) بمقدار 183 مليون برميل في نهاية شهر أغسطس 2021، وفقاً لأحدث البيانات المتاحة.

الشكل (13)
التطورات في سوق النفط العالمي خلال الفترة (الربع الأول – الربع الثالث 2021)





وفي الرابع من شهر أكتوبر 2021، عُقد **الاجتماع الوزاري الحادي والعشرون** لدول أوبك+، وتم خلاله إعادة التأكيد على خطة تعديل الإنتاج وآلية تعديل الإنتاج الشـــهرية المعتمدة في الاجتماع الوزاري التاسع عشر لدول أوبك+، وقرار تعديل الإنتاج الشهري الإجمالي بالزيادة بمقدار 400 ألف ب/ي خلال شهر نوفمبر 2021.

2. تحليل لمستويات إنتاج دول أوبك+ المفترضة خلال الفترة (مايو – ديسمبر 2022)

بناء على ما تقدم، فإن الكمية المتبقية للضخ في السوق بحسب الاتفاق هي 2.16 مليون ب/ي (الفرق بين مستوى الخفض لشهر يوليو 2021 البالغ 5.76 مليون ب/ي وإجمالي الزيادة في الإنتاج خلال الفترة من أغسطس 2021 وحتى أبريل 2022 البالغة 3.6 مليون ب/ي)، يفترض إضافتها بمعدل 432 ألف ب/ي شهرياً خلال الفترة من مايو إلى سبتمبر 2022، كما يوضح الجدول (11).

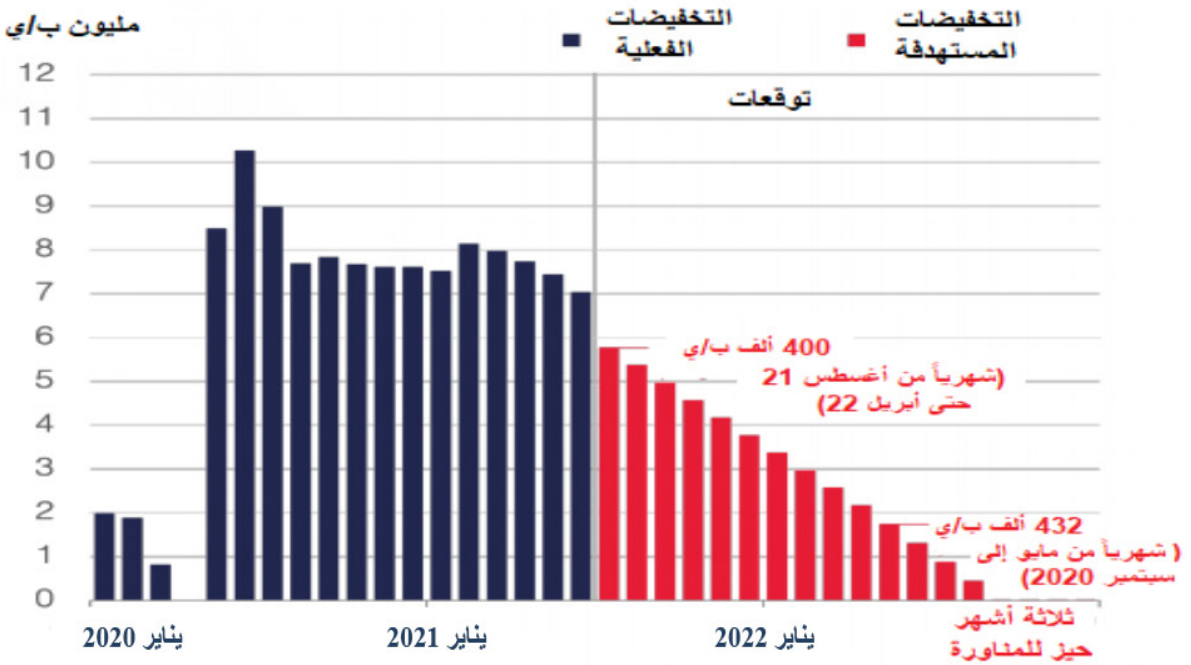
الجدول رقم (11)
مستويات الإنتاج المفترضة
خلال الفترة (مايو – سبتمبر) 2022
(ألف ب/ي)

	مايو 2022	يونيو 2022	يوليو 2022	أغسطس 2022	سبتمبر 2022
الجزائر	1015	1026	1036	1047	1057
أنجولا	1468	1483	1498	1513	1528
الكونغو	312	315	319	322	325
غينيا الاستوائية	122	123	124	126	127
الجابون	180	181	183	185	187
العراق	4463	4511	4558	4606	4653
الكويت	2692	2721	2751	2780	2809
نيجيريا	1757	1775	1793	1811	1829
السعودية	10546	10659	10773	10887	11000
الإمارات	3030	3064	3099	3134	3168
أذربيجان	690	697	704	711	718
البحرين	197	199	201	203	205
برونوي	98	99	100	101	102
كازخستان	1642	1658	1675	1692	1709
ماليزيا	572	577	583	589	595
المكسيك	1753	1753	1753	1753	1753
عُمان	848	857	866	874	883
روسيا	10546	10659	10773	10887	11000
السودان	72	73	74	74	75
جنوب السودان	125	126	127	129	130
دول أوبك-10	**25585**	**25859**	**26134**	**26409**	**26683**
دول خارج اوبك	**16541**	**16699**	**16856**	**17013**	**17170**
إجمالي أوبك+	**42126**	**42558**	**42990**	**43422**	**43853**

المصدر: بيانات محسوبة بناء على اتفاق دول أوبك+.

ومن ثم سيصل انتاج دول أوبك+ في شهر سبتمبر 2022 إلى نفس مستويات الإنتاج المرجعي المبينة في الجدول (6)، وهو ما يعنى إنهاء تخفيضات الإنتاج المتفق عليها. وسيظل هناك فترة 3 أشهر حتى نهاية العام 2022 ستعطي حيزا للمناورة والتي خلالها يمكن لأوبك+ أن تقرر زيادة أو خفض الإنتاج وفقاً لوضع السوق النفطية في ذلك الوقت، كما يوضح الشكل (14).

الشكل رقم (14)
تخفيض الإنتاج لدول أوبك+



المصدر: OPEC+ and Short-Term Oil Market Dynamics، معهد أكسفور لدراسات الطاقة.

يذكر أن الزيادات الشهرية البالغة 432 ألف ب/ي التي من المفترض أن يتم إضافتها خلال الفترة من شهر مايو إلى شهر سبتمبر 2022، وكذلك إجمالي إنتاج دول أوبك+، لن تتأثر بالتعديل في المستويات المرجعية للإنتاج، كما يوضح الجدولين (6) و(8) المشار إليهما أعلاه. ولكن ستؤثر المستويات المرجعية الجديدة للإنتاج على الكيفية التي سيتم بها توزيع الزيادة الشهرية المتفق عليها على الدول الأعضاء.

فعلى سبيل المثال تبلغ حصة السعودية من إجمالي الزيادة الشهرية قبل تعديل المستوى المرجعي 26.1% (إنتاجها المرجعي 11 مليون ب/ي ÷ إجمالي الإنتاج المرجعي لدول أوبك+ بدون المكسيك 42.1 مليون ب/ي) سترتفع هذه الحصة بعد تعديل المستوى المرجعي إلى 26.3% (إنتاجها

المرجعي الجديد 11.5 مليون ب/ي ÷ إجمالي الإنتاج المرجعي لدول أوبك+ بدون المكسيك 43.7 مليون ب/ي)، كما يوضح الجدول (12).

الجدول رقم (12)
حصص دول أوبك+ من التخفيضات
(قبل/بعد) تعديل مستويات الإنتاج المرجعية
(%)

	الحصص قبل تعديل مستويات الإنتاج المرجعية	الحصص بعد تعديل مستويات الإنتاج المرجعية
الجزائر	2.5	2.4
أنجولا	3.6	3.5
الكونغو	0.8	0.7
غينيا الاستوائية	0.3	0.3
الجابون	0.4	0.4
العراق	11.05	10.98
الكويت	6.67	6.77
نيجيريا	4.3	4.2
السعودية	26.13	26.30
الإمارات	7.52	8.00
أذربيجان	1.7	1.6
البحرين	0.5	0.5
برونوي	0.2	0.2
كازخستان	4.1	3.9
ماليزيا	1.4	1.4
المكسيك		
عُمان	2.1	2.0
روسيا	26.1	26.3
السودان	0.2	0.2
جنوب السودان	0.3	0.3
إجمالي أوبك+	100	100

المصدر: بيانات محسوبة بناء على اتفاق دول أوبك+.

هذا وتجدُر الإشارة إلى أن الزيادة الشهرية (قبل/بعد) تعديل مستويات الإنتاج المرجعي للدول الخمس وهي العراق والكويت والسعودية والامارات وروسيا، لا تكاد تذكر. فالزيادة الشهرية خلال الفترة (مايو 2022 وحتى سبتمبر 2022) قبل تعديل مستويات الانتاج المرجعي تبلغ 335 ألف ب/ي موزعة على السعودية وروسيا بحصة 112.8 الف ب/ي لكلاً منهما، والعراق بحصة 48 ألف ب/ي،

والامارات بحصة 32.4 ألف ب/ي، والكويت بحصة 28.9 ألف ب/ي. وبعد تعديل مستويات الانتاج المرجعي ستبلغ الزيادة الشهرية نحو 339 ألف ب/ي موزعة على السعودية وروسيا بحصة 113.6 الف ب/ي لكلاً منهما، والعراق بحصة 47.5 ألف ب/ي، والامارات بحصة 34.6 ألف ب/ي، والكويت بحصة 29.4 ألف ب/ي. مما يعني أن التغير في الزيادة الشهرية (قبل/بعد) تعديل مستويات الإنتاج المرجعي للدول الخمس تصل إلى نحو 4 آلاف ب/ي فقط، كما يوضح الجدول (13).

الجدول رقم (13)
الزيادة الشهرية في الإنتاج (قبل/بعد) تعديل المستويات المرجعية
(%)

	السعودية	الامارات	الكويت	العراق	روسيا	الإجمالي
الزيادة قبل تعديل مستويات الإنتاج المرجعي (432 ألف ب/ي X الحصص قبل التعديل)						
مايو 2022	112.8	32.4	28.9	48.0	112.8	**334.9**
يونيو	112.8	32.4	28.9	48.0	112.8	**334.9**
يوليو	112.8	32.4	28.9	48.0	112.8	**334.9**
أغسطس	112.8	32.4	28.9	48.0	112.8	**334.9**
سبتمبر	112.8	32.4	28.9	48.0	112.8	**334.9**
الزيادة بعد تعديل مستويات الإنتاج المرجعي (432 ألف ب/ي X الحصص بعد التعديل)						
مايو 2022	113.6	34.6	29.4	47.5	113.6	**338.7**
يونيو	113.6	34.6	29.4	47.5	113.6	**338.7**
يوليو	113.6	34.6	29.4	47.5	113.6	**338.7**
أغسطس	113.6	34.6	29.4	47.5	113.6	**338.7**
سبتمبر	113.6	34.6	29.4	47.5	113.6	**338.7**

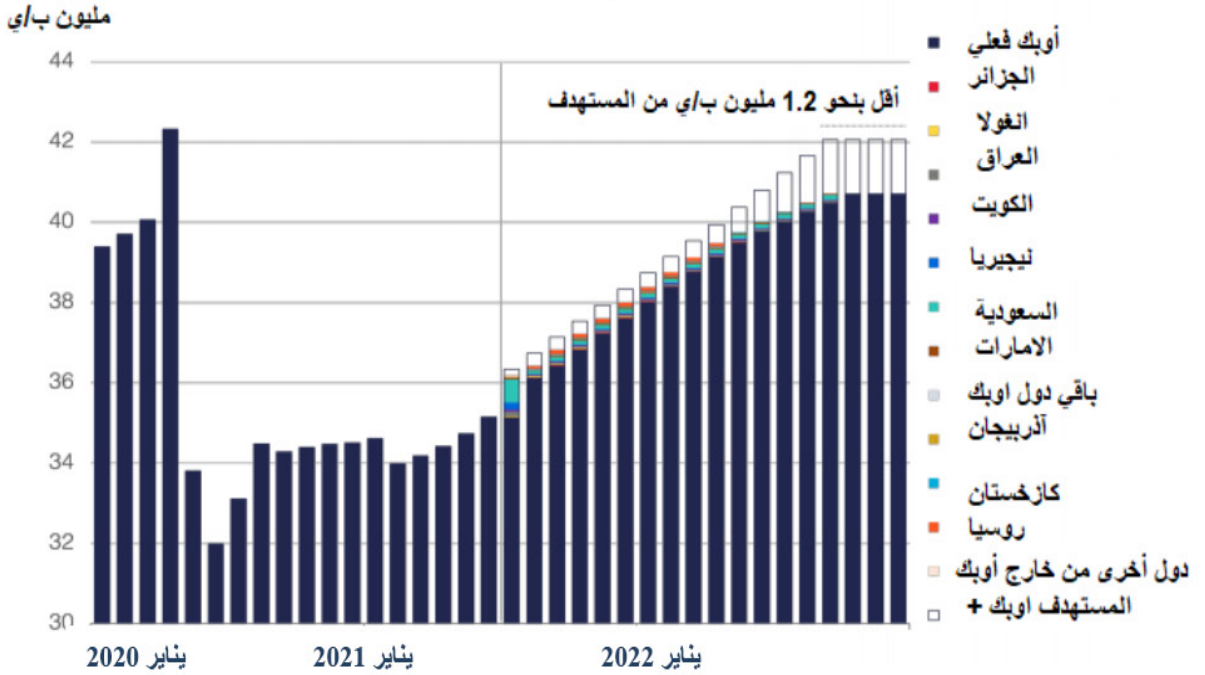
المصدر: بيانات محسوبة بناء على اتفاق دول أوبك+.

من المتوقع أن يصل إجمالي إنتاج أوبك+ (بدون المكسيك) إلى مستوى 38.3 مليون ب/ي مع نهاية عام 2021، وبإفتراض أن جميع البراميل المتبقية التي تبلغ 2.16 مليون ب/ي سيتم ضخها في السوق مرة أخرى مع حلول شهر سبتمبر 2022 فإن هذا الإجمالي قد يتجاوز (نظرياً) مستوى 42 مليون ب/ي. وفي هذا السياق، سيصل إنتاج دول أوبك (10) إلى 26.7 مليون ب/ي في شهر سبتمبر 2022 مرتفعاً من 21.8 مليون ب/ي في شهر يونيو 2021، أما فيما يخص إنتاج الدول المنتجة من خارج أوبك الأعضاء في أوبك+ (بدون المكسيك) سيصل إلى 15.4 مليون ب/ي مرتفعاً من 13.3 مليون ب/ي في شهر يونيو 2021.

