



وقائع المؤتمر العلمي الدولي لكلية الإدارة والاقتصاد
(الثورة الرقمية كأداة للتنمية المستدامة وأداة للتخطيط الاقتصادي والإداري
في العراق)
المحور الاقتصادي 17 تشرين الثاني (نوفمبر) 2022



الثورة الصناعية الخامسة ودورها في التحول

نحو الطاقة النظيفة

رئيس ابحاث اقدم. هناء صلاح احمد الجنابي - وزارة

التخطيط

hanaa_hf2@yahoo.com

المهندسة. أريج سعد عبد العالي الاسدي

مديرية بلدية الناصرية

ا.د. حيدر نعمة بخيت - جامعة الكوفة

heider.nima@uokufa.edu.iq

أ.زهير محمود كاظم الشمري - وزارة الداخلية

Zuheriq83@gmail.com

المستخلص

ان الثورة الصناعية الخامسة لازالت مجرد عملية التتبؤ بالمستقبل، وما هي إلا عصر ما بعد الذكاء الاصطناعي. فالعالم يحتاج إلى ثورة صناعية خامسة بعد الآثار السلبية للثورة الصناعية الرابعة لينمو العالم مثل عصر النهضة الجديد. ويجب ان لاتكون مجرد ثورة علمية جافة بل ثورة توازن بين الجانبين العلمي والإنساني. وعليه يمكن تلخيص الثورة الصناعية الخامسة (IR5) على أنها مزيج من البشر والآلات في مكان العمل.

يعد هدف تعزيز مساهمة الطاقة النظيفة في ميزان الطاقة من الأهداف المهمة في جميع بلدان العالم، والتي يؤكدتها التوسع المطرد لقطاع الطاقة المتجددة في الكثير من بلدان العالم ولاسيما المتقدمة منها. فقطاع صناعة الطاقة النظيفة يدر مئات المليارات من الدولارات سنوياً، ومن المتوقع أن تستمر في النمو بسرعة في ظل الثورة الصناعية الخامسة، والتي ستهيئ فرص اقتصادية كبيرة للدول التي تبتكر وتصنع وتصدر تقنيات الطاقة النظيفة.

انطلق البحث من فرضية مفادها ان الثورة الصناعية الخامسة سيكون لها دور كبير في تعزيز مساهمة الطاقة النظيفة في الاقتصاد العالمي.

قسم البحث الى ثلاث محاور فضلاً عن مقدمة تناولت أهمية البحث ومنهجيته، تناول المحور الأول الاطار المفاهيمي للثورة الصناعية الخامسة و الطاقة النظيفة، بينما المحور الثاني سلط الضوء على الطاقة النظيفة في ميزان الطاقة العالمي، في حين خصص المحور الأخير الى مستقبل الطاقة النظيفة في ظل التطور التكنولوجي، واختتمت الدراسة بعدد من النتائج والتوصيات المتعلقة بموضوعة البحث.



The Fifth Industrial Revolution and its role in transformation Towards clean energy

Abstract

The Fifth Industrial Revolution is still just a process of predicting the future, and it is only a post-artificial intelligence era. The world needs a Fifth Industrial Revolution after the negative effects of the Fourth Industrial Revolution for the world to grow like the new Renaissance. And it must not be just a dry scientific revolution, but rather a revolution that balances the scientific and human sides. Therefore, the fifth industrial revolution (5IR) can be summarized as the combination of humans and machines in the workplace.

The goal of enhancing the contribution of clean energy to the energy balance is one of the important goals in all countries of the world, which is confirmed by the steady expansion of the renewable energy sector in many countries of the world, especially the developed ones. The clean energy industry generates hundreds of billions of dollars annually, and is expected to continue to grow rapidly in light of the Fifth Industrial Revolution, which will create great economic opportunities for countries that innovate, manufacture and export clean energy technologies.

The research started from the hypothesis that the Fifth Industrial Revolution will have a major role in enhancing the contribution of clean energy to the global economy.

The research was divided into three chapters as well as an introduction that dealt with the importance of the research and its methodology. The first chapter dealt with the conceptual framework of the Fifth Industrial Revolution and clean energy, while the second chapter highlighted clean energy in the global energy balance, while the last chapter was devoted to the future of clean energy in light of technological development. The study concluded with a number of results and recommendations related to the research topic.



المقدمة

تتكون الثورة الصناعية من عنصرين (خلق تكنولوجيا جديدة وتغيير في الإنتاج أحدثته التكنولوجيا)، مكنت الثورة الصناعية الأولى صناعة النسيج، و الثورة الصناعية الثانية أعطتنا خط التجميع و الإنتاج الصناعي الكبير الحجم والاستهلاك الواسع. و الثورة الثالثة ساهمت بخزن المعلومات في شكل رقمي وتحويلها ومعالجتها ونقلها بطريقة فعالة ومنخفضة التكلفة، بينما تميزت الثورة الصناعية الرابعة بالروبوتات والذكاء الاصطناعي والواقع المعزز والواقع الافتراضي، اما الثورة الخامسة تهدف الى تحقيق التوازن بين مشاركة الآلة والبشر، اذ تتمتع الثورة الصناعية الخامسة بالقدرة على بدء عهد اجتماعي اقتصادي جديد يسد الفجوات بين "القمة" و "القاع"، مما يخلق فرصاً لا حصر لها للبشرية، وكوكب أفضل. على عكس الاتجاهات السائدة في الثورة الصناعية الرابعة نحو نزع الصفة الإنسانية والتكنولوجيا والابتكار.

في ظل انتقال العالم مستقبلاً نحو الثورة الصناعية الخامسة فإن الأنظار تتجه نحو الطاقة النظيفة كونها الحل الانجح للحد من ظاهرة الاحتباس الحراري وازدياد انبعاثات الغازات الدفيئة Greenhouse gases، من خلال الاستفادة من التطور التكنولوجي الكبير في مجال تقانات الطاقة النظيفة والتخفيض المستمر في تكاليفها، والاستفادة من الأرباح الكبيرة التي تدرها صناعة هذه التقانات والقطاعات الساندة لها.

أهمية البحث: تكمن أهمية البحث بتسليط الضوء على دور الثورة الصناعية الخامسة في التحول نحو الطاقة النظيفة في الأمد المتوسط، وتطوير بعض أنواع الوقود التقليدي ليكون اقل تلوثاً للبيئة.

مشكلة البحث: تتمثل مشكلة البحث بأن التحول باتجاه الطاقة النظيفة والمغادرة التدريجية للطاقة غير النظيفة لآثارها البيئية الناجمة عن انبعاث الغازات الدفينة، الا ان هذا التحول ستكون له اثار كبيرة على البلدان الرائدة انتاج الوقود غير النظيف ولاسيما الوقود الاحفوري.

هدف البحث: يستهدف البحث التطرق الى تتطور الثورات الصناعية مع التركيز على الثورة الصناعية الخامسة ودورها في التحول العالمي نحو الطاقة النظيفة والاثار المترتبة على البيئة وعلى الدول المنتجة للطاقة.

فرضية البحث: ينطلق البحث من فرضية مفادها: ان انتقال العالم بسلاسة نحو الثورة الصناعية الخامسة ستكون له انتقالات مماثلة وتحول العالم باتجاه الطاقة النظيفة ولا سيما البلدان المتقدمة والغنية.