وستكون البراميل الإضافية المضخة من أوبك+ للسوق في عام 2022 أقل من الكمية المحددة وهي 5.76 مليون ب/ي. وبالأخذ في الحسبان الطاقة الإنتاجية وأعلى مستويات للإنتاج تاريخياً والتي ظلت مستدامة لفترة 3 – 6 أشهر، فمن المتوقع أن تكون أوبك+ قادرة على إرجاع 4.5 مليون ب/ي من الإمدادات، وهو مستوى يقل بنحو 1.2 مليون ب/ي عن الكمية المستهدفة "5.76 مليون ب/ي".

ويجدر بالذكر أن بعض الدول في أوبك+ ملتزمة بأعلى من حصة الخفض المحددة لها، بل بعضهم وصل إلى أعلى مستوى للطاقة الإنتاجية له، وفي المقابل معظم المنتجين وخصوصاً من خارج أوبك سوف لن يكونوا قادرين على العودة بمستويات إنتاجهم الى مستوى ما قبل جائحة فيروس كورونا، كأنغولا، نيجيريا، أذربيجان، كازاخستان، وروسيا. ويوضح الشكل (15) المستهدف المتوقع من إنتاج أوبك+.

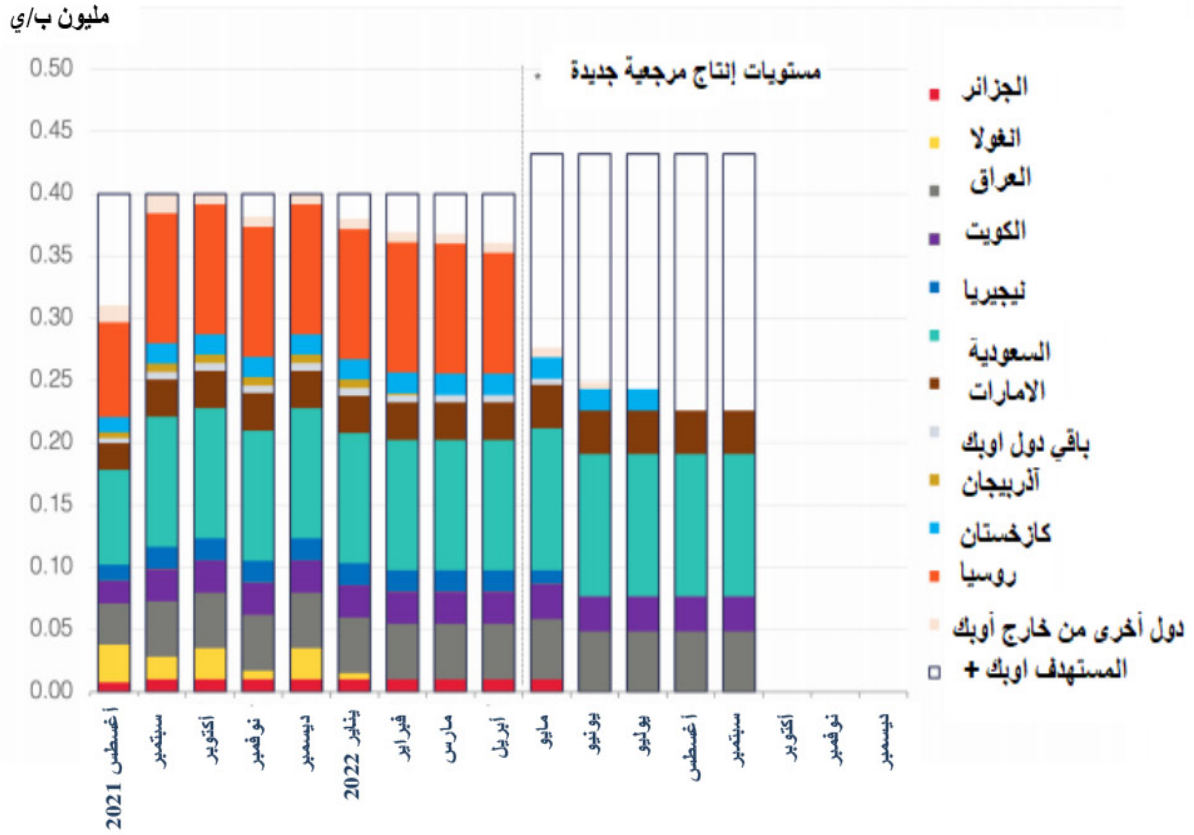
الشكل رقم (15)
المستهدف المتوقع من إنتاج أوبك+



المصدر: OPEC+ and Short-Term Oil Market Dynamics، معهد أكسفور لدراسات الطاقة.

يذكر أن المخاطر المرتفعة ستتراكم مع حلول عام 2022، ويلاحظ على مستوى السنة كاملة أن التوازن في المخاطر حول آفاق أسعار النفط آخذ في التحول نحو الارتفاع. ويوضح الشكل (16) الزيادات المستهدفة والمرجعية في إنتاج أوبك+.

الشكل رقم (16)
الزيادات المستهدفة والمرجعية في إنتاج أوبك+، بحسب الدول



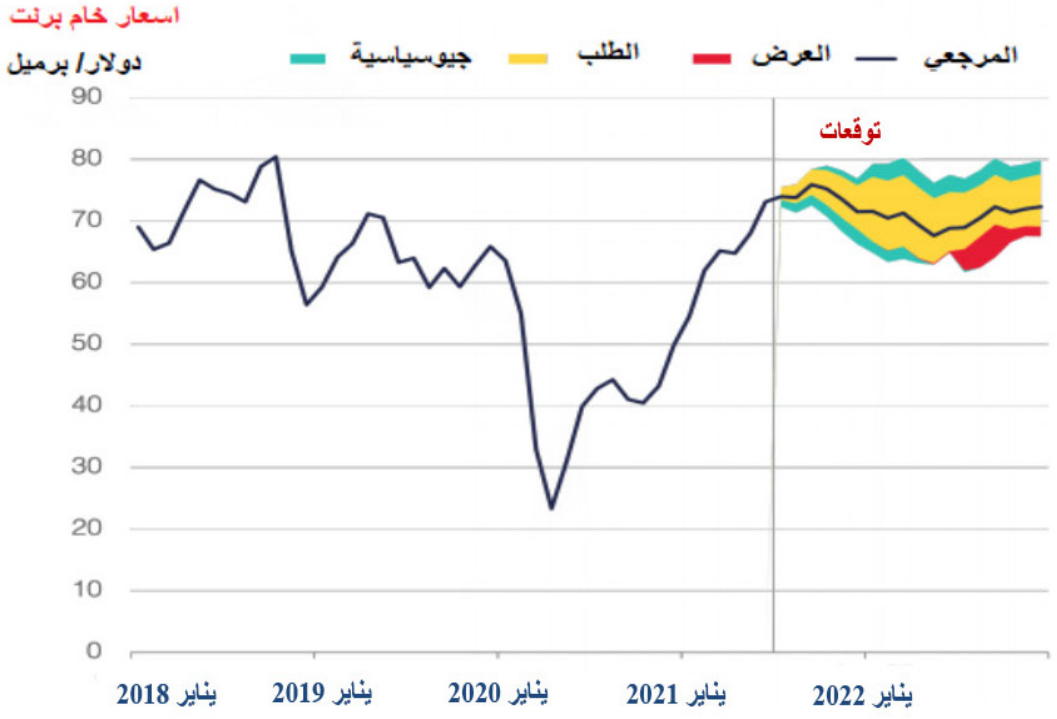
المصدر: OPEC+ and Short-Term Oil Market Dynamics، معهد أكسفور لدراسات الطاقة.

وعلى الرغم من الزيادة المخططة في الإنتاج ما بين شهري أغسطس وديسمبر 2021 بمقدار 2 مليون ب/ي، فمن المتوقع أن يظل السوق النفطي يعاني من عجز خلال الربع الثالث والربع الرابع من عام 2021، وعلى مستوى العام عموماً. ومن المتوقع أن يصل العجز إلى 1.2 مليون ب/ي في الربع الثالث، وإلى 500 ألف ب/ي خلال الربع الرابع 2021.

وبالنظر إلى توقعات الطلب على النفط من جهة، وعودة صادرات النفط الإيرانية من جهة أخرى، يمكن أن يتغير وضع السوق إلى فائض في المعروض في عام 2022، إذا ظلت مجموعة أوبك+ ملتزمة بالاتفاق. لكن التوازن في السوق قد يجد دعماً من جانب الامدادات أو جانب الطلب أو الاثنين معاً، وهذا ما سيؤدي إلى تقليص في الفائض وبالتالي الوصول إلى سوق أكثر توازناً. وهذا يعكس أهمية دور مجموعة دول أوبك+ في تحقيق التوازن في السوق النفطية في بيئة غير مستقرة، كما يوضح الشكل (17).

الشكل رقم (17)

موازنة المخاطر



المصدر: OPEC+ and Short-Term Oil Market Dynamics، معهد أكسفور لدراسات الطاقة.

الخلاصة والاستنتاجات

- الخلاصة

مرت السوق النفطية العالمية بمراحل تنظيم اكتسبت أهمية بالغة، منذ بداية الصناعة النفطية الحديثة نظراً لأهمية النفط كسلعة إستراتيجية ودورها الحيوي في الاقتصاد العالمي. ولم يقتصر أمر تنظيم السوق النفطية على الدول المنتجة فقط، من خلال منظمة أوبك التي تضم في عضويتها 6 دول عربية أعضاء في منظمة أوابك (السعودية، الكويت، الإمارات، العراق، الجزائر، ليبيا) تمتلك الجزء الأكبر من الطاقات الإنتاجية الفائضة في العالم، بل تعداها ليشمل أيضاً الدول المستهلكة.

بذلت منظمة أوبك أقصى جهودها لتحقيق التوازن والاستقرار في السوق النفطية العالمية من خلال تفعيل الحوار مع الدول المستهلكة منذ بداية التسعينات، كما مرت المنظمة بمراحل مختلفة في طريقة إدارتها للسوق حيث أن التغييرات الجذرية التي طرأت على السوق النفطية العالمية منذ ذلك الوقت اضطرت دول المنظمة مع مرور الوقت إلى إجراء تغييرات في أسلوب مقاربتها للسوق بطريقة تتناسب والظروف السائدة. وقد بدى واضحاً الحاجة إلى التعاون بين منظمة أوبك والجهات الأخرى الفاعلة في السوق لتنظيم السوق النفطية.

ولفهم المغزى الكامل من التعاون في أسواق النفط العالمية، يجب تتبع سياقه التاريخي. ففي عام 1960 قامت خمس دول منتجة للنفط هم السعودية والكويت والعراق وإيران وفنزويلا بتوحيد قواها لحماية مصالحها الوطنية المشروعة من خلال تأسيس منظمة أوبك، في وقت كانت فيه صناعة البترول الدولية تحت سيطرة شركات النفط العالمية الكبرى أو ما يسمى بالأخوات السبع وهي خمس شركات أمريكية وشركتان أوروبيتان. وانضمت بعد ذلك دول أخرى منتجة للنفط إلى منظمة أوبك لتوسيع نطاق الوصول إلى شمال وغرب إفريقيا وجنوب شرق آسيا وتعزيز جوهر تعاونها المركزي. كانت جميع هذه الدول ملتزمة بأهداف منظمة أوبك طويلة المدى لضمان الاستقرار في سوق النفط العالمية، مع تأمين العرض، والطلب الثابت، والأسعار المعقولة والعوائد العادلة للمستثمرين.

حدث التقدم الكبير التالي للتعاون في أواخر الثمانينيات من القرن الماضي، على خلفية ثلاثة تطورات رئيسية. أولاً، التآكل التدريجي لهيكل أسعار النفط في أوائل الثمانينيات وانهياره في نهاية

المطاف في عام 1986 عندما انخفضت أسعار بعض النفوط إلى أقل من 10 دولار للبرميل، مما تسبب في اضطرابات حادة وخسائر ضخمة في الإيرادات لمنتجي النفط. ثانياً، الانخفاض الكبير في نفوذ منظمة أوبك في سوق النفط العالمية بسبب الخسارة الكبيرة في حصتها السوقية منذ أواخر السبعينيات. ثالثاً، إدراك المنتجين من خارج أوبك بعد عام 1986 أن هناك حاجة ماسة لإتخاذ إجراءات لتحقيق استقرار أسوق النفط، وأن منظمة أوبك بحاجة إلى دعم في توفيرها. بعبارة أخرى، أقر المنتجون من خارج منظمة أوبك بما كانت تنادي به منظمة أوبك لسنوات وهو "أن التعاون أمر حيوي لتحقيق استقرار سوق النفط العالمي".

لقد كانت مسألة وقت فقط قبل أن يتوسع التعاون بشكل أكبر، حدث ذلك مع تطورات كبيرة في حوار المنتجين والمستهلكين خلال فترة التسعينيات وكان للدول العربية الأعضاء في منظمة أوبك دوراً هاماً في ذلك من خلال امتلاكها للجزء الأكبر من الطاقات الانتاجية الفائضة. وصولاً إلى تأسيس منتدى الطاقة الدولي الذي استضافته السعودية في نهاية عام 2005 كأطار مؤسسي دولي لتنظيم الحوار. فقد ظهر إدراك واضح بأن أسواق النفط تكون أفضل حالاً إذا كان هناك إجماع أساسي حول القضايا الرئيسية التي تهم جميع الأطراف – مثل التسعير، والاستقرار، وأمن الطلب، وأمن الإمدادات، والاستثمار، والقضايا البيئية والتنمية المستدامة.

يأتي ذلك قبل أن تشهد السوق النفطية العالمية ظاهرة جديدة تمثلت في ارتفاع الأسعار إلى مستويات عالية وغير مسبوقة لأسباب خارج إرادة منظمة اوبك. وعلى وقع ذلك، بادرت السعودية بالدعوة إلى عقد اجتماع في شهر يونيو 2008 لدراسة هذا الأمر والتحديات التي تواجه قطاع الطاقة بشكل عام. شارك في الاجتماع ممثلون عن الدول المنتجة والمستهلكة بالإضافة إلى بعض الدول المنتجة من خارج منظمة أوبك مثل روسيا والنرويج والبرازيل، كما شاركت عدة منظمات دولية معنية. وقد أسفر الاجتماع عن نتائج من أهمها الدعوة إلى زيادة الشفافية وزيادة الاستثمارات في مجالات التنقيب والإنتاج والتكرير والتسويق، وضرورة تحسين حالة الشفافية في الأسواق المالية والتشريعات المتعلقة بها بهدف تقليص أنشطة المضاربة في أسواق النفط العالمية.

وبعد التدهور الكبير في الأسعار خلال النصف الثاني من عام 2008، قررت منظمة أوبك تخفيض معدل إنتاجها (باستثناء العراق) بما مجموعه 4.2 مليون برميل/يوم اعتباراً من عام 2009

وذلك بهدف إعادة التوازن إلى سوق النفط العالمية والحفاظ على استقرار الأسعار. وتجدر الإشارة هنا إلى أن منظمة أوبك لا تسيطر بشكل كامل على السوق النفطية لكنها تستطيع التأثير فيه من خلال عملها كمجموعة على رغم أنها تلعب دوراً أساسياً في توفير الإمدادات لسوق النفط. وذلك في ظل استحواذ دول خارج أوبك على النسبة الأكبر من إجمالي إمدادات النفط العالمية. وقد بدى واضحاً للجميع الحاجة إلى التعاون بين منظمة أوبك والجهات الأخرى الفاعلة من أجل تنظيم سوق النفط العالمية في المستقبل.

- الاستنتاجات

بناء على ما تقدم، شهد التعاون والتنسيق ما بين منظمة أوبك وبعض الدول المنتجة من خارجها تطوراً ملحوظاً وأخذ منحنى جديد مُنذ عام 2016. ففي ظل وضع مضطرب مرت به أسواق النفط العالمية، بعدما تسبب فائض الإمدادات تزامناً مع طفرة النفط الصخري الأمريكي في تراجع كبير في الأسعار مُنذ منتصف عام 2014، مما أدى إلى تكبد الدول المنتجة خسائر كبيرة في عائداتها النفطية. وقعت الدول الأعضاء في منظمة أوبك مع بعض الدول المنتجة للنفط من خارجها على اتفاق إعلان التعاون، وتم إنشاء لجنة وزارية مشتركة للمتابعة تكون مهمتها الرئيسية هي الرصد عن كثب للتنفيذ والامتثال لهذا الاتفاق، لتظهر مجموعة دول أوبك+ كأحد التحالفات الدولية الفاعلة في السوق النفطية العالمية.

وجاءت جائحة فيروس كورونا المستجد في أوائل عام 2020 لتؤكد على أن التعاون الدولي هو السبيل الوحيد لتحقيق التوازن والاستقرار في السوق النفطية العالمية، بالنظر إلى الإتفاق التاريخي بشأن الخفض القياسي للإنتاج بين مجموعة دول أوبك+ وبعض منتجي النفط الأخرين من خارج المجموعة ومن بينهم الولايات المتحدة الأمريكية.

وبشكل عام، قدمت القرارات التي اتخذتها مجموعة أوبك+، بقيادة المملكة العربية السعودية، مُنذ بدء تشكيلها وحتى الفترة الحالية دليلاً حياً على الدور المهم الذي لعبته دول المجموعة في تحقيق توازن واستقرار سوق النفط العالمي المتقلب، وهو دور من المرجح أن تستمر في أدائه بشكل جيد في المستقبل، وذلك في حالة إذا ما تم استمرار التعاون بينها فيما بعد عام 2022.

بات من الواضح أن مستوى الأسعار المنخفض أو المرتفع لم يعد هو المشكلة ولكن التذبذبات والتقلبات سريعة الحدوث في أسعار النفط هي المشكلة الأهم في الوقت الحالي، وذلك لأن عدم استقرار أسعار النفط لا يمّكن المنتجين من التنبؤ بحجم العائد المتوقع على الاستثمار الموجه لقطاع النفط، ولا من تحديد حجم التمويل اللازم للاستثمارات الجديدة لضمان ديمومة الإمدادات النفطية.

و**توصي الدراسة** بأهمية إستمرار تعزيز التعاون بين الدول المنتجة من أوبك والدول المنتجة من خارجها في إطار مجموعة أوبك+ من أجل التوصل إلى نتائج مهمة وفعّالة لتحقيق الاستقرار في أسواق النفط دون أن يكون هناك انتهاج لسياسات فردية من شأنها أن تؤدي إلى العديد من المخاطر وعلى رأسها التقلبات في أسعار النفط والتي بدورها سيكون لها أثر بالغ الأهمية على السوق النفطية بشكل خاص ، وعلى المتطلبات الاستثمارية لجميع مراحل الصناعة بشكل عام التي شهدت انخفاضا بحوالي 30% في عام 2020، نتيجة لتأثير جائحة فيروس كورونا المستجد. هذا وتقدر منظمة أوبك أن المتطلبات الاستثمارية المتعلقة بالنفط ستبلغ 11.8 تريليون دولار خلال الفترة (2021 – 2045)، منها 9.2 تريليون دولار أو 80% لقطاع الاستكشاف والانتاج. وتؤكد المتطلبات الاستثمارية الضخمة بوضوح أن أي حديث عن وقف الاستثمارات الجديدة في النفط والغاز هو أمر خاطئ. فإذا لم يتم الوفاء بالاستثمارات اللازمة، فقد يكون لها تأثير سلبي، كما يُرى في تطورات الغاز الحالية في أوروبا وأماكن أخرى حول العالم.

المراجع

- التقرير الاحصائي السنوي 2021، منظمة أوبك.
- الموقع الرسمي لمنظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك).
- "تطور مراحل تسعير النفط الخام في الأسواق الدولية"، علي رجب، مجلة النفط والتعاون العربي العدد 141، عام 2012.
- تقرير الأمين العام السنوي 2020، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك).
- قاعدة بيانات مرصد الاقتصاد العالمي (GEM)، البنك الدولي.
- OPEC+ and Short-Term Oil Market Dynamics، معهد أكسفور لدراسات الطاقة.

التقارير

مراجعة قطاع الهيدروجين العالمي، عام 2021

ماجد عامر *

* باحث اقتصادي اول - الإدارة الاقتصادية - أوابك - الكويت

مراجعة قطاع الهيدروجين العالمي 2021

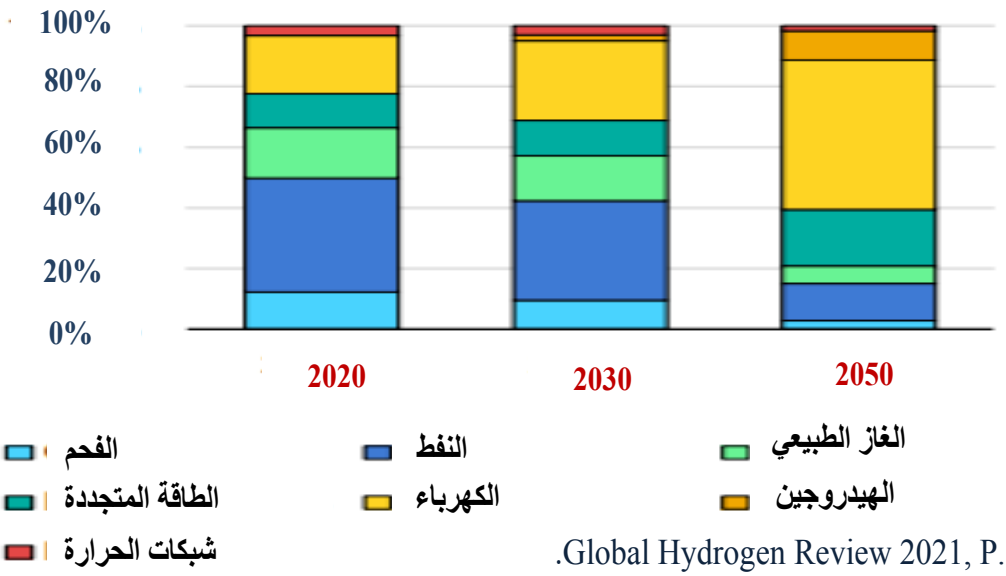
تقديم

قامت وكالة الطاقة الدولية في شهر أكتوبر 2021، بإصدار تقريرها المعنون **"مراجعة قطاع الهيدروجين العالمي 2021"**، الذي يشير إلى سرعة التوجه العالمي للاستفادة من مساهمة الهيدروجين المحتملة في نظام الطاقة المستدامة. ففي عام 2019، كانت استراتيجيات استخدام الهيدروجين متبناة من قبل عدد محدود من الدول وهي فرنسا واليابان وكوريا الجنوبية. أما في الوقت الحالي، فقد أصدرت 17 دولة استراتيجيات الهيدروجين الخاصة بها، وأعلنت أكثر من 20 دولة أخرى أنها تعمل على تطوير استراتيجيات للهيدروجين، كما تسعى العديد من الشركات للاستفادة من فرص الأعمال المرتبطة بالهيدروجين.

الطلب العالمي على الهيدروجين

بلغ الطلب العالمي على الهيدروجين نحو 90 مليون طن في عام 2020، وتركز الطلب بشكل رئيسي في صناعة التكرير والتطبيقات الصناعية. يذكر في هذا السياق، أن سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية لوكالة الطاقة الدولية يفترض نمو الطلب على الهيدروجين بمقدار ستة أضعاف عن المستويات الحالية لتلبية 10% من إجمالي الطلب العالمي النهائي على الطاقة بحلول عام 2050.

الشكل (1)
توزع حصص مصادر الوقود المختلفة من إجمالي الطلب العالمي النهائي على الطاقة وفقاً لسيناريو صافي الانبعاثات الصفرية، (2020 – 2050)
(%)



المصدر: Global Hydrogen Review 2021, P.19.

الدعم الدولي للطلب على الهيدروجين

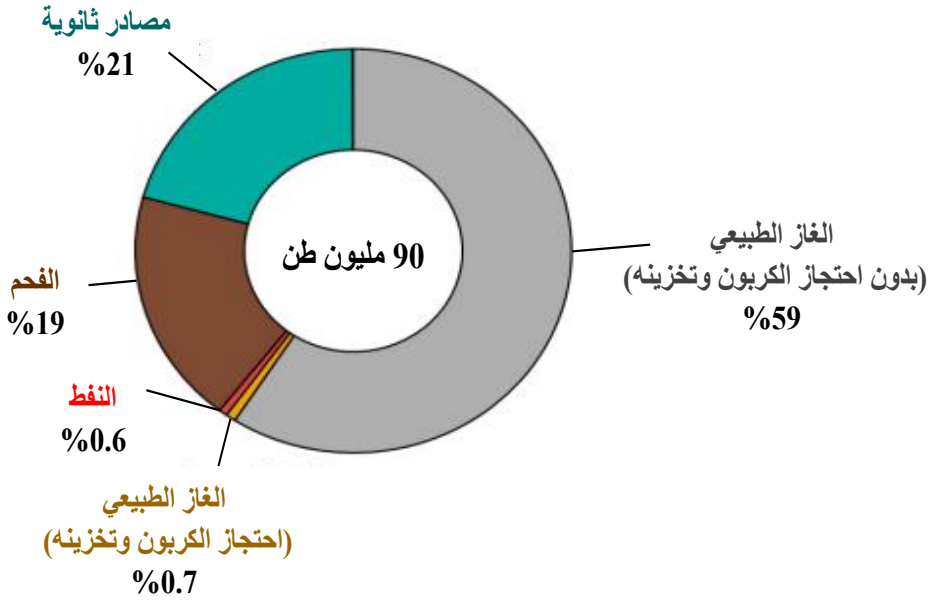
أكد التقرير على أن دول العالم في حاجة إلى زيادة الطموحات ودعم الطلب، فقد التزمت الدول التي اعتمدت استراتيجيات الهيدروجين بما لا يقل عن 37 مليار دولار، وأعلن القطاع الخاص عن استثمارات إضافية بقيمة 300 مليار دولار. ولكن من أجل وضع قطاع الهيدروجين على المسار الصحيح لتحقيق صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050 فإن الأمر يتطلب استثمارات بقيمة 1.2 تريليون دولار في إمدادات الهيدروجين منخفضة الكربون واستخدامها حتى عام 2030.

هذا وقد بدأت العديد من الدول في الإعلان عن مجموعة واسعة من أدوات السياسة، بما في ذلك أسعار الكربون والمناقصات والحصص والتفويضات والمتطلبات في المشتريات العامة. معظم هذه الإجراءات لم تدخل حيز التنفيذ بعد، ولكن يمكن أن يؤدي تشريعها السريع والواسع النطاق إلى فتح المزيد من المشروعات لزيادة الطلب على الهيدروجين.

الإمدادات العالمية من الهيدروجين

أكد التقرير المشار إليه أعلاه على وجود بوادر إيجابية لنمو إمدادات الهيدروجين من مصادر أخرى بخلاف الوقود الأحفوري، حيث تضاعفت السعة العالمية لأجهزة التحليل الكهربائي اللازمة لإنتاج الهيدروجين خلال الأعوام الخمسة الماضية لتصل إلى ما يزيد قليلاً عن 300 ميجاوات في منتصف عام 2021. وهناك نحو 350 مشروع قيد التطوير حالياً يمكنها رفع السعة العالمية إلى 54 جيجاوات بحلول عام 2030، كما أن هناك 40 مشروع آخر تبلغ طاقتها الإنتاجية أكثر من 35 جيجاوات في المراحل الأولى من التطوير.

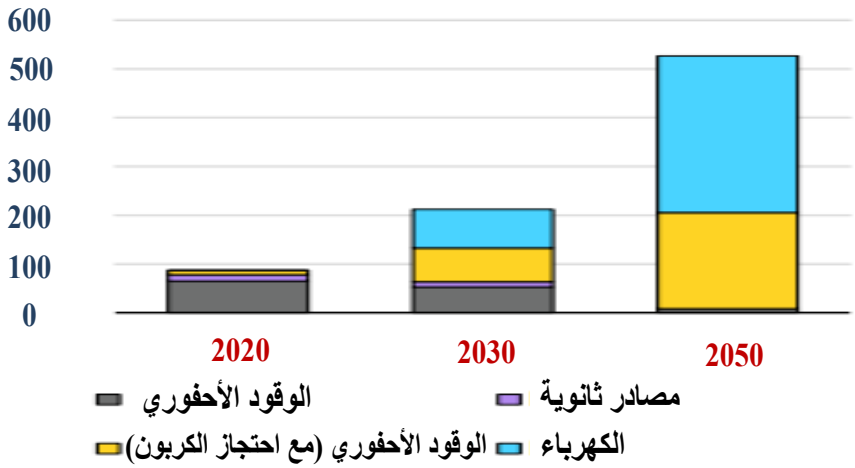
الشكل (2)
مصادر إنتاج الهيدروجين، عام 2020
(%)



المصدر: Global Hydrogen Review 2021, P.108.

وإذا ما تم تنفيذ كل هذه المشروعات، يمكن أن تصل الإمدادات العالمية من الهيدروجين باستخدام التحليل الكهربائي إلى أكثر من 8 مليون طن بحلول عام 2030، إلا أن هذ المستوى لا يزال أقل بكثير من 80 مليون طن المستهدفة لتحقيق سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية.