المحور الأول

الثورة الصناعية الخامسة والطاقة النظيفة

أولاً: الثورة الصناعية الخامسة

ان مصطلح الثورة الصناعية استخدمه المؤرخ الاقتصادي في القرن التاسع عشر أرنولد توينبي Arnold Toynbee (1889-1975) لوصف التنمية الاقتصادية في بريطانيا من عام 1760 إلى عام 1840. والثورة الصناعية لها عنصران: الأول هو إنشاء تقنية جديدة - على سبيل المثال، اختراع المحرك البخاري. والثاني هو التغيير في الإنتاج الذي أحدثته التكنولوجيا - على سبيل المثال ، أنوال looms النسيج التي تعمل بالبخار، في كل مرة يتم فيها إنشاء تقنية جديدة، فإن عملية التصنيع تزيد من مستوى الانتاج. عندما تصبح الثورات أكثر تعقيداً يتم اكتشاف العديد من التقنيات الجديدة، وهكذا تتسارع العملية. وتاريخياً سبقت الثورة الصناعية الخامسة أربعة ثورات هي:

1- الثورة الصناعية الأولى: 1716-1820: عرفت بثورة المنسوجات و الصناعات البخارية، اذ كان التركيز الأول في هذه الثورة على صناعة المنسوجات، و اتسمت بمحاولات لإحلال الماكينات بدلا من العمل اليدوي، فضلا عن الاعتماد على بعض المواد الكيميائية في التصنيع. من نتائجها تحسن الحياة وتحقيق مستويات من التنمية. وتعد إنكلترا الدولة الأولى التي بدأت فيها المنتجات الصناعية بالتطور في أواخر القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر (1760-1840) فقد حدثت تغيرات اجتماعية واقتصادية هائلة في إنكلترا مهدت لظهور الثورة الصناعية¹.

2 -الثورة الصناعية الثانية: يرى البعض انها امتداد للثورة الأولى، و يعود تاريخها عادةً إلى ما بين 1870 و 1914 ، على الرغم من أن عدداً من أحداثها المميزة يمكن أن يرجع تاريخها إلى خمسينيات القرن التاسع عشر²، واخرين يسموها الثورة الامريكية كون معظم الاكتشافات كانت

¹ Mohajan, Haradhan, The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era, Munich Personal RePEc Archive, Paper No. 96644, Oct 2019, P.2.

² Joel Mokyr and Robert H. Strotz, The Second Industrial Revolution, 1870-1914, Evanston, August 1998, P.2.



في أمريكا كالكهرباء والمحركات، كما عرفت بالثورة التكنولوجية، وقد اعتمدت على السكك الحديدية والحديد و الصلب، وهذه الصناعات بدأت في عام 1840 في ألمانيا وبريطانيا والولايات المتحدة واليابان، ثم انتشرت في روسيا وغيرها من الدول، لذا يرى البعض تعد هذه الثورة مكتملة للثورة الأولى، وقد نجم عنها تطور صناعات الحديد و الصلب وبناء الكثير من خطوط سكك الحديد.

3 - الثورة الصناعية الثالثة: عرفت بالثورة التكنولوجية اعتمدت على الكهرباء والبتترول، وتعد أكبر الثورات الصناعية التي عرفها العالم. وتطور خلالها العديد من الآلات و الصناعات الحديثة في مختلف المجالات، وتطورت أيضا الصناعات العسكرية و صناعة المعدات الطبية وغيرها³.

4- الثورة الصناعية الرابعة: بدأت خلال الثمانينيات من القرن الماضي، تميزت بانتشارها السريع وتطورها المستمر وعلى كافة الأصعدة مهدت لظهور العولمة التي قربت المسافات والثقافات بين المجتمعات البشرية. وشهدت ظهور الطباعة ثلاثية الأبعاد عام 1984 و تطور تكنولوجيا المعلومات و الحواسيب الذكية و الروبوتات ، و كذلك شهدت طفرة في صناعة السيارات الذاتية و الطائرات بدون طيار، هذا فضلا عن تقنيات النانو تكنولوجي و الحوسبة السحابية و غيرها. عموما قد تميزت بالأتمتة وتقليل الأيدي العاملة والتوظيف الأمثل للذكاء الاصطناعي، وقد اقتصر الدور البشري على المراقبة والتدقيق في العديد من المجالات. لذا فقد أسهمت الثورة الصناعية الرابعة بصورة مباشرة أو غير مباشرة في زيادة معدلات البطالة لينعكس على انخفاض مساهمة عنصر العمل بالناتج المحلي⁴.

أما الثورة الصناعية الخامسة فهي عصر ما بعد الذكاء الاصطناعي أو كما تسمى أيضا بالثورة الاقتصادية الخامسة، وهي تصور أو استشراف مستقبلي لما يكون عليه العالم بعد الثورة الصناعية الرابعة. و كثيرا ما نسمع ونقرأ عن الثورة الصناعية الخامسة، للوهلة الأولى يبدو الأمر وكأنه نسخة جديدة ومحسنة من الثورة الصناعية الرابعة، هذا الأمر تشير اليه وسائل الإعلام وبعض الكتاب بشكل متكرر، بحيث نفترض جميعاً أننا نعرف ما هو عليه ولا نحدد ماهيته

³ Jeremy Rifki, The Third Industrial Revolution How Lateral Power is Transforming Energy, The Economy And The World, First edition, United States of America, October 2011,

⁴ Klaus Schwab, The Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum, Switzerland, 2016, P.7-8.



وكيف يؤثر علينا. والجدول التالي يوضح الجدول أدناه تسلسل الثورات الصناعية الخمس، سنرى كيف تمهد كل ثورة المشهد للثورة التالية، و الفترة الزمنية لكل ثورة.

جدول (1)

تسلسل ركائز الثورات الصناعية الخمس

الثورة الاولى	الثورة الثانية	الثورة الثالثة	الثورة الرابعة	الثورة الخامسة
الآلة	كهربائية	الاتمته والعولمة	رقمية	إضفاء الطابع الشخصي
بدأت خلال القرن الثامن 1716-1820 عشر لاسيما في بريطانيا واوريا وامريكا	بدأت من أواخر القرن الثامن عشر حتى الحرب العالمية الأولى 1914-1870	حدثت الثورة الرقمية تقريبا بعد الحرب العالمية الاولى	بداية القرن الواحد والعشرين، ويرى البعض بالثمانينيات من القرن العشرين	مستقبلية
المحركات البخارية حلت بدلا من الحصان والقوى البشرية	انتاج الحديد والكهرباء ومحركات الاحتراق الذاتي	أجهزة الكمبيوتر الرقمية والانترنت	الروبوتية، الانترنت الأشياء، الشمولية	غرضها الابتكار والشمولية
انتاج ميكانيكي مدعوم بقوة الماء والبخار	تقسيم العمل والانتاج الكبير مدفوع بالكهرباء	اتمته الإنتاج من خلال الأنظمة الالكترونية وتكنولوجيا المعلومات	الروبوتات والذكاء الاصطناعي والواقع المعزز والواقع الافتراضي	تعاون عميق ومتعدد المستويات بين الانسان والآلة. الوعي (الإدراك)

منقول متصرف من:

<https://insights.regenesys.net/the-fifth-industrial-revolution-5ir>

عموما يرى البعض ان الثورة الصناعية الخامسة لازالت مجرد عملية التنبؤ بالمستقبل، وما هي إلا عصر ما بعد الذكاء الاصطناعي، اذ ان العالم يحتاج إلى ثورة صناعية خامسة بعد الآثار السلبية للثورة الصناعية الرابعة لينمو العالم مثل عصر النهضة الجديد. ويجب ان لا تكون مجرد ثورة علمية جافة بل ثورة توازن بين الجانبين العلمي والإنساني، وعليه يمكن تلخيص الثورة