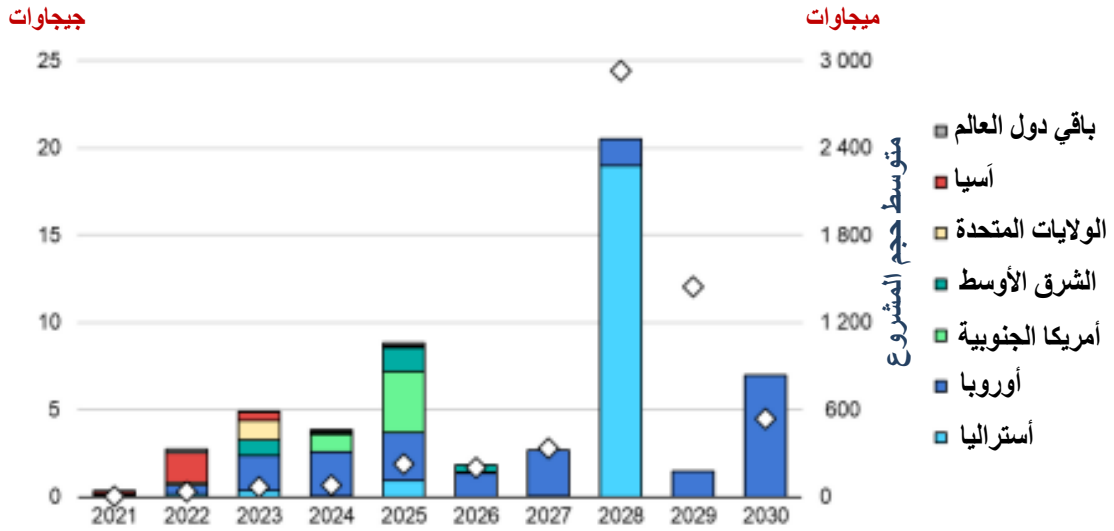
الشكل (3)
مصادر إنتاج الهيدروجين وفقاً لسيناريو صافي الانبعاثات الصفرية، (2020 – 2050)
(مليون طن)



المصدر: Global Hydrogen Review 2021, P.19.

وتقود أوروبا عمليات التوسع في سعة أجهزة التحليل الكهربائي، باستحواذها على40% من السعة المركبة العالمية، ومن المتوقع أن تظل أكبر سوق على المدى القريب على خلفية استراتيجيات الهيدروجين الطموحة للاتحاد الأوروبي والمملكة المتحدة. وفي الوقت ذاته، تشير الخطط المتبناة من قبل أستراليا إلى أنها قد تلحق بأوروبا في غضون أعوام قليلة، كما يتوقع أن تتوسع دول أمريكا اللاتينية ومنطقة الشرق الأوسط وبشكل كبير في سعة أجهزة التحليل الكهربائي أيضاً، لا سيما للتصدير، كما يشهد عدد مشروعات الهيدروجين المعلن عنها في الصين نمواً سريعاً، بينما تكثف الولايات المتحدة طموحاتها من خلال إطلاق مبادرة Hydrogen Earthshot التي تم الإعلان عنها مؤخراً والتي تستهدف الإسراع في تحقيق حلول الطاقة النظيفة الأكثر وفرة وبأسعار معقولة وموثوقة خلال العقد الحالي، ومن ضمنها خفض تكلفة الهيدروجين النظيف بنسبة 80% ليصل إلى 1 دولار لكل 1 كيلوجرام.

الشكل (4)
قدرة التحليل الكهربائي المركبة الجديدة على أساس المشروعات قيد الإنشاء أو المخطط لها، (2021 – 2030)



المصدر: Global Hydrogen Review 2021, P.117.

وأشار التقرير إلى وجود 16 مشروعاً في الوقت الحالي لإنتاج الهيدروجين من الوقود الأحفوري مع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، تنتج نحو 0.7 مليون طن سنوياً، وتستحوذ الولايات المتحدة الأمريكية وكندا على 80% من السعة العالمية لهذا الإنتاج. كما أن هناك 50 مشروع

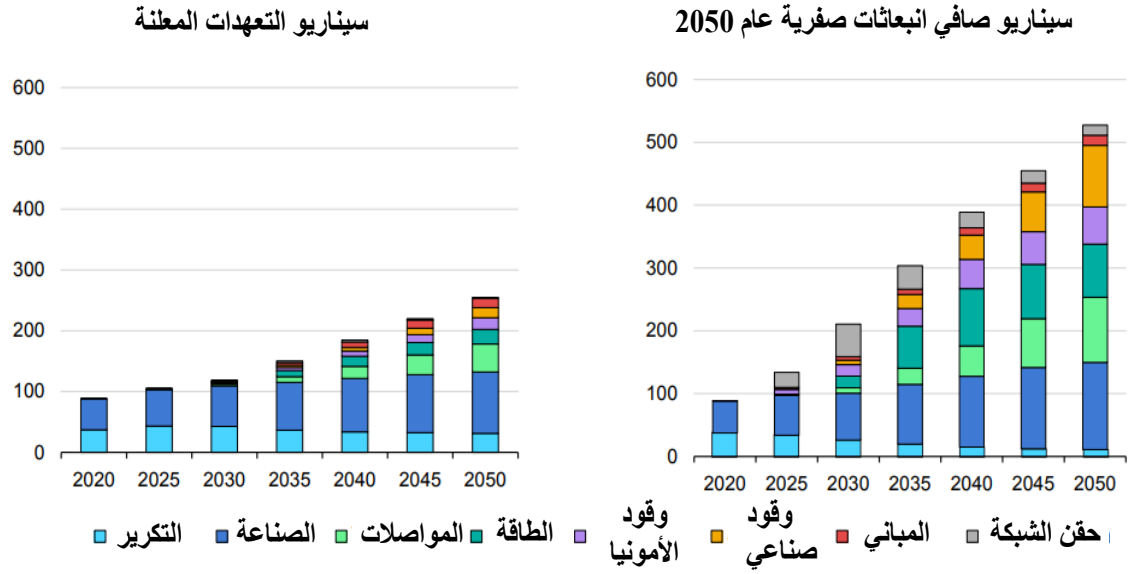
آخر قيد التطوير، وفي حال تحققها، يمكن أن يرتفع الإنتاج السنوي للهيدروجين إلى أكثر من 9 مليون طن بحلول عام 2030، وتستحوذ المملكة المتحدة وهولندا على جزء كبير من تلك المشروعات.

توسيع نطاق استخدام الهيدروجين

أما فيما يخص توسيع نطاق استخدام الهيدروجين، فعلى الرغم من أن استخدامه لا يزال مقصوراً على عدد محدود من التطبيقات التي تمثل حصة صغيرة من إجمالي الطلب العالمي على الهيدروجين، إلا أن التقدم الأخير لتوسيع نطاق إستخداماته كان قوياً، لا سيما في مجال النقل. حيث انخفضت تكلفة خلايا وقود السيارات بنسبة 70% منذ عام 2008 بفضل التقدم التكنولوجي والمبيعات المتزايدة للسيارات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود (FCEVs) التي زاد عددها بأكثر من ستة أضعاف من 7000 في عام 2017 إلى أكثر من 43000 في منتصف عام 2021، وذلك بفضل الجهود التي تبذلها كوريا الجنوبية والولايات المتحدة الأمريكية والصين واليابان. ففي عام 2017، كانت جميع السيارات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود تقريباً هي سيارات ركاب، أما حاليا فنحو 20% من هذه السيارات هي حافلات وشاحنات، مما يشير إلى تحول إلى قطاع المسافات الطويلة حيث يمكن للهيدروجين أن يتنافس بشكل أفضل مع المركبات الكهربائية. هذا وتوجد العديد من المشروعات لاستخدام الوقود القائم على الهيدروجين في السكك الحديدية والشحن والطيران قيد التطوير بالفعل، ومن المتوقع أن توفر فرصاً جديدة لدعم الطلب على الهيدروجين.

من جانب آخر، يعتبر الهيدروجين ركيزة أساسية في إزالة الكربون في القطاع الصناعي، وعلى الرغم من وجود التقنيات التي يمكن أن تساهم بشكل كبير في تحقيق هذا الأمر، إلا أنها لا تزال في مراحلها الأولى، رغم اتخاذ خطوات رئيسية فعلية في هذا الشأن. حيث بدأ تشغيل أول مشروع تجريبي في العالم لإنتاج الفولاذ الخالي من الكربون باستخدام الهيدروجين منخفض الكربون هذا العام في السويد، كما سيبدأ مشروع تجريبي آخر لاستخدام الهيدروجين القائم على مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الأمونيا في نهاية عام 2021 في أسبانيا. ومن المتوقع بدء تشغيل العديد من المشروعات بطاقة عشرات الكيلو طن من الهيدروجين خلال عامين أو ثلاثة أعوام قادمة. كما يجري تطوير مشروعات لاستخدام الهيدروجين في التطبيقات الصناعية مثل الأسمنت والسيراميك أو تصنيع الزجاج.

الشكل (5)
الطلب على الهيدروجين وفقاً للقطاع في سيناريو التعهدات المعلنة وسيناريو صافي الانبعاثات الصفرية، (2020 – 2050)
(مليون طن)



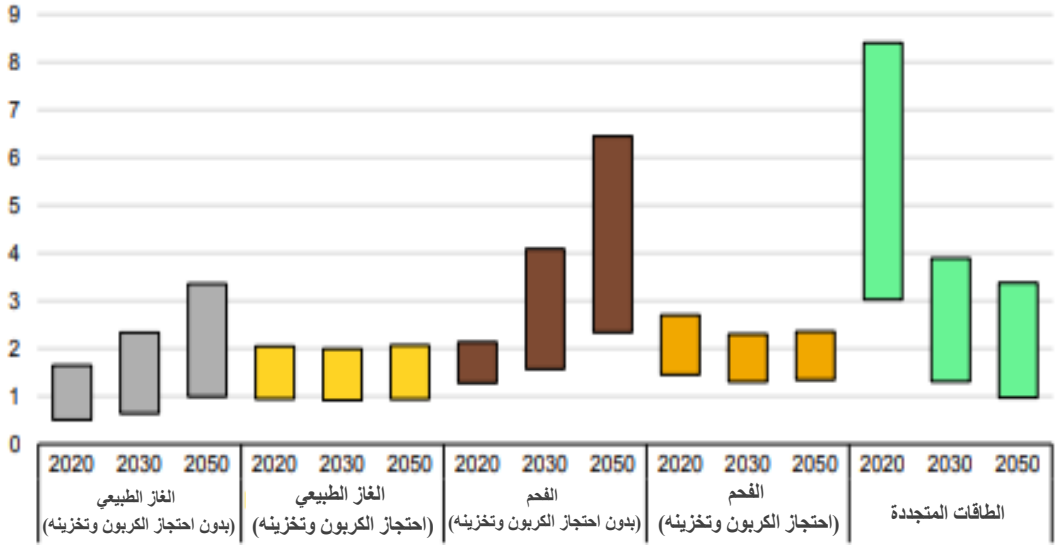
المصدر: Global Hydrogen Review 2021, P.44.

الهيدروجين منخفض الكربون وتكلفة الإنتاج

أشار التقرير إلى أن الحاجز الرئيسي للهيدروجين منخفض الكربون هو فجوة التكلفة الكبيرة مع الهيدروجين المنتج من الوقود الأحفوري الذي يعد حالياً أرخص خيار في معظم أنحاء العالم. فاعتماداً على أسعار الغاز الإقليمية، تتراوح تكلفة إنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي من 0.5 إلى 1.7 دولار لكل كيلوجرام، ويؤدي استخدام تقنيات تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن إنتاج الهيدروجين إلى زيادة تكلفة الإنتاج إلى نحو 1 إلى 2 دولار لكل كيلوجرام، في حين أن استخدام الكهرباء المتجددة لإنتاج الهيدروجين تبلغ تكلفته 3 إلى 8 دولار لكل كيلوجرام. وعلى الرغم من ذلك فهناك مجال كبير لخفض تكاليف إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون من خلال الابتكار التكنولوجي وزيادة الانتشار، وفقاً لسيناريو صافي الانبعاثات الصفرية بحلول عام 2050 الذي يتوقع انخفاض تكلفة إنتاج الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة إلى 1.3 دولار لكل كيلوجرام بحلول عام 2030 في المناطق ذات الموارد المتجددة الوفيرة (النطاق 1.3 – 3.5 دولار لكل كيلوجرام)، وعلى المدى الطويل تنخفض التكلفة إلى 1 دولار لكل كيلوجرام (النطاق 1 – 3 دولار لكل كيلوجرام)، مما يجعل

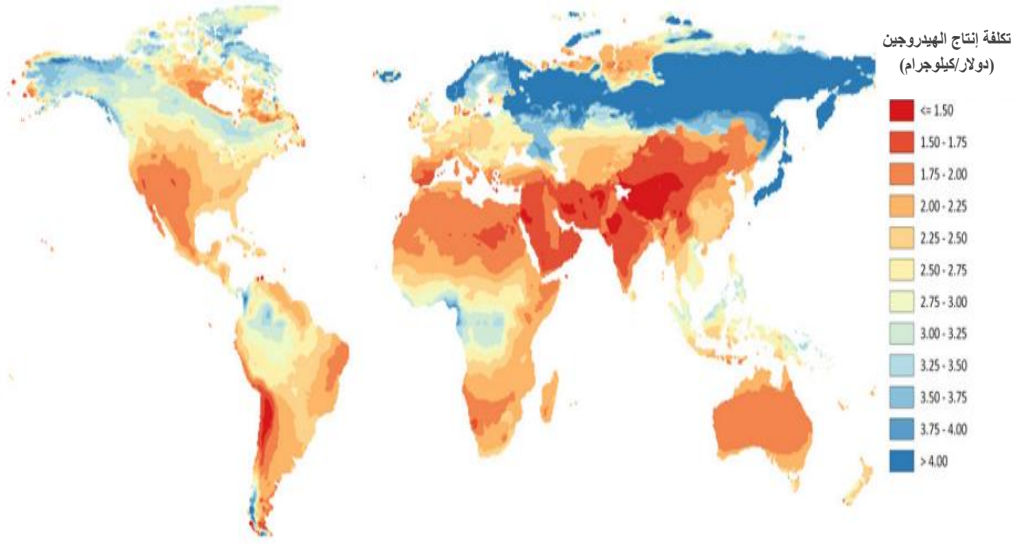
الهيدروجين المنتج من الطاقة الشمسية الكهروضوئية منافساً في التكلفة مع الهيدروجين المنتج من الغاز الطبيعي حتى بدون استخدام تقنيات تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في عدة مناطق.

الشكل (6)
تكلفة إنتاج الهيدروجين وفقاً للتكنولوجيا المستخدمة في عام 2020، وفي سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية 2030 و 2050
(دولار/كيلوجرام)



المصدر: Global Hydrogen Review 2021, P.113.

الشكل (7)
تكلفة إنتاج الهيدروجين من أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح في عام 2030



المصدر: Global Hydrogen Review 2021, P.126.

الوفاء بتعهدات المناخ

أوضح التقرير أن الوفاء بتعهدات المناخ يتطلب إتخاذ إجراءات سريعة وأكثر حسماً، فبينما يتسارع اعتماد الهيدروجين كوقود نظيف، إلا أنه لا يزال أقل من المطلوب للمساعدة في الوصول إلى صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050. حيث أن تحقيق جميع الخطط المعلنة للهيدروجين بحلول عام 2030 قد تؤدي إلى الآتي:

- نمو إجمالي الطلب على الهيدروجين ليصل إلى 105 مليون طن، مقارنة بأكثر من 200 مليون طن في سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية.
- ارتفاع إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون إلى أكثر من 17 مليون طن، وهو ما يمثل 0.1% تقريباً من مستوى الإنتاج المطلوب في سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية.
- ارتفاع قدرة التحليل الكهربائي إلى 90 جيجاوات، وهو مستوى أقل بكثير من القدرة المستهدفة في سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية وهي 850 جيجاوات تقريباً.
- نشر ما يصل إلى 6 مليون مركبة كهربائية تعمل بخلايا الوقود، وهو ما يمثل 40% فقط من العدد المستهدف في سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية (15 مليون مركبة).

ويبين التقرير أنه هناك حاجة إلى اعتماد أسرع بكثير لإنتاج الهيدروجين منخفض الكربون لوضع العالم على المسار المستهدف لنظام الطاقة المستدامة بحلول عام 2050. ويمكن أن يساعد تطوير سوق الهيدروجين العالمي الدول ذات إمدادات الطاقة المحدودة، مع توفير فرص التصدير للدول ذات الإمدادات الكبيرة المتجددة أو تخزين ثاني أكسيد الكربون. كما أن هناك حاجة إلى تسريع جهود الابتكار التكنولوجي، حيث يقدر حجم الاستثمارات العالمية التي يجب توجيهها بأسرع وقت ممكن إلى ابتكارات الطاقة المتجددة نحو 90 مليار دولار، مع تخصيص نصفها تقريباً للتقنيات المتعلقة بالهيدروجين. وفي هذا السياق، يعد التعاون الدولي أمر بالغ الأهمية لتسريع اعتماد الهيدروجين.

التوصيات

قدم التقرير عدد من التوصيات التي يجب على الدول تبنيها لأخذ زمام المبادرة في تحول الطاقة، والتي من أهمها:

- **وضع استراتيجيات وخرائط طريق حول دور الهيدروجين في أنظمة الطاقة:** إن تبني استراتيجيات وطنية للهيدروجين، وخرائط طريق واضحة المعالم مع أهداف ملموسة لنشر إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون، وتحفيز الطلب الكبير الذي يعد أمر بالغ الأهمية لبناء الثقة بشأن السوق المحتملة للهيدروجين منخفض الكربون، تعد خطوة أولى حيوية لخلق الزخم وتحفيز المزيد من الاستثمارات لتوسيع وتسريع صناعة الهيدروجين.
- **حشد الاستثمار في الإنتاج والبنية التحتية والمصانع:** يمكن لإطار السياسة الذي يحفز الطلب، بدوره، أن يحفز الاستثمار في مصانع إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون والبنية التحتية والقدرة التصنيعية. مع ذلك، وبدون إجراءات سياسية قوية وفعالة، لن تحدث هذه العملية بالسرعة اللازمة لتحقيق الأهداف المناخية. هذا ويعد التخطيط الملائم وتطوير البنية التحتية أمراً بالغ الأهمية لربط مصادر الإمداد بمراكز الطلب وقدرات التصنيع التي يمكن أن تستفيد منها المشاريع اللاحقة.
- **توفير دعم قوي للابتكار لضمان وصول التقنيات الحيوية إلى التسويق قريباً:** يعد الابتكار أمراً ضرورياً لخفض التكاليف وزيادة القدرة التنافسية لتقنيات الهيدروجين. كما أن إطلاق العنان للطلب الكامل المحتمل على الهيدروجين يتطلب جهوداً توضيحية قوية على مدار العقد المقبل. كما أن هناك حاجة ماسة إلى زيادة ميزانيات البحث والتطوير ودعم المشروعات للتأكد من وصول تقنيات الهيدروجين الرئيسية إلى التسويق التجاري في أقرب وقت ممكن.
- **إنشاء أنظمة مناسبة لإصدار الشهادات والتوحيد القياسي والتنظيم:** سيؤدي اعتماد الهيدروجين إلى ظهور سلاسل قيمة جديدة، وسيتطلب ذلك تعديل الأطر التنظيمية الحالية وتحديد معايير جديدة وخطط إصدار الشهادات لإزالة الحواجز التي تمنع وتعوق هذا التوسع. ويعد الاتفاق الدولي بشأن منهجية حساب البصمة الكربونية لإنتاج الهيدروجين أمراً مهماً بشكل خاص لضمان أن الهيدروجين المنتج منخفض الكربون، كما ستلعب دوراً أساسياً في تطوير سوق الهيدروجين العالمي.

ابيكورب
APICORP

التقارير

توقعات استثمارات الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا للأعوام 2022-2026

سهيل شاتيلا *
رامي العشماوي **

ملاحظة: تم إعادة النشر بعد الإذن من الجهة الصادرة للتقرير وهي الشركة العربية للاستثمارات البترولية (ابيكورب)

* اخصائي طاقة أول - ابيكورب - الكويت
** اخصائي طاقة أول - ابيكورب - الكويت

الملخّص التنفيذي

رغم أن 2021 كان عاماً مضطرباً شهد تقلبات حادة في ثلاثية الصحة والاقتصاد والمال، إلا أن التوقعات لعام 2022 لا تشير إلى أنه سيكون أفضل حالاً، بل سيزخر مثل سابقه بالتقلبات، سيما مع عدم اتضاح الرؤية في العديد من الجوانب. على الجبهة الجيوسياسية، تلقي الحرب الروسية-الأوكرانية على المشهد بظلال ما فتئت رقعتها تتسع وتتمدد، لتصل آثارها إلى أسواق السلع الأساسية، وحركة التجارة، والقنوات المالية. ومن هذه الانعكاسات أيضاً، ارتفاعات سريعة في أسعار الوقود والمواد الغذائية، كان الأكثر تضرراً من تبعاتها الفئات السكانية الضعيفة، خصوصاً في الدول منخفضة الدخل.

على المستوى الاقتصادي، تقف مستويات الدّين العام للدول ومعدلات التضخم فيها حالياً عند مستويات مرتفعة قياسية، وبات من المرتقب اتخاذ تدابير تقشف مالي علّها تكبح جماح الأسواق وتحدّ من تصاعد أسعار السلع. ومن المتوقع أن ترتفع أسعار الفائدة مع إقدام البنوك المركزية على تشديد سياساتها، الأمر الذي يفرض ضغوطاً على اقتصادات الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية. وفقاً لصندوق النقد الدولي، فإنه من المتوقع وصول التضخم في عام 2022 إلى نسبة 5.7% في الاقتصادات المتقدمة، فيما سيصل إلى 8.7% في اقتصادات الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية. ومع تفاقم اختلال التوازن بين العرض والطلب، واستمرار تصاعد أسعار السلع الأساسية، فإنه من الممكن أن تستمر معدلات التضخم في الارتفاع. وفي حالة بقاء التضخم عند مستويات مرتفعة، سيؤدي ذلك إلى تعقيد مهمّة البنوك المركزية، التي ستجد صعوبة في الموازنة بين احتواء ضغوط الأسعار وبين حماية معدّلات النمو.

على الجانب الصحي، يتوقع ظهور متحوّرات جديدة من فيروس الجائحة، أما تفشّي الفيروس وانتشاره فربما ينتقل من مرحلة "الوباء" ليصبح بمثابة فيروس "مستوطن" يتواجد بيننا بشكل دائم. ورغم أن مناطق كثيرة من العالم تبدو ظاهرياً وكأنها قد تجاوزت المراحل الحادة من أزمة "كوفيد-19"، إلا أن معدلات الوفيات لا تزال مرتفعة، خاصة بين غير الحاصلين على اللقاح. علاوة على ذلك، اضطرت الصين مؤخراً للّجوء مجدداً إلى فرض إغلاقات طالت عدداً من مراكزها الرئيسية للتصنيع والتجارة، ومن المرجّح أن يؤدي ذلك إلى تفاقم اضطرابات الإمدادات في أماكن أخرى من العالم.

مع شروع الدول في سحب حزم التحفيز المالي، وتقليص برامج شراء الأصول، ورفع أسعار الفائدة، بات الخوف من الركود التضخمي يلوح في الأفق. من جرّاء ذلك، سوف يتباطأ التعافي الاقتصادي ويبقى عالقاً في حلقة مفرغة، فمكتسبات التعافي سرعان ما تلتهمها الدورة التضخّميّة التي تبيّن –خلافاً للتوقعات– أنّها لم تكن مجرّد مرحلة وقتية عابرة.

انعكاس التضخم على مؤشر ICIS للبتروكيماويات - نظرة موجزة

المؤشر	أبريل 2022	على أساس شهري	على أساس سنوي
المؤشر العالمي	248.4	1.64%	**20.02%**
مؤشر شمال شرق أسيا	235.8	-1.54%	**9.66%**
مؤشر شمال غرب أوروبا	368.2	13.24%	**49.89%**
الولايات المتحدة والخليج	285.1	3.15%	**36.37%**

رغم أن زخم النمو العالمي يسير نحو دورة هابطة، إلا أنّ التوقعات لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ما زالت –مقارنةً بالعامين الماضيين– إيجابية نسبياً، وذلك بفضل أداء الاقتصادات المصدّرة للطاقة، خصوصاً في مجلس التعاون الخليجي. فمن المتوقع أن يستفيد مصدّرو الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من انعكاسات الحرب الروسية-الأوكرانية، حيث سيؤدي الارتفاع الحاد في أسعار الطاقة إلى ارتفاع الإيرادات الحكومية. إنّ تنامي هذه الإيرادات يؤدي بدوره لزيادة الإنفاق الرأسمالي من قبل القطاع العام، كما يؤدي إلى تحسين بيئة الأعمال في القطاع الخاص، مما يتيح في نهاية المطاف تبني خطط توسعية أطول أجلاً.

ولكن ذلك لا يلغي وجود رياح معاكسة تهبّ من اتجاهات عدّة وتشكّل تهديداً للانتعاش الاقتصادي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وأبرزها: تبني سياسات نقدية أكثر تشدداً مصحوبة برفع أسعار الفائدة مما يدفع العملات الأجنبية نحو الخروج من الاقتصادات الناشئة؛ دخول السلع الأساسية إلى طور الانفلات التصاعدي (super cycle)؛ استمرار الحرب الروسية-الأوكرانية مطوّلاً خلال 2022؛ تراجع احتمالات التوصل إلى اتفاق نووي مع إيران؛ استمرار الاضطرابات في سلاسل التوريد العالمية؛ انعدام الأمن الغذائي؛ والتهديد المستمر الذي تمثله متحوّرات "كوفيد" كالتي اضطرت المراكز التجارية الرئيسية في الصين للعودة إلى فرض الإغلاقات خلال الربع الأول/الثاني من عام 2022.

بالنسبة للتضخّم في دول مجلس التعاون الخليجي، فمن المتوقع أن يراوح عند مستويات أقل، لا سيما حيث يكون الاقتصاد مدعوماً بمكاسب مفاجئة قوية من عائدات تصدير النفط والغاز، وكذلك من ربط العملات بالدولار الأمريكي وارتفاع احتياطيات النقد الأجنبي. أمّا البلدان التي تُعدّ مستورداً صافياً للطاقة في مناطق شمال أفريقيا وشرق البحر المتوسّط، فمن المتوقع لها أن تشهد استمرار تدنّي معدلات النمو خلال عام 2022. فهذه الدول أكثر عرضةً من غيرها للمخاطر الجيوسياسية العالمية وعلى رأسها الحرب الروسية-الأوكرانية، إضافة إلى انعدام الأمن الغذائي وشحّ السلع الأساسية، وارتفاع معدلات التضخم، وانحسار قدرة الحكومات على القيام بمناورات مالية لدرء الصدمات الخارجية عن اقتصاداتها.

أساسيات سوق النفط والغاز والضغوط الجيوسياسية.

في المساعي الرامية لتلافي دورة الانفلات التصاعدي (super cycle) التي باتت وشيكة الحدوث، تتحمّل منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا عبء الجزء الأكبر من الاستثمارات العالمية الواجب ضخّها في مجال النفط والغاز خلال الفترة القادمة. لقد بلغ الإنفاق الرأسمالي على قطاع النفط والغاز عالمياً مستويات منخفضة تاريخياً خلال عامي 2020 و 2021، ولم تتمكن استثمارات النفط والغاز من العودة إلى مستويات عام 2019 حتى الآن. وكان قد سبق لوكالة الطاقة الدولية (IEA) الإشارة إلى أن الإنتاج من الحقول الحالية سينخفض بنسبة 8% سنوياً في غياب الاستثمار في مكامن نفطية جديدة، ومثل هذا الانخفاض في حجم العرض يفوق بشكل كبير أيّ تغيّرات قد تحدث في مستويات الطلب.

من جانبهما، فإن المملكة العربية السعودية ودولة الإمارات العربية المتحدة ما فتئتا تحذّران من انعدام الاتساق بين الاحتياجات الحالية للطاقة وبين تقاعس كبرى شركات النفط العالمية عن الإنفاق على تجديد احتياطياتها الهيدروكربونية، وذلك بسبب ما تتعرض له تلك الشركات من ضغوطات مناوئة للوقود الأحفوري. إنّ مثل هذا الخلل من شأنه أن يعرّض أمن الطاقة والنشاط الاقتصادي للخطر، لا سيما إذا أصبحت أسعار النفط المكونة من ثلاثة أرقام أمراً معتاداً. على سبيل المثال، فقد تعرضت نيجيريا وأنغولا –وكلاهما عضو في منظمة "أوبك"– لتراجعات في مخزون المكامن النفطية، مما حال دون وفاء البلدين بالحصص الإنتاجية التي أقرتها لهما "أوبك" عن عام 2022.

وفي ذات السياق، بات الضوء مسلطاً على الدول الأعضاء في "أوبك+"، إذ أنّ قدرتها على الالتزام بالزيادات المستهدفة للعودة إلى مستويات ما قبل الجائحة بحلول منتصف العام أصبحت محلّ تساؤل بعد أن تبيّن أن السحب من احتياطيات البترول الاستراتيجية، سواء في الولايات المتحدة أو الاتحاد الأوروبي أو جنوب شرق آسيا، لن يكفي للتعويض عن انقطاع إمدادات النفط الروسي. ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى انخفاض إجمالي الناتج النفطي بسبب تراجع استثمارات الاستكشاف والإنتاج عند المنبع (upstream) إلى مستويات تاريخية على مدى السنوات الماضية، إلى جانب انخفاض الإنتاج الروسي سواء بسبب العقوبات أو بسبب قرارات اتخذتها روسيا ذاتياً. ومن الضروري أن يُعاد رفد احتياطيات البترول الاستراتيجية بحلول الربع الثالث من عام 2022، وإلاّ فإن عمليات السحب الضخمة من الاحتياطي سوف تجعل هذه البلدان (الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي واليابان وكوريا الجنوبية) عرضةً لتراجع مخزوناتها إلى مستويات شديدة الانخفاض، وبالتالي المساس بأمن الطاقة وإطلاق الشرارة لارتفاعات جديدة في أسعار النفط بحلول الربع الأخير من 2022 والربع الأول من 2023. وبالفعل، فقد استوعبت الأسواق هذه الاحتمالية وأخذتها في الحسبان، وهو ما مكّن العقود الآجلة للنفط من الاحتفاظ بأسعارها العالية رغم تكرر عمليات السحب من المخزونات الاستراتيجية.