الصناعية الخامسة (IR5) على أنها مزيج من البشر والآلات في مكان العمل. لكن هذا الرأي مبالغ في التبسيط إلى حد كبير ولا يبدأ حتى في تفسير حجم التغيير وتعقيده، فهي ستكون من نصيب الذكاء الاصطناعي بلا أدنى شك، فضلاً عن الجمع بين الروبوتات والبشر في مكان العمل، والعمل على إيجاد الألفة بينهما كون ستكون الروبوتات المستقبلية ذات عاطفة تستطيع قراءة تعابير وجه الإنسان والتعامل مع لغة الجسد. ولذلك على الرغم من أن الثورة الصناعية الخامسة ستشهد المزيد من الابتكار والتطور والإبداع، من خلال مستويات عالية من الأتمتة مدعومة من الذكاء الاصطناعي، إلا أنها ستكون عكس الثورة الصناعية الرابعة تتجه نحو خدمة الإنسانية. كما يعتقد أن الثورة الصناعية الخامسة تركز على أصحاب المصلحة بدلاً من المساهمين، مما يعزز دور الصناعة ومساهمتها في المجتمع، أن الجمع بين براعة الإنسان والحرفية مع سرعة وكفاءة واتساق الروبوتات سيعزز التمكين البشري والموهبة والتنوع.⁵

ثانياً: الطاقة النظيفة

الطاقة النظيفة clean energy هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية وتعد صديقة للبيئة، ولا ينجم عن استهلاكها ملوثات ممكن أن تكون ضارة للبيئة كغازات أول و ثاني أكسيد الكربون⁶، وأهمها في الوقت الحالي هي الطاقة المتجددة Renewable energy والمتمثلة بالطاقة الشمسية solar وطاقة الرياح wind و الطاقة الكهرومائية hydropower والطاقة الحرارية الأرضية geothermal والطاقة الحيوية bioenergy أما الطاقة النووية nuclear فعلى الرغم من حوادث الإشعاعات وصعوبة التخلص من النفايات النووية إلا أنها تعد من الطاقات النظيفة. ومستقبلاً وبفضل التطور التكنولوجي ممكن أن تتحول بعض مصادر الطاقة غير النظيفة كالطاقة غير المتجددة non-renewable energy إلى طاقة نظيفة. إلا أنه في ظل هذه التكنولوجيا فإن أهم مصادر الطاقة النظيفة هي:

⁵ Dr Vilma Mattila, and others, The Fifth Industrial Revolution: Enlightenment of Sire towards Industry 5.0, International Journal of Creative Research Thoughts, Volume 10, Issue 8 August 2022, P.175.

⁶ صفاء هاشم عبد الرحمن، معد محسن مجول، دليل ارشادي حول مصادر الطاقة المتجددة واثرها على البيئة المحيطة وتلوث البيئة، كلية بغداد للعلوم الاقتصادية الجامعة، العراق، ابريل 2022، ص2.



1- الطاقة الشمسية solar : تأتي طاقة الشمس من تفاعلات الاندماج في نواتها، وهي مشتعلة burning منذ 4.5 مليار سنة ومن المتوقع أن تستمر لمدة 6.5 مليار سنة أخرى. تبلغ الطاقة الإجمالية التي تشعها الشمس في الفضاء حوالي 3.86×10^{26} واط ، و نظراً لأن الشمس تبعد عن الأرض حوالي 1.5×10^{11} م ، ولأن نصف قطر الأرض حوالي 6.3×10^6 م ، فإنها تعترض 0.000000045% فقط من هذه الطاقة. معظم هذا الإشعاع موجود في الجزء المرئي والأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي ، مع أقل من 1% منبعث في النطاقات الراديوية والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية، وتتنخفض شدة الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض ويتغير الطيف بالامتصاص والتشتت أثناء مروره عبر الغلاف الجوي والانعكاس من السطح⁷.

ان عمل المحطات الشمسية يكون من خلال استغلال الاشعة الشمسية المباشرة، وذلك عبر تحويل الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves الى احد اشكال الطاقة الشائعة (الحرارية، الفوتوكيميائية ، الكهربائية). ويتم ذلك من خلال محطات الطاقة الشمسية والتي تنقسم الى المحطات الشمسية الحرارية، و المحطات الشمسية الكهروضوئية والمحطات الشمسية الفوتوكيميائية⁸.

2- طاقة الرياح Wind Energy : منذ أكثر من 5000 عام سخر الناس طاقة الرياح ، فقد استخدم المصريون القدماء الرياح لإبحار السفن في نهر النيل، في وقت لاحق في بلاد فارس تم بناء طواحين الهواء لطحن القمح والحبوب الأخرى، بعدها بقرون قام سكان هولندا بتحسين التصميم الأساسي للطاحونة الهوائية القديمة من خلال تصميم المراوح بشكل شفرات blades اعطت لها قدرة كبيرة على طحن الحبوب ومن ثم توليد الطاقة لاحقاً. استخدم المستعمرون الأمريكيون طواحين الهواء لطحن القمح والذرة وضخ المياه وقطع الأخشاب، و في أواخر العشرينيات من القرن الماضي، استخدم الأمريكيون طواحين الهواء الصغيرة لتوليد الكهرباء في المناطق الريفية التي يصعب نقل الكهرباء إليها. أدى نقص النفط في السبعينيات من القرن العشرين الى خلق اهتماماً بمصادر الطاقة البديلة، مما مهد الطريق لإعادة دخول طاحونة الهواء

⁷ Richard Corkish, W. Lipiński, R. J. Patterson, Introduction to Solar Energy, in Crawley GM (ed.), Solar Energy, World Scientific, Singapore June 2016, PP.1-2.

⁸ روبرت ال روشنتاين ، دانيال دي بيرلمتر ، تحدي تغير المناخ أي طريق نسلك ، مؤسسة الهنداوي سي أي سي ، الطبعة العربية، 2019، ص120.



لتوليد الكهرباء، لذا في أوائل الثمانينيات انطلقت طاقة الرياح في ولاية كاليفورنيا ثم انتشرت الى ولايات أخرى. تستخدم آلات الرياح شفرات لتجميع طاقة الرياح الحركية wind's kinetic energy ، تعمل طواحين الهواء لأنها تبطئ سرعة الرياح، عندما تتدفق الرياح فوق الشفرات ذات الشكل الجنيحي airfoil مما يتسبب في رفع lift مشابه في التأثير على أجنحة الطائرة مما يؤدي إلى دورانها، تتصل الشفرات بعمود محرك يقوم بتشغيل مولد كهربائي لتوليد الكهرباء⁹.

3- الطاقة الكهرومائية hydropower : من بين مصادر الطاقة المتجددة التي تولد الكهرباء فإن الطاقة الكهرومائية هي الأكثر استخدامًا، شكلت 6 في المائة من إجمالي توليد الكهرباء في الولايات المتحدة و 71 في المائة من التوليد من مصادر الطاقة المتجددة في عام 2007. والطاقة الكهرومائية تعد أقدم مصادر الطاقة، وقد استخدمت منذ آلاف السنين لتدوير عجلة مجدف لأغراض متعددة مثل طحن الحبوب. حدث أول استخدام صناعي في الولايات المتحدة للطاقة الكهرومائية لتوليد الكهرباء في عام 1880 ، عندما تم تشغيل 16 مصباحًا باستخدام توربين مائي، و افتتحت أول محطة للطاقة الكهرومائية في الولايات المتحدة على نهر فوكس عام 1882، ولم يتم استخدام الطاقة الكهرومائية على نطاق واسع إلا بعد تطوير تقنية نقل الكهرباء لمسافات طويلة¹⁰.