من المتوقع أن يشهد خام "برنت" نوبات من التقلبات الحادة بسبب انكماش أسواق الطاقة، ليستقر في أعقابها عند متوسط يبلغ نحو 100 دولار أمريكي للبرميل في عام 2022، وذلك وفقاً لما تشير إليه أساسيات السوق حالياً. أما الغاز الطبيعي، فمن المتوقع أن تنخفض أسعاره نسبياً عبر المحور الياباني الكوري في آسيا وعبر المحورين البريطاني والهولندي في أوروبا خلال موسم الصيف، وذلك تبعاً لانخفاض الطلب على الطاقة. رغم ذلك، تبقى الأسعار مهيّأة لمعاودة الارتفاع مجدداً والاقتراب من مستوياتها العليا القياسية مع بداية فصل الشتاء في الربع الثالث من عام 2022، إذ أن أسواق الغاز العالمية ستظل تعاني من نقص أساسي في الإمدادات حتى أواخر عام 2025.

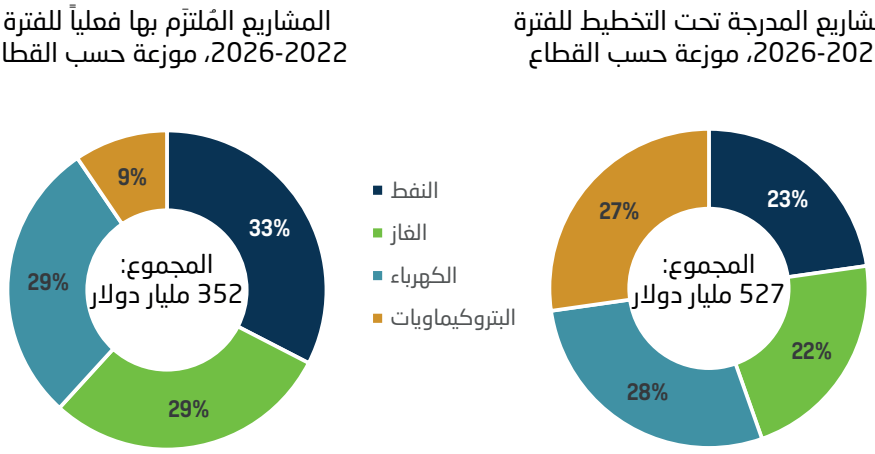
استثمارات الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تنمو بقوّة مدفوعةً بقطاع النفط والغاز.

حسب البيانات التي تم جمعها وتحليلها في الربع الأول من عام 2022، يتوقع لاستثمارات الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أن تسجل على مدى 5 سنوات قادمة (2022-2026) ما مجموعه 879 مليار دولار أمريكي، أي بزيادة 9% عن توقعات الفترة 2021-2025 التي ترقّبت خلال العام الماضي أن تصل الاستثمارات الخمسيّة إلى 805 مليارات دولار أمريكي. وتشكّل الاستثمارات التي تم الالتزام بها فعلياً (أي التي دخلت حيّز التنفيذ) حوالي 30% من إجمالي الاستثمارات المرتقبة، بينما تعود النسبة المتبقية إلى استثمارات ما زالت تحت التخطيط.

لقد تمكّنت منطقة شمال أفريقيا من تعويض الآثار التي نجمت خلال سنوات الوباء (2020-2021) عن تقليص حجم المشاريع الملتزم بها، سيما وأنّ التنوّع الاقتصادي أتاح لاقتصاداتها الصمود في وجه الأزمة. ولكن على الرغم من ذلك الصمود، فإن توقعات هذا العام تكشف عن

حجم الأعباء التي باتت ملقاة على كاهل الاقتصادات الشمال أفريقية، سواء من حيث معدلات التضخم أو من حيث تراكم المديونيّات. وتتصدّر دول مجلس التعاون الخليجي مشهد الإنفاق المرتقب على المشاريع خلال الفترة من 2022-2026. فعقب المكاسب المفاجئة التي تحققت في عائدات تصدير النفط والغاز، تسنى للدول الخليجية أن ترفع نسبة المشاريع المُلتزم بها فعلياً، بحيث باتت تمثل أكثر من 45% من إجمالي المشاريع المزمع تنفيذها. إننا نتوقع تعاظم الاستثمارات في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا خلال عام 2022، وذلك سعياً إلى تلبية الزيادة في الطلب العالمي على الطاقة، سواء بالنسبة للنفط والغاز، أو بالنسبة لمنتجات المصبّ (downstream) من السلع.

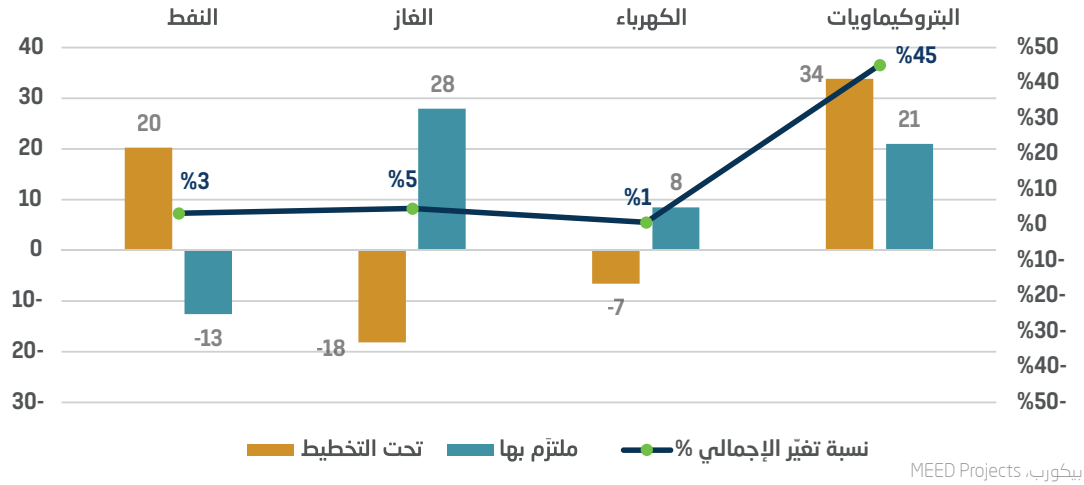
استثمارات الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا للفترة 2022-2026، موزعة حسب القطاع:



المصدر: ابيكورب، MEED Projects

عند إجراء تحليل على أساس سنوي (أي السنة مقارنة بالفترة المماثلة من سابقتها) لمرتقبات الفترة 2022-2026 مقابل توقعات العام الماضي، فإنّ النفط الخام –الذي يمثل صادرات الطاقة الرئيسية للمنطقة– يشهد زيادة بنسبة 3% في مخصصاته الاستثمارية، وذلك نظراً لتبني كلّ من المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة والكويت والعراق أهدافاً قوية لتوسيع القدرة الإنتاجية، وإن كان يوجد بالمقابل تراجع للمشاريع المرتقبة في كلّ من سلطنة عُمان ومصر والجزائر. أما في ليبيا، فإنّ مشاريع الطاقة الموضوعة تحت التخطيط لا تزال خارج حيّز التأكيد، وذلك نظراً لاستمرار تعسّر المخاض السياسي في البلاد.

نسب التغيّر على أساس سنوي في التوقعات الاستثمارية، موزعة حسب القطاع (بمليارات الدولارات إلى اليسار، وبالنسبة المئوية إلى اليمين)



المصدر: ابيكورب، MEED Projects

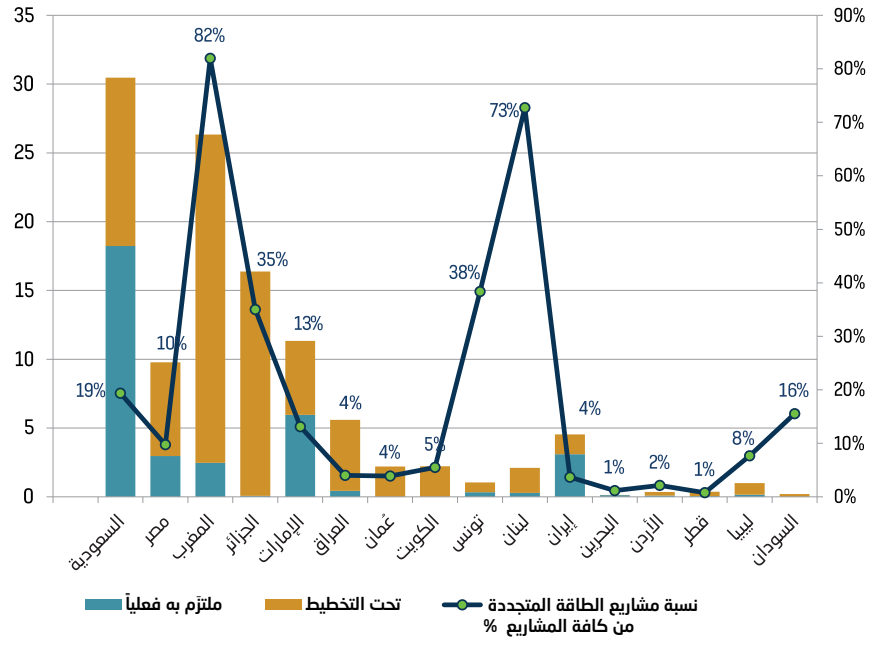
يتوقع لاستثمارات الغاز الطبيعي أن تسجل نمواً بنسبة 5%، وذلك في ظل توسّعات الغاز الطبيعي المسال التي تُنفَّذ في دولة قطر، ومشروعات الغاز الحمضي (sour gas) في دولة الإمارات العربية المتحدة (إلى جانب خطط استحداث محطة تصدير جديدة على المحيط الهندي للغاز الطبيعي المسال)، ومشاريع تحويل الغاز إلى كهرباء (GTP) التي يعكف العراق على تنفيذها. وفي سياق مماثل، تسجل المشاريع الملتزم بها في بلدان شمال أفريقيا نمواً –خاصة في الجزائر ومصر– إذ تسعى دول المنطقة لتعظيم صادرات الغاز على ضوء مذكرات التفاهم التي وقعت مؤخراً مع دول الاتحاد الأوروبي لتعويض جزء من واردات الغاز الروسي.

من جانبه، استأثر قطاع البتروكيماويات بأعلى نسبة زيادة في المخصصات الاستثمارية على أساس سنوي، إذ بلغت الزيادة 45% مقارنة بالعام السابق، عقب أن كان العديد من المشاريع قد تم تعليقها طوال العامين الماضيين. فعندما تراكمت الأزمات بينما كان التركيز منصبّاً بشكل أكبر على قطاع الكهرباء، أعيد توجيه الجهود نحو تعظيم عائدات تصدير النفط والغاز بغية تدعيم الميزانيات الحكومية في مواجهة ضغوطات الأزمة.

ورغم أن استثمارات قطاع الكهرباء بقيت بدون تغيير يُذكر، فإن دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مستمرة في الاستثمار في أوجه مختلفة من سلسلة القيمة في هذا القطاع –وتحديداً في مجالات توليد ونقل وتوزيع الكهرباء. أما على صعيد مزيج الطاقة المستخدم لتوفير التغذية الكهربائية، يبرز الغاز الطبيعي والمصادر المتجددة في مقدّمة الجهود الرامية لخفض البصمة الكربونية، إذ يتم نقل محطات الكهرباء إلى اعتماد الغاز الطبيعي باعتباره وقوداً أكثر نظافة، كما يتم التوجّه نحو تحقيق زيادات ملموسة في سعة إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة. ورغم أن قلّة من دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا قد تعهدت فعلياً بالوصول إلى صافي انبعاثات صفريّ بحلول عام 2050 (الإمارات العربية المتحدة) أو عام 2060 (المملكة العربية السعودية ومملكة البحرين)، إلا أنّ تبنّي الطاقة المتجددة سوف يكون محرّكاً رئيسياً لأيّ مساعٍ ترمي لتحقيق مثل تلك الأهداف. ولكن بسبب الطبيعة المتقطّعة لنواتج الطاقة المتجددة، وكذلك النقص المستمر حتى الآن في توفّر حلول على مستوى الشبكات لتخزين الطاقة، فإن الوقود الأحفوري والطاقة النووية سوف يظلان من الضرورات التي لا غنى عنها في مزيج الطاقة المستخدمة للتغذية الكهربائية على المدى المنظور.

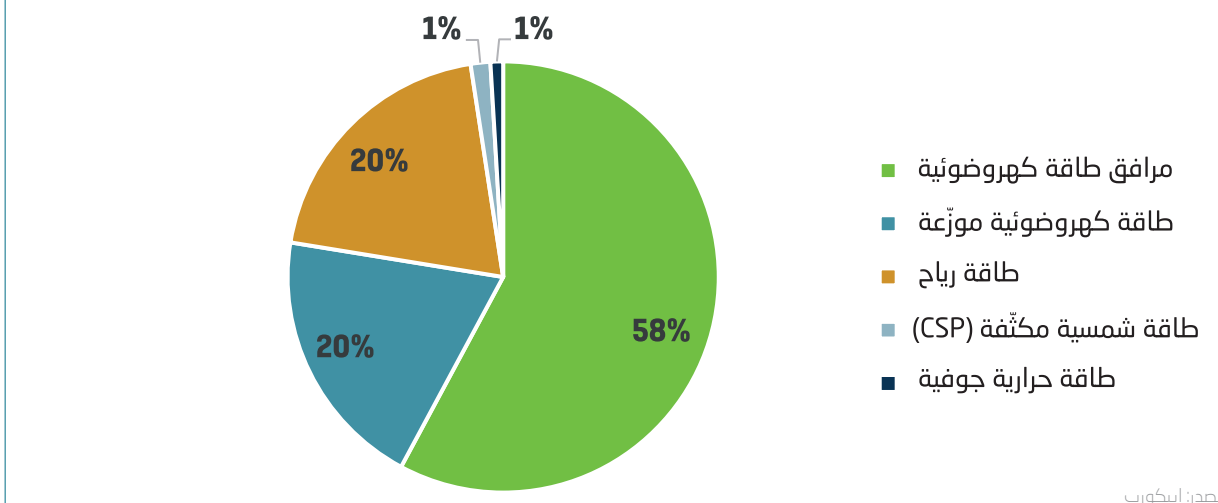
يتبيّن من الأهداف الوطنية للطاقة المتجددة لعام 2030 –والتي تتراوح بين 15% و 50% من توليد الكهرباء– أن حكومات المنطقة تعتزم مضاعفة جهودها لرفع حصة المصادر المتجددة في مزيج الطاقة. حسب الوضع القائم عام 2021، بلغ إجمالي الزيادات في إنتاج الطاقة المتجددة 3 جيجاواط على امتداد منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، مع استمرار العمل لرفدها بسعة إضافية تقارب 5.6 جيجاواط خلال عام 2022. وبحلول عام 2026، يتوقع لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أن تضيف إلى قدرتها (من حيث السعة الإنتاجية المركّبة) نحو 33 جيجاواط من طاقة المصادر المتجددة، من ضمنها حوالي 26 جيجاواط من المرافق ومزارع الألواح الكهروضوئية لحصد الطاقة الشمسية الموزّعة.

قيمة مشاريع الطاقة المتجددة حسب الدولة والوضع القائم (بمليارات الدولارات)
وحصة الطاقة المتجددة من إجمالي مشاريع الطاقة (إلى اليمين)



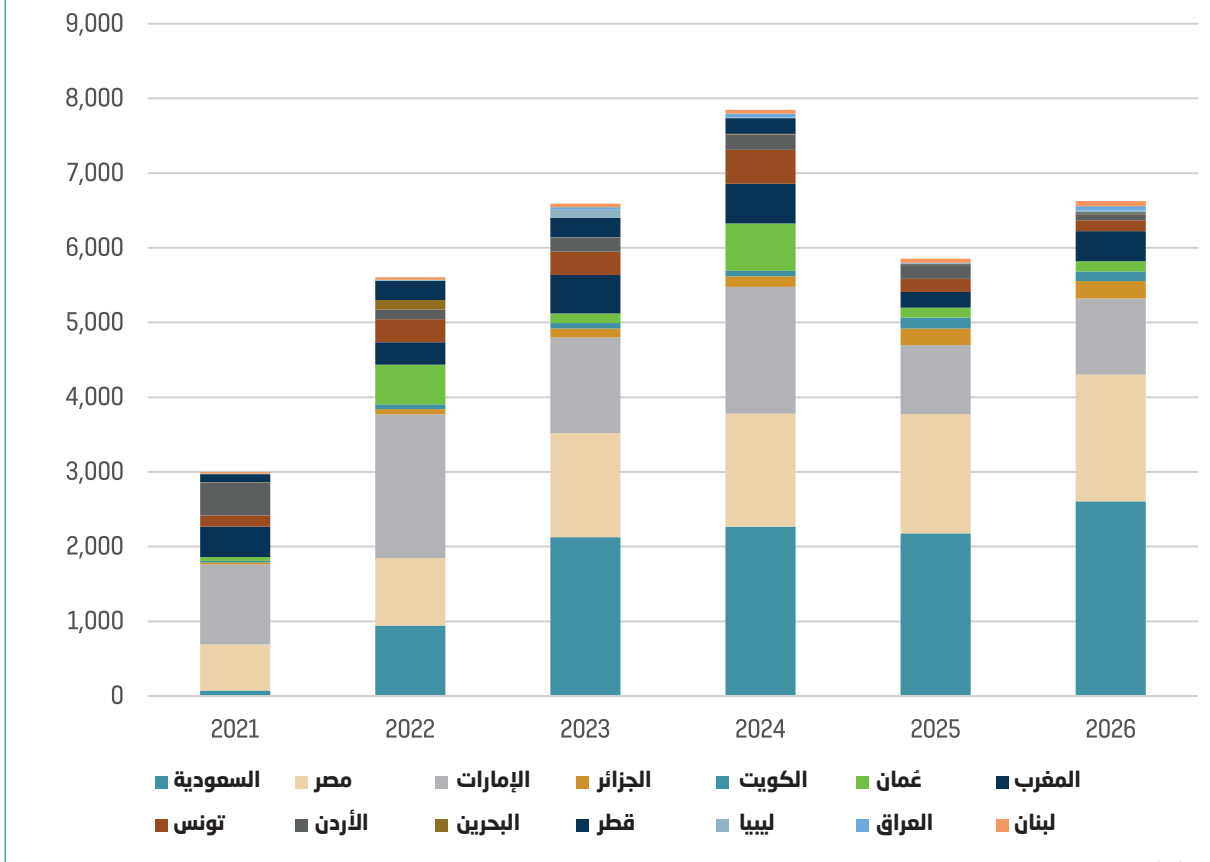
المصدر: ايبكورب، MEED Projects

إضافات الطاقة المتجددة المرتقبة للفترة 2022-2026 في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، موزعة حسب التقنية المستخدَمة



المصدر: ابيكورب

إضافات الطاقة المتجددة في عدد من دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (بالميغاواط)



المصدر: ابيكورب

الهيدروجين يكتسب مزيداً من الزخم بين مصادر الطاقة التقليدية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

بالنسبة إلى أنواع الوقود الداخلة في مزيج الطاقة الذي تعتمده منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا لإنتاج الكهرباء، من المتوقع أن يستمر الغاز الطبيعي في الحفاظ على مكانته كالوقود المهيمن على قطاع التغذية الكهربائية، بحيث تنمو حصته من حوالي 70% إلى قرابة 75% على امتداد منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بحلول عام 2024. وثمة مؤشرات أخرى تدلّل على سير المنطقة قُدُماً في طريق الاستدامة، ومنها عمل دول المنطقة على خفض نسبة الكهرباء المولّدة من الوقود الزيتي السائل. فمن المقرر تقليص هذه النسبة من 24% من إجمالي سعة التوليد الكهربائي إلى قرابة 20% بحلول عام 2024.

يُعدّ الهيدروجين من أبرز الإضافات لقطاع أنشطة المصبّ (downstream) في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث تستهدف المنطقة الاستحواذ على حصة سوقية كبيرة في المستقبل من هذه السلعة الناشئة، مستفيدةً في ذلك من المزايا الاستراتيجية التي تتمتع بها. في وقت إعداد هذا التقرير، سجلت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مشاريعَ للهيدروجين تزيد قيمتها على 26 مليار دولار، وإن كان معظم هذه المشاريع ما يزال في مرحلة التخطيط.

في مساعي تحوّل الطاقة بشكل تدريجي نحو مستقبل منخفض الكربون، سوف يلعب الهيدروجين دوراً مركزياً، فهو يتسم بتعدد استخداماته كما يعتبر من أنواع الوقود النظيفة. فمن حيث تعدّد أوجه الاستخدام، يمكن للهيدروجين أن يستخدم كوقود بقدر ما يمكن استخدامه كوسيلة للتخزين، إذ أنّ من مزاياه ارتفاع منسوب الطاقة لكل وحدة وزن. ويمكن للهيدروجين أيضاً أن يدعم أمن الطاقة في بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، إذ يتيح للدولة التي تستخدمه تنويع مزيج الطاقة المعتمد لديها، وتعزيز قدرة الصمود في منظومة الطاقة العائدة لها.

عبر الاستفادة من قوة إمكاناتها الكامنة في مجال الهيدروجين، تعتبر منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مرشحة كمصدر محتمل لحوالي 10% إلى 20% من سوق الهيدروجين العالمي بحلول عام 2050. ومن المتوقع لأسواق الهيدروجين في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أن تمرّ بثلاث مراحل قبل أن يكتسب الهيدروجين مكانة ثابتة في أسواق السلع الأساسية، إذ توجد عدة جوانب لا بدّ من التطرّق إليها لضمان توفير بيئة استثمارية جاذبة في قطاع الهيدروجين. لتبيان هذه الجوانب، قمنا بإعداد بحث أصلي يتضمن رؤيتنا حول الهيدروجين في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وقد تم إدراجه ضمن تقريرنا MENA Energy Investment Outlook 2022-2026 تحت البند الثاني من الفصل الرابع.

مساعي تحوّل الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تتجسّد في أسواق الأسهم والأسواق المالية.

مع تزايد التوجّهات العالمية نحو إلغاء الانبعاثات الكربونية لمكافحة التغيّر المناخي، باتت شركات النفط والغاز تواجه ظروفاً تمويلية أكثر صرامة وأطراً تنظيمية دائمة التغيّر، بينما هي تكافح في الوقت ذاته لمواصلة المساهمة في التنمية الاجتماعية والاقتصادية عبر توفير الطاقة بتكلفة ميسورة تعزّز النشاط الاقتصادي.

شهدت أسواق الأسهم في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في عام 2021 عودة لمعدلات تدفقّ قوية في الاستثمارات إلى قطاع الطاقة، سواء طاقة المصادر التقليدية أو المصادر المتجددة، وذلك بفضل اتباع المنطقة لنهج ثنائي الأوجه في عملية التحوّل إلى الطاقة النظيفة. ونتوقع أن تحتفظ مساعي الخصخصة بزخمها القويّ على المستوى الإقليمي طوال عام 2022، بحيث يزيد عدد المشاريع المنفذة على شكل شراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)، ويرتفع أيضاً عدد الاكتتابات العامة الأولية التي تتمحور حول أصول هيدروكربونية عالمية المستوى. وفي الوقت ذاته، ستواصل المنطقة البحث عن القواسم المشتركة وأوجه توحيد الجهود بين القطاعين العام والخاص.

سجّلت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا نموّاً قوياً في إصدارات السندات الخضراء المرتبطة بالاستدامة عام 2021، إذا تضاعفت بأكثر من ثلاث مرّات بالمقارنة مع مستويات الفترة 2016-2020 لتصل إلى 18.64 مليار دولار. ويمثل هذا الرقم زيادة هائلة قدرها 123% عن الرقم القياسي السابق الذي تحقق عام 2020، حين بلغ حجم السندات الخضراء المصدَرة 4.5 مليار دولار. تشمل هذه الأرقام ما أصدرته ابيكورب ذاتها (في سبتمبر 2021) من سندات خضراء متوافقة مع معايير "الجمعية الدولية لأسواق رأس المال" (ICMA)، حيث قامت ابيكورب بطرح سندات بقيمة 750 مليون دولار أمريكي عقب انتهائها من صياغة ميثاق "البيئة والمجتمع والحوكمة" (ESG) الذي تلتزم به ابيكورب في أعمالها. وقد نالت الصكوك أيضاً نصيباً من هذا النمو، حيث تواصلت إصدارات الصكوك الخضراء والمستدامة لتسجل عام 2021 زيادة قدرها 17.2% على أساس سنوي (وفقاً لوكالة "فيتش"). وكانت صكوك الاستدامة التي طرحها البنك الإسلامي للتنمية (IsDB) هي الإصدار الأبرز على مستوى منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في 2021. فالصكوك التي أصدرها البنك في شهر مارس بلغت قيمتها 2.5 مليار دولار أمريكي، وهو ما يجعلها أيضاً أكبر إصدار عام بالدولار الأمريكي في تاريخ البنك.

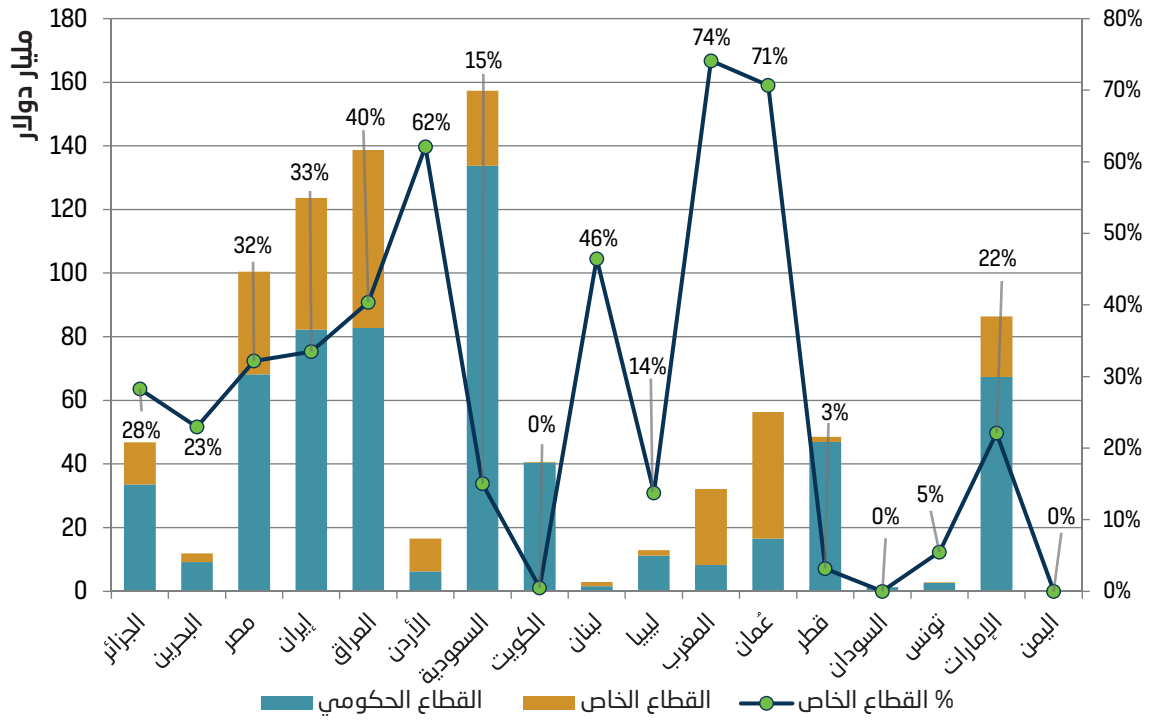
كما شهدت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا عام 2021 استحداث أول منظومة لتداول الكربون بشكل طوعي، وقد تم إدراجها في السوق المالية السعودية (تداول)، مما يمهد الطريق لنشوء سوق رسمية لتعاملات الكربون، يمكن فيها تداول الحصص والفوائض. ومع التعهدات الأخيرة بتحقيق صافي انبعاثات صفري من قبل الإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية والبحرين، يتوقع لأسواق الكربون أن تزدهر في المنطقة.

وفي مطلع 2022، استهلّت ابيكورب والبنك الإسلامي للتنمية السنة الجديدة بإطلاق "مبادرة البنية التحتية" (Infra Initiative)، وهي مبادرة لتخصيص مليار دولار أمريكي لتمويل مشاريع البنية التحتية، مع التركيز على التي ينفذها القطاع الخاص، عبر تحديد وتقديم وهيكلة التسهيلات التمويلية لمشاريع المرافق التي تعاني اعتيادياً من محدودية الوصول إلى مصادر التمويل الدولية. في إطار هذه المبادرة، سيتم تخصيص الأموال لمشاريع توليد ونقل الكهرباء التي تعتمد الطاقة المتجددة أو الغاز الطبيعي، إلى جانب مشاريع مرافق المياه وإدارة النفايات. وفقاً لمعايير المبادرة، فإن مدى مشاركة القطاع الخاص على المستويات المحلية والإقليمية والدولية سوف يكون من الأولويات التي يتم الركون إليها في اختيار المشاريع المؤهلة لتلقي التمويل.