تعد الطاقة المائية مصدر تقليدي للطاقة المتجددة، يعتمد على التدفق الطبيعي للمياه المتداولة وانخفاضه من سطح الأرض الأعلى إلى الأسفل. و من أجل تحويل هذه الإمكانية إلى طاقة كهربائية قابلة للتطبيق، يجب توجيه تدفق المياه إلى توربين هيدروليكي وتحويل الطاقة المائية إلى طاقة ميكانيكية، وهذا الأخير يدفع مرة أخرى مولدًا متصلًا يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، إذ يتم الانتهاء من استغلال الطاقة المائية واستخدامها في الوقت نفسه، بمعنى آخر يحدث استغلال مصدر الطاقة الأول وتحويل مصدر الطاقة الثانوي في وقت واحد، على عكس توليد طاقة الفحم الذي يجب أن يكون له أمرين: الدرجة الأولى هي استغلال الوقود، والثانية هي التوليد. لذا فإن الطاقة الكهرومائية لها مزايا على توليد الطاقة الحرارية، وتتراوح قدرة

⁹ For more see:

- Energy Information Administration, Renewable Energy Annual 2006, April 2008.
- Energy Information Administration, Green Pricing and Net Metering, July 2008.

¹⁰ Hydropower – Energy from Moving Water, glossary, October 2008, P.1.



المحطات المائية من أقل من 1 ميغاواط MWe إلى أكثر من 10000 ميغاواط، لذا كفاءة توليد الطاقة الكهرومائية هي أكثر من ضعف كفاءة محطات الطاقة الحرارية المنافسة¹¹.

4- **الطاقة الحرارية الأرضية geothermal**: الطاقة الحرارية الأرضية هي نوع من الطاقة المتجددة التي يتم إنشاؤها داخل الأرض ويمكن استخدامها مباشرة للتدفئة أو تحويلها إلى كهرباء. ميزة الطاقة الحرارية الأرضية على بعض مصادر الطاقة المتجددة الأخرى هي أنها متوفرة على مدار العام، ويمكن العثور عليها في جميع أنحاء العالم. ومع ذلك لتوليد الكهرباء هناك حاجة إلى مصادر resources ذات درجة حرارة متوسطة إلى عالية، والتي عادة ما تكون قريبة من المناطق النشطة بركانياً. والطاقة الحرارية الأرضية لديها إمكانات كبيرة للنمو، إذ تشير التقديرات إلى أن كمية الحرارة في حدود 10000 متر من سطح الأرض تحتوي على طاقة تزيد بمقدار 50000 مرة عن جميع موارد النفط والغاز في جميع أنحاء العالم، فضلاً عن ذلك هناك حجة اقتصادية قوية لنشر الطاقة الحرارية الأرضية، فقد أصبحت تكاليف توليد الكهرباء من تقنيات الطاقة الحرارية الأرضية تنافسية بشكل متزايد، ومن المتوقع أن تستمر في الانخفاض حتى عام 2050. إن نشر الطاقة الحرارية الأرضية له فوائد إضافية، إذ أنه يساهم في تقليل تأثيرات الاحتباس العالمي ومخاطر الصحة العامة الناتجة عن استخدام مصادر الطاقة التقليدية، وتقليل اعتماد الدول على الوقود الأحفوري. كما لا تتأثر الطاقة الحرارية الأرضية بالاستنفاد العالمي للموارد أو بارتفاع أسعار الوقود الأحفوري، ومن ثم إذا أمكن تحقيق الإمكانات الكاملة لموارد الطاقة الحرارية الأرضية، فإن ذلك من شأنه أن يوفر مزايا كبيرة على المستويين الوطني والدولي¹².

5- **الطاقة الحيوية bioenergy**: يمكن للكتلة الحيوية أن تقدم مساهمة كبيرة في تلبية الطلب على الطاقة في المستقبل بطريقة مستدامة، وهي تعد أكبر مساهم عالمي للطاقة المتجددة، وهناك إمكانات كبيرة للتوسع في إنتاج الحرارة والكهرباء والوقود لغرض قطاع النقل. ومن أهم النتائج المترتبة على التوسع في الاعتماد على الطاقة الحيوية هي مساهمة أكبر في إمدادات الطاقة الأولية العالمية، وتحقيق تخفيضات كبيرة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، والحد

¹¹ Hydropower Engineering , Department of Technical Education, Uttarakhand, July 2008, PP.6-7.

¹² Takatsune Ito and Carlos Ruiz, Geothermal Power:Technology Brief, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, September 2017, P.2.



من مشاكل التخلص من النفايات والمخلفات wastes and residues والاستفادة منها بشكل أفضل. وتعد الغابات والمخلفات الزراعية والبلدية والنفايات هي المواد الأولية الرئيسية لتوليد الكهرباء والحرارة من الكتلة الحيوية، بالإضافة إلى ذلك يتم استخدام نسبة صغيرة جداً من محاصيل السكر والحبوب والزيوت النباتية كمواو وسيطة لإنتاج الوقود الحيوي السائل liquid biofuels. و توفر الكتلة الحيوية حوالي 50 EJ* على مستوى العالم، وهو ما يمثل 10 ٪ من الاستهلاك العالمي السنوي للطاقة الأولية، وغالبا ما تتمثل الكتلة الحيوية التقليدية بالمصادر الأولية المستخدمة في الطهي والتدفئة. هناك إمكانية كبيرة لتوسيع استخدام الكتلة الحيوية من خلال الاستفادة من الكميات الكبيرة من المخلفات والنفايات غير المستخدمة. يمكن أيضاً التوسع في استخدام المحاصيل التقليدية لاستخدام الطاقة، مع مراعاة توافر الأراضي والطلب على الغذاء. على المدى المتوسط يمكن إنتاج محاصيل lignocellulosic (سواء العشبية أو الخشبية) في الأراضي الزراعية الهامشية والقليلة الخصوبة والفائضة، و على المدى الطويل يمكن أن تقدم الكتلة الحيوية المائية (الطحالب) مساهمة كبيرة في مجال توفير موارد الكتلة الحيوية. و تُقدر الإمكانيات التقنية للكتلة الحيوية بأن تصل إلى 1500 EJ / سنة بحلول عام 2050 ، على الرغم من أن معظم سيناريوهات إمداد الكتلة الحيوية التي تأخذ في الاعتبار قيود الاستدامة تشير إلى إمكانيات سنوية تتراوح بين 200 و 500 EJ / سنة (باستثناء الكتلة الحيوية المائية)، كما ستوفر المخلفات الحرجية والزراعية والنفايات العضوية الأخرى (بما في ذلك النفايات الصلبة البلدية) ما بين 50 و 150 EJ / سنة ، بينما يأتي الباقي من محاصيل الطاقة وفائض نمو الغابات وزيادة الإنتاجية الزراعية¹³.

6- الطاقة النووية nuclear: على الرغم من صغر حجم الذرات، إلا أنها تمتلك قدرًا كبيرًا من الطاقة التي تربط نواتها ببعضها البعض، يمكن تقسيم نظائر معينة لبعض العناصر لتطلق جزءًا من طاقتها كحرارة، وهذا الانقسام يسمى الانشطار، يمكن استخدام الحرارة المنبعثة من الانشطار للمساعدة في توليد الكهرباء في محطات توليد الطاقة. يعد اليورانيوم 235 (U-235) أحد النظائر التي تتشطر بسهولة، و أثناء الانشطار تمتص ذرات اليورانيوم 235 نيوترونات رخوة،

* الإكسا جول (EJ) يساوي كوینتلیون (10¹⁸) جول.

¹³ : Ausilio Bauen, and others, Bioenergy – A Sustainable and Reliable Energy Source , A review of status and prospects, IEA Bioenergy, 2006, P.6.



يؤدي هذا إلى أن يصبح اليورانيوم 235 غير مستقر وينقسم إلى ذرتين خفيفتين تسمى نواتج الانشطار¹⁴.

تم بناء أول مفاعل نووي في بريطانيا عام 1956، ثم أصبح لديها (11) مفاعل في عام 1966، أسهمت بحوالي 10% من مجموع الطاقة الكهربائية فيها، وسرعان ما انتشرت في أوروبا والولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي السابق وبعض بلدان العالم الأخرى¹⁵.

وفقا لبيانات عام 2009 يوجد 435 مفاعلا نوويا قيد الاستخدام في العالم موزعة على 30 دولة، تنتج طاقة تراكمية تقدر بـ 369 كيكا واط، تأتي الولايات المتحدة الأمريكية بمقدمة دول العالم من حيث عدد المفاعل التي تمتلكها بواقع 103 مفاعلا نووي، ثم فرنسا بواقع 58 مفاعلا، ثم اليابان لديها 54 مفاعلا، يليها روسيا بواقع 31 مفاعل والمملكة المتحدة 19 مفاعلا نوويا، بعدها ألمانيا بواقع 17 مفاعلا¹⁶.

المحور الثاني

الطاقة النظيفة في ميزان الطاقة العالمي

زاد الطلب على الطاقة الأولية بنسبة 5.8% في عام 2021 متجاوزاً مستويات 2019 بنسبة 1.3%، و بين عامي 2019 و 2021 زاد انتاج الطاقة المتجددة بأكثر من 8 EJ. وخلال هذه المدة لم يتغير استهلاك الوقود الأحفوري بشكل كبير، فعلى الرغم من استحواذ الوقود الأحفوري على 82% من استخدام الطاقة الأولية الا انه انخفض قليلا بعد ان كان يستحوذ على 83% من استخدام الطاقة الأولية في 2019 و 85% قبل خمس سنوات. اما انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من استخدام الطاقة والعمليات الصناعية والاحتراق والميثان (في مكافئ ثاني

¹⁴ The History of Nuclear Energy, U.S. Department of Energy Office of Nuclear Energy, Science and Technology, Washington, no date, P. ii.

¹⁵ احمد جاسم الياسري، حيدر نعمة بخيت، رائد صياد علي، اقتصاديات الطاقة، الطبعة الأولى، النجف الاشرف، 2021، ص177.

¹⁶ لودوفيك مون ، الطاقة النفطية والطاقة النووية: الحاضر والمستقبل، ترجمة مارك عبود، الطبعة الأولى، الرياض، 2014 ، ص16.



أكسيد الكربون) ارتفعت بنسبة 5.7% في 2021 اي إلى 39.0 كيكاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون وهي مقارنة لأرقام عام 2019¹⁷.

زاد انتاج الطاقة الأولية المتجددة (بما في ذلك الوقود الحيوي باستثناء الطاقة المائية) بنحو EJ 5.1 في عام 2021 بمعدل نمو سنوي قدره 15% ، وهو اعلى بمقدار 9% عن العام السابق ، وهذا المعدل يعد الأعلى من بين اي مصادر طاقة اخرى في عام 2021. وقد واصلت الطاقة الشمسية وطاقة الرياح النمو بسرعة في عام 2021 ، اذ زادت بمقدار 226 كيكاطن، وهو ما يقترب من الزيادة القياسية البالغة 236 كيكاطن في عام 2020. ظلت الصين المحرك الرئيسي لنمو الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لعام 2020 ، اذ شكلت حوالي 36% و 40% من السعة المضافة العالمية على التوالي. و انخفض توليد الطاقة الكهرومائية بنحو 1.4% في عام 2021 ، وهو أول انخفاض منذ عام 2015. في المقابل زاد التوليد النووي بنسبة 4.2% وهي أقوى زيادة منذ عام 2004 بقيادة الصين. وقد زاد توليد الكهرباء بنسبة 6.2% في عام 2021 على غرار الانتعاش القوي الذي شهدته عام 2010 عندما وصل الى (6.4%) في أعقاب الأزمة المالية لعام 2008. بلغت حصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية 10.2% من توليد الطاقة في عام 2021، وهي المرة الأولى التي تساهم فيها طاقة الرياح والطاقة الشمسية بنسبة أكثر من 10% من الطاقة العالمية وتتجاوز مساهمة الطاقة النووية. وقد ظل الفحم هو الوقود المهيمن لتوليد الطاقة في عام 2021 ، اذ ارتفعت حصته من 35.1% في عام 2020 إلى 36% عام 2021. وقد زاد الغاز الطبيعي في توليد الطاقة بنسبة 2.6% في عام 2021 ، على الرغم من انخفاض حصته من 23.7% في عام 2020 إلى 22.9% في عام 2021¹⁸.

اما فيما يتعلق باستهلاك الطاقة في العالم لعام 2021 فقد حافظ النفط على صدارته للطاقة المستهلكة في العالم بنسبة 30.95% من اجمالي الاستهلاك لباقي مصادر الطاقة عندما وصل الاستهلاك العالمي من النفط الى 184.21 كادريون* وحدة حرارية بريطانية، يليه الفحم باستهلاك مقداره 160.1 كادريون وحدة حرارية بريطانية ويشكل 26.9% من الاستهلاك الكلي للطاقة في العالم، ثم الغاز الطبيعي باستهلاك مقداره 145.35 كادريون وحدة حرارية بريطانية

¹⁷ bp Statistical Review of World Energy, 71st edition, 2022, P.3.

¹⁸ bp Statistical Review of World Energy, op cit, P.3.

* كادريون يساوي 10^{15} وحدة حرارية بريطانية، او $10^{18} \times 1.055$ joule ، و يسمى أيضا كواد quad، وهذه الوحدة تستخدم من قبل وزارة الطاقة الامريكية من خلال قياس استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة الامريكية.



ويشكل 24.42% من الاستهلاك الكلي العالمي للطاقة، اما الطاقة المتجددة فقد وصل استهلاكها للعام ذاته الى 39.91 كادريون وحدة حرارية بريطانية وبنسبة 6.71% من اجمالي استهلاك العالم من الطاقة، في حين ان الطاقة الكهرومائية وصل استهلاكها الى 40.26 كادريون وحدة حرارية بريطانية وبنسبة 6.76 من الاستهلاك الكلي للطاقة في العالم، اما الطاقة النووية فقد شكلت 4.25% من الطاقة المستهلكة في العالم وتتركز في الدول الغنية من العالم.