استثمارات القطاع الخاص في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مستمرّة في النمو.

خلال الفترة 2022-2026 في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، يتوقع ارتفاع حصة الاستثمارات الخاصة في المشاريع الملتزم بها والمشاريع تحت التخطيط إلى 30%، بعد أن كانت سابقاً عند مستوى 27% (للفترة 2021-2025). وفي دول مجلس التعاون الخليجي ودول شمال أفريقيا تحديداً، ارتفعت هذه النسبة بشكل طفيف عن توقعات العام الماضي. فقد بلغت الزيادة 22% في دول مجلس التعاون الخليجي، فيما وصلت إلى 36% في دول الشمال الأفريقي. بالمقابل، فقد انخفضت النسبة في بلدان المشرق العربي –العراق ولبنان والأردن– إلى 43% مقارنة بمستوى 52% الذي ورد في التوقعات الصادرة العام الماضي.

مقارنة بين القطاع الحكومي والقطاع الخاص من حيث استثمارات الطاقة
(النسبة المئوية للقطاع الخاص إلى اليمين)



المصدر: ابيكورب، MEED Projects

منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تقود العمل المناخي في قمة COP27 وقمة COP28.

تمخضت قمة COP26، التي عقدت في جلاسكو في نوفمبر 2021، عن إجماع عالمي على أن مستقبلنا يعتمد على خفض معدلات الانبعاثات الكربونية. ولكن رغم أن القمة حددت "الغايات" المنشودة تحديداً واضحاً، إلا أن "السبل" إلى تحقيق تلك الغايات بقيت محلّ نقاش ما بين أخذ وردّ. فقد تُرِك لكل دولة أن ترسم طريقها الخاص نحو تلك الغايات، بحيث تحدد كل دولة طريقها استناداً إلى خصوصيات تنفرد بها، مثل رؤيتها لأمن الطاقة، ومستوى التنمية الاجتماعية الاقتصادية، والقدرات المالية، ومزيج الطاقة المعتمد لديها حالياً.

كنتيجة مباشرة لقرارات قمة COP26، فإننا نتوقع أن ينتقل التركيز العالمي إلى ضمان قدرة جميع الدول على إنفاذ عملية تحوّل الطاقة بشكل قابل للاستدامة، وذلك عبر مبادرات (مثل «SE4ALL») تأخذ في اعتبارها وثيقة «أهداف الطاقة المستدامة» التي وضعتها الأمم المتحدة. وتبعاً لذلك، سوف ينصبّ التركيز على كيفية توفير التمويل اللازم لعملية تحوّل الطاقة (وهو بالمناسبة المهمة الرئيسية التي أوكلت إلى «تحالف غلاسكو المالي من أجل صافي انبعاثات صفري»، أو GFANZاختصاراً). إلى جانب ذلك، فإننا نتوقع نمواً في ما يسمى ببرامج تجارة الانبعاثات (ETS)، ونموّاً مماثلاً في تداولات الكربون الطوعية، بحيث تصل إلى أحجام تداول كبيرة اعتباراً من 2022 وما بعدها، وذلك نتيجة لتفعيل المادة 6 من اتفاق باريس.

فيما يسعى العالم للتحوّل إلى الطاقة النظيفة، تُسلّط الأضواء بشكل خاص على منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، خاصة عندما تتجه أنظار العالم إلى مصر عند استضافتها لقمة COP27 في نوفمبر 2022، ثم إلى دولة الإمارات العربية المتحدة حين تستضيف القمة في دورتها التالية عام 2023. وبينما يستمر تحوّل الطاقة في اكتساب الزخم بشكل مطرد، تواجه الحكومات تحدّياً يتمثل في الموازنة بين ضرورات يصعب في كثير من الأحيان التوفيق بينها، مثل: أمن الطاقة، وتوفير الطاقة بتكلفة ميسورة، والحد من الانبعاثات، وتعظيم المردودات في ظل تنافسية الأسواق بشكل يتيح تمويل مستهدفات التنمية الاجتماعية والاقتصادية.

أما بالنسبة لقمة COP27 المقبلة، فقد بدأ العمل بالفعل على عدد من القرارات الهامة التي كان من المفترض اتخاذها في COP26 ولكنها تعرضت للتأجيل آنذاك. وكانت قمة COP26 قد أثمرت عن تقدم كبير في خفض انبعاثات الغازات المؤدية للاحتباس الحراري، بيد أن أهداف الكربون الوطنية التي وضعتها كل دولة لنفسها جاءت أقل بكثير من المطلوب، وهو خفض الانبعاثات بمعدل النصف تقريباً بغية إبقاء التغير المناخي في حدود 1.5 درجة مئوية، أي كما كان سائداً في عصور ما قبل الثورة الصناعية. وقد اعترفت الدول آنذاك بقصور أهدافها، ووافقت على إخضاعها للمراجعة قبل عودة القمة للانعقاد في نوفمبر القادم.

ستؤكد قمة COP27 على ضرورة أن تتم عملية تحول الطاقة بشكل قابل للاستدامة، خاصة من منظور الدول النامية –ومنها دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا– التي لطالما طالبت بالمزيد من "الشموليّة" في تحوّل الطاقة.

إننا نتوقع أن تركّز قمة COP27 على مجالات مثل التمويل المناخي، ووسائل التكيّف، والخسائر والأضرار، وذلك لمواكبة التقدم الذي يأمل العالم في تحقيقه نحو الحدّ من أضرار الكربون والوصول إلى بصمة كربونية محايدة. من هنا، وفيما يتنامى زخم التحضيرات لانعقاد القمة المقبلة في نوفمبر، ستكون الحكومات خلال هذه الفترة تحت ضغوطات تدفعها لتنفيذ التعهدات التي قدمتها خلال قمة COP26 السابقة.

Abstract

The role of international cooperation in achieving balance and stability in the global oil markets

Abdul Fattah Dandi *, Majed Amer

Cooperation between oil-producing countries is one of the most important tools for achieving stability and balance in the global oil markets and increasing the attractiveness of investment in the oil industry which through it the future prospects for these markets can be determined. During the past few years, this cooperation has gained more importance than ever before, and it has become necessary to continue to meet the challenges facing the global oil markets. Perhaps the most prominent example of this is the unprecedented international cooperation witnessed by the markets in light of the emerging Corona Virus (Covid-19) pandemic.

The study deals with three main parts, the first of which is devoted to reviewing the stages of organizing the global oil market and the implications for oil prices in each of those stages. As for the second part, it deals with cooperation between OPEC countries with some oil-producing countries from outside it (OPEC +) and its implications for balance and stability in the global oil market. In the third and final part of the study, light was shed on the importance of the OPEC-10 countries that are members of the OPEC + group and their role in the global oil industry after the OPEC + agreement regarding production cuts, and the study concluded with a summary and some conclusions.

One of the most important conclusions of the study is that the decisions issued by the cooperation agreement between OPEC countries and some non-OPEC producing countries (OPEC +) provided vivid evidence that it is not possible to imagine the balance and stability of the volatile global oil market without cooperation and unification of efforts to achieve security of supplies on fair terms.

* Mr. Abdul-Fattah Dandi, Director of the Economic Department and Supervisor of the Media and library, OAPEC, Kuwait.

addresses there are several initiatives emerging in the refining and petrochemical industry related to digital transformation in the Arab countries, most of these initiatives are centered in OAPEC member countries which have export oriented refining and petrochemical complexes. The objectives of these initiatives are enhancing the operational excellence to continue their role as strategic suppliers to the international markets, through improving plant availability, and minimizing unscheduled shutdown of the units, optimizing maintenance of critical equipment, and reducing the carbon footprint.

The study includes several case studies of applying digital technologies in refining and petrochemical industry in some world regions, and Arab countries. These case studies provide lessons learned from the experiences of others in applying digital transformation in its operational aspects.

The study concluded that the digital transformation could bring a significant benefit to the refining and petrochemical companies. One of the most important factors that enable refining companies to improve its performance is embedding digital capabilities in all aspects of their operations. Furthermore, digital technologies could help refiners to reduce costs, improve revenues and margins and make their work environments more efficient, reliable, and safe.

Also, the study recommends that the OAPEC's member countries must issue the necessary regulations for sharing historical data between different refining and petrochemical companies to be used for predictive analysis which can forecast equipment and asset health and helps the operator to predict the failure of an equipment before it happens.

Abstract

The role of digital transformation in improving the performance of the refining and petrochemical industry

Eng. Imad Makki *

Refining and petrochemical industries are faced with various challenges, such as changing, market scenarios, global competition, increased regulatory pressure, decreased oil products demand, and increase in operating and maintenance cost.

To cope with these challenges, refining and petrochemical industry is trying to improve its performance through looking for available methods to minimise costs and ensure high competitiveness.

The purpose of this study is to shed light on the role of digital transformation in achieving the operational excellence in refining and petrochemical industry.

The study includes three chapters. The first chapter reviews the most important digital technologies applied in the refining and petrochemical industry, such as the industrial Internet of Things, Digital Twin, Augmented Reality, Cloud Computing, Machine Learning, Artificial Intelligence and Robotics.

The second chapter explains the role of applying the digital technologies in improving the performance business operations of refining and petrochemical industry. These include predictive analytics to forecast equipment and asset health and optimize maintenance of critical equipment and AI-based technology to increase the efficiency of operations and facilitate lower carbon footprint.

The third chapter addresses the success factors behind developing a digital transformation strategy and build bridges in several areas, which are related with information, data, processes, technologies, human aspects and much more. The third chapter also reviews the states of applying digital transformation. The chapter also

* Senior Refining Expert, - Technical Affairs Department, OAPEC - Kuwait

Contents

Articles

The role of digital transformation in improving the performance of the refining and petrochemical industry 7

Eng. Imad Makki Abstract 7

The role of international cooperation in achieving balance and stability in the global oil markets 121

Abdul Fattah Dandi, Majed Amer Abstract 9

Reports

Global Hydrogen Review 2021 107

Majed Amer

Outlook for Energy Investments in the Middle East and North Africa Region For the years 2022-2026 187

Suhail Shatila, Ramy El Ashmawy

Oil and Arab Cooperation is an Arab journal aiming at spreading petroleum and energy knowledge while following up the latest scientific developments in the petroleum industry

Articles published in this journal reflect the opinions of their authors and not necessarily those of OAPEC.

- Articles should not exceed 40 pages (including text, tables, and figures) excluding the list of references. The full text of the article should be sent electronically as a Word document.
- Figures, maps, and pictures should be sent in a separate additional file in JPEG format.
- "Times New Roman" should be used with font size 12. Line spacing should be 1.5. Text alignment should be "justified".
- Information sources and references should be referred to/enlisted in a clear academic method.
- When citing information from any source (digital, specific vision, or analysis), plagiarism should be avoided. Such information should be rephrased by the researcher's own words while referring to the original source. For quotations, quotation marks ("…") should be used.
- It is preferred to write the foreign names of cities, research centres, companies, and universities in English not Arabic.
- The researcher's CV should be attached to the article if it was the first time he/she cooperates with the journal.
- Views published in the journal reflect those of the authors and do not necessarily represent the views of OAPEC. The arrangement of the published articles is conditioned by technical aspects.
- Authors of rejected articles will be informed of the decision without giving reasons.
- The author of any published article will be provided with 5 complementary copies of the issue containing his/her article.

Articles and reviews should be sent to:
The Editor-in-Chiref, Oil and Arab Cooperation Journal, OAPEC

P.O.Box 20501 Safat -13066 Kuwait
Tel.: (+965) 24959000 - (+965) 24959779
Fax : (+965) 24959755
E-mail : oapec@oapecorg.org - www.oapecorg.org

PUBLICATION RULES

DEFINITION AND PURPOSE

OIL AND ARAB COOPERATION is a refereed quarterly journal specialized in oil, gas, and energy. It attracts a group of elite Arab and non- Arab experts to publish their research articles and enhance scientific cooperation in the fields relevant to the issues covered by the journal. The journal promotes creativity, transfers petroleum and energy knowledge, and follows up on petroleum industry developments.

RESEARCH ARTICLES

The journal welcomes all research articles on oil, gas, and energy aiming at enriching the Arab economic literature with new additions.

BOOK AND RESEARCH REVIEWS

The journal publishes articles presenting analytical reviews on books or studies published on oil, gas, and energy in general. These reviews work as references for researchers on the latest and most important petroleum-industry-related publications.

REPORTS

They tackle a conference or seminar attended by the author on the condition that they are relevant to oil, gas, and energy. Also, the author should obtain the permission of the institution that delegated or sponsored him/her to attend that event allowing him/her to publish their article in our journal. The report should not exceed 10 pages including figures, charts, maps, and tables if available.

RESEARCH CONDITIONS

- Publication of authentic research articles in Arabic which observe internationally recognized scientific research methodology.

Volume 48 - 2022 - Issue 180

OIL AND ARAB COOPERATION

Editor - in - Chief

Ali Sabt Ben Sabt
Secretary General, Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (OAPEC)

Managing Editor

Abdulfattah Dandi
Director of Economics Dept. and Supervisor of Media and Library Dept.
OAPEC

Editorial Board

Eng. Imad Nassif Makki
Director of Technical Affairs Dept.
OAPEC

Dr. Dawwod Bahzad
Director Science and Technology Dept.
Kuwait Institute for Scientific Research

Dr. Belkacem L aabas
Chief Economist
Arab Planning Institute

Volume 48 - 2022 - Issue 180

Prices

Annual Subscription (4 issues including postage)

Arab Countries:
Individuals: KD 8 or US $25
Institutions: KD 12 or US$45

Other Countries:
Individuals: US$ 30
Institutions: US$ 50

All Correspondences should be directed to:
Editor-in-Chief of Oil and Arab Cooperation Journal

OIL AND ARAB COOPERATION

Refereed Journal Published Quarterly by the Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (OAPEC)

ORGANIZATION OF ARAB PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES
OAPEC

OIL & ARAB COOPERATION

Volume 48 - 2022 - Issue 180

Articles

- The role of digital transformation in improving the performance of the refining and petrochemical industry
  Eng. Imad Makki
- The role of international cooperation in achieving balance and stability in the global oil markets
  Abdul Fattah Dandi, Majed Amer

Reports

- Global Hydrogen Review 2021
  Majed Amer
- Outlook for Energy Investments in the Middle East and North Africa Region For the years 2022-2026
  Suhail Shatila، Ramy El Ashmawy

Refereed Journal Published Quarterly by the Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (OAPEC)