جدول (2)

استهلاك الطاقة الاولية في العالم حسب النوع لعام 2021

(كادريون وحدة حرارية بريطانية)

نوع الطاقة	2021	نسبته الى اجمالي الطاقة
النفط	184.21	30.95
الفحم	160.1	26.90
الغاز الطبيعي	145.35	24.42
الطاقة الكهرومائية	40.26	6.76
الطاقة المتجددة	39.91	6.71
الطاقة النووية	25.31	4.25
المجموع	595.15	100.00

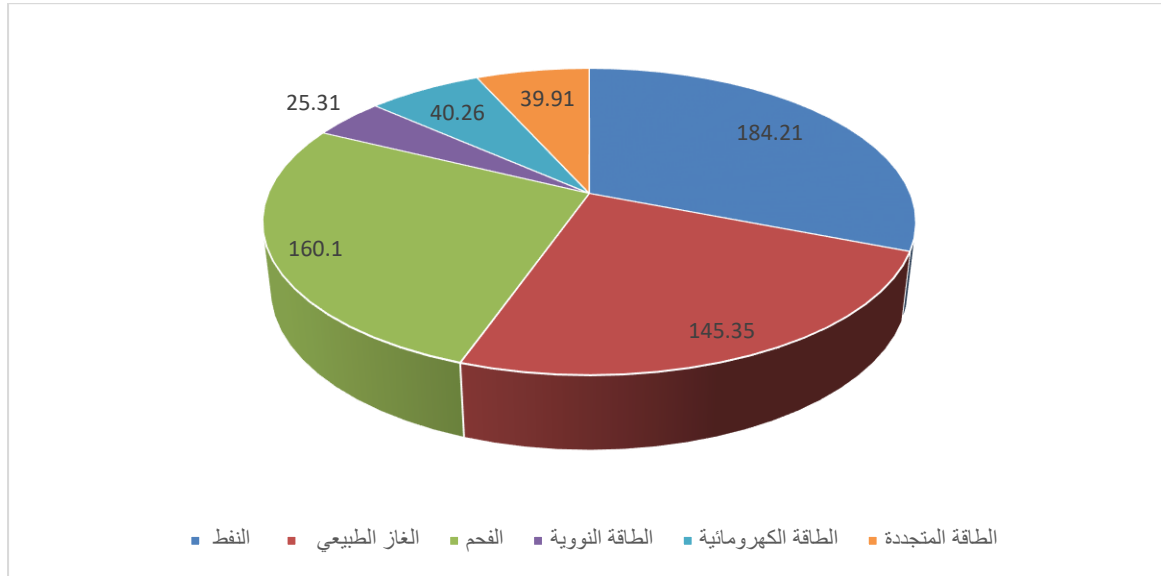
من عمل الباحثين بالاعتماد على:

- <https://www.bp.com/>



شكل (1)

استهلاك الطاقة الأولية في العالم حسب النوع لعام 2021



الشكل من اعداد الباحثين بالاعتماد على بيانات جدول (2).

اما فيما يتعلق بالدول الكبار في مجال استهلاك الطاقة فوفقا لبيانات عام 2021 تصدرت الصين دول العالم باستهلاك مقداره 157.65 كادريون وحدة حرارية بريطانية بنسبة زيادة عن عام 2019 مقدارها 9.54%، تليها الولايات المتحدة الامريكية باستهلاك مقداره 92.97 كادريون وحدة حرارية بريطانية وهي اقل بنسبة (2.81)% عن عام 2019 نتيجة عدم التخلص سريعا من إجراءات و قيود كوفيد 19، ثم الهند ثالثا باستهلاك مقداره (34.15 ، 35.43) كادريون وحدة حرارية بريطانية لعامي 2019 و 2021 على التوالي، يليها الاتحاد الروسي باستهلاك لعام 2021 مقداره 31.3 كادريون وحدة حرارية بريطانية محققا زيادة مقدارها 4.26% عن عام 2019، اما اليابان فقد جاءت خامسا من بين دول العالم في استهلاك الطاقة بعد ان وصل استهلاكها في عام 2021 الى 17.74 كادريون وحدة حرارية بريطانية، اما العراق فقد كان استهلاكه لعام 2019 (2.23) كادريون وحدة حرارية بريطانية انخفض في عام 2021 الى 2.12 كادريون وحدة حرارية بريطانية، وكما مبين في الجدول (3).



جدول (3) كبار بلدان العالم المستهلكة للطاقة لعامي 2019 و 2021

(كادريون وحدة حرارية بريطانية)

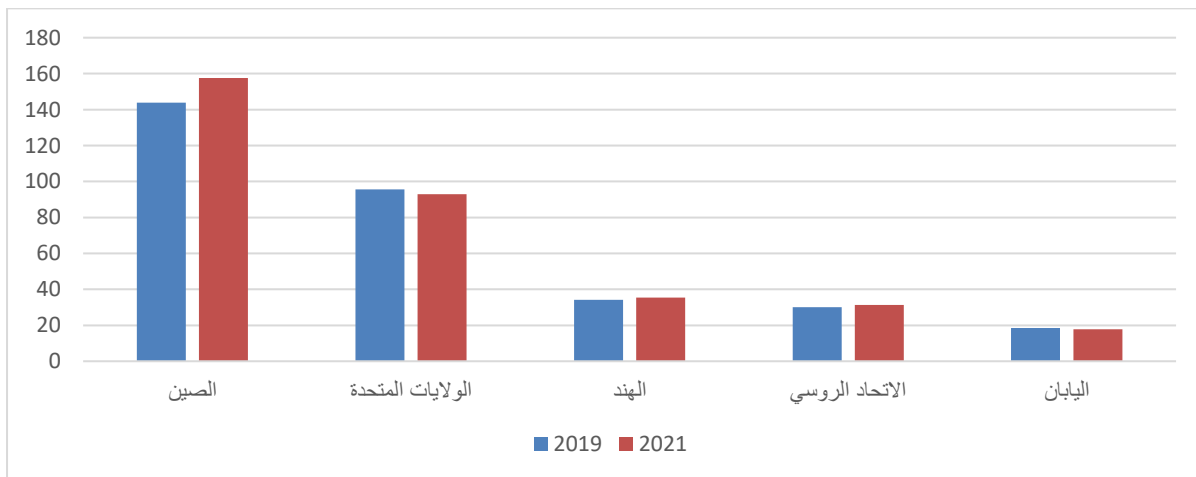
ت	الدولة	استهلاك عام 2019	استهلاك 2021	معدل النمو
1	الصين	143.92	157.65	9.54
2	الولايات المتحدة	95.66	92.97	-2.81
3	الهند	34.15	35.43	3.75
4	الاتحاد الروسي	30.02	31.3	4.26
5	اليابان	18.51	17.74	-4.16
	العراق	2.23	2.12	-4.9

الجدول من اعداد الباحثين بالاعتماد على:

– bp Statistical Review of World Energy, 71st edition, 2022, P.8.

شكل (2)

كبار بلدان العالم المستهلكة للطاقة لعامي 2019 و 2021



الشكل من اعداد الباحثين بالاعتماد على بيانات جدول (3).

وعادة مايكون الاهتمام بمصادر الطاقة المتجددة في الدول المتقدمة والغنية والمتطورة تكنولوجيا اكثر من بقية دول العالم، لذلك اخذنا ميزان الطاقة في الولايات المتحدة الامريكية لغرض إعطاء صورة عن ماهية ميزان الطاقة في البلدان المتقدمة، فالاقتصاد الأمريكي كان يعد



الى وقت قريب من الاقصاديات المدفوعة بالنفط¹⁹، الا ان النفط شكل مانسبته 23.77% من اجمالي استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة الامريكية، بينما نرى الغاز يشكل 36.4% من اجمالي مصادر الطاقة، وهذا يعود الى تزايد انتاج الغاز الصخري الأمريكي لتكون أمريكا اكبر منتج ومستهلك للغاز في العالم، اما الطاقة المتجددة فهي تشكل 12.54% من اجمالي مصادر الطاقة في الولايات المتحدة، وكما مبين في الجدول.

جدول (4)

انتاج الطاقة الاولى في الولايات المتحدة الامريكية حسب النوع لعامي 2019 و 2021

(كادريون وحدة حرارية بريطانية)

نوع الطاقة	2019	2021	نسبته لعام 2021 الى اجمالي الطاقة
النفط (بضمنه عقود المكثفات)	25.612	23.372	23.77
الفحم	14.256	11.608	11.80
الغاز الطبيعي (الجاف)	35.187	35.795	36.40
مصانع سوائل الغاز الطبيعي* NGPL	6.352	7.099	7.22
مجموع الوقود الاحفوري	81.407	77.874	79.19
الطاقة الكهربائية النووية	8.452	8.129	8.27
الطاقة الكهرومائية	2.564	2.283	2.32
الحرارة الأرضية	0.201	0.206	0.21
الطاقة الشمسية	1.017	1.501	1.53
الرياح	2.635	3.332	3.39

¹⁹ Roy L. Nersesian, Energy Economics Markets, History and Policy, Publisher: Routledge, New York, 2016, P.12.



5.10	5.013	5.215	الكتلة الحيوية
12.54	12.335	11.632	مجموع الطاقة المتجددة
100.00	98.337	101.491	المجموع

(*) يتضمن إنتاج معمل معالجة الغاز الطبيعي من سوائل الغاز الطبيعي (الإيثان والبروبان والبيوتان العادي والأيزوبيوتان والبنزين الطبيعي)، ويشمل أيضًا إنتاج مصنع معالجة الغاز الطبيعي للمنتجات البترولية الجاهزة (بنزين الطائرات ، زيت الوقود المقطر ، وقود الطائرات ، الكيروسين ، بنزين المحركات ، النفط الخاصة ، ومنتجات متنوعة). المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على:

- U.S Energy Information Administration, Monthly Energy Review, October 2022, P.5.

المحور الثالث

مستقبل الطاقة النظيفة في ظل التطور التكنولوجي

على مدى القرنين الماضيين ساهمت تقنيات الطاقة بشكل كبير في تحديد شكل المجتمع والبيئة، فالحضارات الحديثة والمستوطنات الحضرية عالية الكثافة اعتمدت إلى حد كبير على تقنيات طاقة الوقود، فقد أدى التقدم التكنولوجي إلى القضاء على العديد من المشكلات التي واجهت هذه الحضارات، إلا أنه في الوقت ذاته أضاف أيضًا مشكلات جديدة وغير متوقعة في كثير من الأحيان، إلا أن مشكلة انبعاثات غازات الدفيئة (GHGs) الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري تعد المشكلة الأعقد والأصعب التي تواجه البشرية، كونها تلعب دورا كبيرا في زيادة الاحتباس الحراري وفقدان التنوع البيولوجي ، والذي من المحتمل أن يؤدي إلى تغير بيئي كارثي²⁰. بينما أحرزت البشرية تقدماً هائلاً في تحسين الرفاهية المادية على مدى القرنين الماضيين، فقد جاء هذا التقدم على حساب التكلفة الدائمة لتدهور البيئة، فقد انتهى ما يقرب من نصف الغابات التي غطت الأرض، واستنزفت معظم موارد المياه الجوفية أو تلوثت ، وحدثت انخفاضات هائلة في التنوع البيولوجي. لذا هناك حاجة ملحة لاعتماد الطاقة النظيفة التي تساهم

²⁰ Rockström Johan, and others , A safe operating space for humanity, Nature, vol.461, No.7263, September 2009, pp. 472-475.



بشكل كبير في إيجاد مسارات جديدة للتنمية من شأنها أن تضمن الاستدامة البيئية وإيقاف التدمير البيئي، مع توفير سبل عيش اني ومستقبلي لائق للبشرية جمعاء²¹.

دخل قطاع الطاقة في العالم عام 2022 بعد أن شهد أفضل وأسوأ نتائج انتقالية محتملة، على الرغم من الإجماع الواضح على أن ارتفاع درجات الحرارة العالمية يجب أن يظل في حدود درجتين (ويفضل أن يكون 1.5) من مستويات ما قبل الصناعة، فقد أخذ جائحة فيروس كورونا والقيود الناتجة عن السفر الوطني والدولي في الحد من انبعاثات الكربون في العالم. وقد ساعد الوباء أيضًا في إظهار قيمة مصادر الطاقة النظيفة، والتي أثبتت أنها أكثر مرونة في مواجهة تحديات سلسلة التوريد والقوى العاملة التي أحدثها COVID-19. في بداية عام 2022 أصبح حجم الالتزام بتحويل الطاقة أقوى من أي وقت مضى، إذ تلتزم ما يقرب من 21% من أكبر 2000 شركة في العالم بأهداف صفرية صافية، في الوقت نفسه يستمر التحدي المناخي الذي يواجهه المجتمع في النمو²².

تعد الصين الدولة الأولى في العالم من حيث انبعاثات الكربون، فوفقًا لبيانات عام 2020 بلغت انبعاثاتها 10668 MTCO² وهي تشكل 31.56% من إجمالي الانبعاثات في العالم، تليها الولايات المتحدة الأمريكية بانبعاثات مقدارها 4713 MTCO² وهي تشكل 13.94% من الانبعاثات العالمية وهي تساهم مع الصين بأكثر من 45% من مجموع الانبعاثات الكربونية في العالم، ثم الهند ثالثًا بمقدار 2442 MTCO²، يأتي بعدها الاتحاد الروسي بحجم انبعاثات وصل الى 1577 MTCO²، وتأتي كل من اليابان و إيران بالمرتبتين الخامسة و السادسة عالميا بـ (1031 ، 745) MTCO² على التوالي، وألمانيا سابعاً والسعودية ثامناً وكوريا الجنوبية تاسعاً و اندونيسيا عاشر بانبعاثات مقدارها (590، 598، 626، 644) MTCO² على التوالي. اما العراق فانه يأتي بالمرتبة التاسعة والعشرون عالميا من حيث الانبعاثات الكربونية عندما وصلت الى 211 MTCO² وتشكل 0.61% من الانبعاثات العالمية، وهذه الانبعاثات تعود اغلبها الى نواتج عميات استخراج النفط والغاز المصاحب، وتتركز في المحافظات المنتجة للنفط ولا سيما محافظة البصرة.

²¹ Department of Economic and Social Affairs, The Great Green Technological Transformation, World Economic and Social Survey 2011, United Nations, New York, 2011, P.v.

²² Energy Transition Trends Report 2022, Deloitte, United kingdom, 2022, P.4.



جدول (5)

الدول الاولى المسؤولة عن انبعاثات الكربون في العالم لعام 2020

ت	الدولة	الانبعاثات $MTCO^2$	نسبتها الى العالم
1	الصين	10668	31.56
2	الولايات المتحدة	4713	13.94
3	الهند	2442	7.23
4	الاتحاد الروسي	1577	4.67
5	اليابان	1031	3.05
6	ايران	745	2.20
7	المانيا	644	1.91
8	السعودية	626	1.85
9	كوريا الجنوبية	598	1.77
10	اندونيسيا	590	1.75
29	العراق	211	0.62
	العالم	33797.51045	100

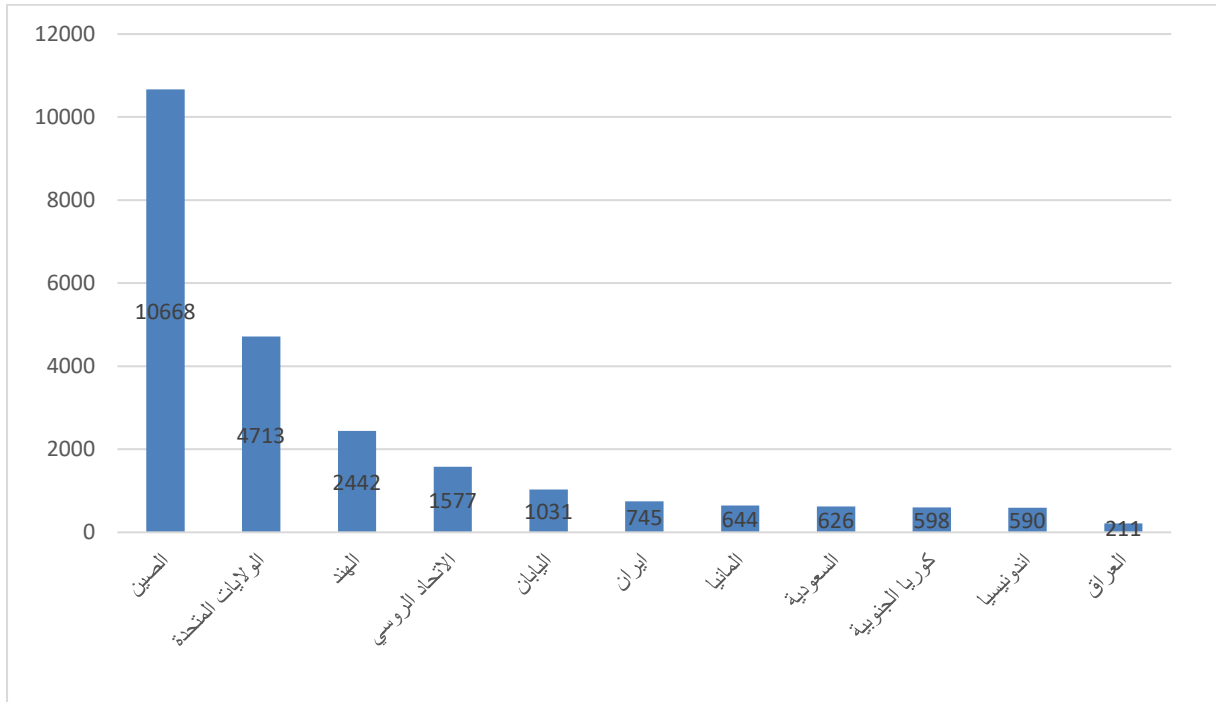
الجدول من اعداد الباحثين بالاعتماد على:

- <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>



شكل (3)

الدول الاولى المسؤولة عن انبعاثات الكربون في العالم لعام 2021



الشكل من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات جدول (5)

تسعى البلدان المتقدمة والغنية الى زيادة الاستثمارات في مجال الطاقات المتجددة والطاقات النظيفة الأخرى من خلال الاستفادة من التطور التكنولوجي في ظل الثورة التكنولوجية الخامسة، و تعبئة الاستثمار في 7.4 - 8 تيراواط إضافية من قدرة الطاقة المتجددة المطلوبة عالميًا بحلول عام 2030، وكذلك في خيارات الطاقة النظيفة الأخرى. وفي الوقت نفسه زيادة الدعم الدولي المخصص للبلدان النامية، وتبادل أفضل الممارسات بين جميع البلدان بشأن التحديات الاجتماعية والاقتصادية لعملية الانتقال نحو الطاقة النظيفة. اذ يجب على البلدان إعادة تقييم الفرص المتاحة لدعم تكامل حصص أكبر من الطاقة النظيفة منخفضة التكلفة. بينما يلزم اتخاذ إجراءات دولية معززة لتنسيق عرض واختبار حلول مرونة نظام الطاقة، بما في ذلك التخزين طويل الأجل الذي سيكون مطلوباً لتمكين صافي الطاقة بالكامل في السنوات المقبلة، كما سيكون



من الضروري بذل جهد دولي منسق للاتفاق على معايير أداء للأجهزة عالية الاستهلاك للطاقة للمساعدة في خفض التكاليف وكذلك الانبعاثات، مما يقلل من الزيادة اللازمة في قدرة توليد الطاقة. و لزيادة توافر الهيدروجين المتجدد والمنخفض الكربون والقدرة على تحمل تكلفته، فإن الأولوية هي أن تعمل البلدان والشركات معاً لإنشاء أسواق أكبر للهيدروجين، والذي سيؤدي إلى تحفيز الاستثمار في الإنتاج، والذي يستهدف أن يرتفع من أقل من مليون طن في عام 2020 إلى حوالي 140-155 مليون طن سنوياً بحلول عام 2030. كما سيتم اتخاذ إجراءات دولية أخرى منها: على البلدان والشركات تنسيق التدابير للابتعاد عن الإنتاج بالاعتماد على الوقود الاحفوري، وتبادل التطبيقات الجديدة للهيدروجين مثل الفولاذ والشحن وتخزين الطاقة، كما تعمل البلدان المتقدمة والغنية على زيادة عدد المشاريع المنتجة له، إلى جانب تعميق المشاركة في التعلم، وزيادة الدعم الفني والمالي لغرض جعل حلول الهيدروجين متاحة وبأسعار معقولة لمزيد من البلدان في السنوات القليلة المقبلة، وكذلك تسريع الجهود الدولية للاتفاق على معايير السلامة والتشغيل والانبعاثات لتمكين النشر والتجارة للهيدروجين ولاسيما الهيدروجين الأخضر على نطاق واسع.²³

في النقل البري يجري حث البلدان والشركات المصنعة على مواءمة التواريخ المستهدفة لجميع المركبات الجديدة لتكون خالية من الانبعاثات من خلال تحويل الاستثمار بسرعة أكبر نحو التقنيات الجديدة وتسريع خفض التكاليف. فقد استحوذت المركبات الصفيرية على حوالي 9% من مبيعات السيارات العالمية في عام 2021، والمستهدف الوصول إلى حوالي 60% بحلول عام 2030، كما يجري العمل على تسريع أكبر للنشر لمركبات البضائع الثقيلة الخالية من الانبعاثات، كما تعمل العديد من البلدان على الانتقال مستقبلاً إلى المركبات ذات العجلتين والثلاث عجلات منعدمة الانبعاثات، وتشجيع تبادل أكثر انتظاماً لأفضل الممارسات لتعزيز السياسات الفعالة لتعبئة الاستثمار في البنية التحتية للشحن، وتضييق الفجوة الواسعة بين البلدان الأكثر تقدماً، مع زيادة المساعدة التقنية والمالية للبلدان النامية بشكل كبير لإتاحة تقاسم أوسع لفوائد التحول نحو الطاقة النظيفة، وتنسيق هذه المعايير سيلعب دوراً كبيراً في ضمان الاستدامة في سلاسل توريد البطاريات، كما ان تطور التنسيق التنظيمي بين البلدان المستوردة والمصدرة

²³ International Renewable Energy Agency , International Energy Agency, UN , The Breakthrough Agenda Report , 2022, P.12.



للمركبات المستعملة لغرض إخراج أكثر المركبات فاعلية من التجارة الدولية سيخفض التكاليف بالإضافة إلى خفض الانبعاثات²⁴.

أما في قطاع الصلب الذي يعد حجر الزاوية في الاقتصاد والصناعة، ففي الاتحاد الأوروبي على سبيل المثال تم دعم إجمالي 2.6 مليون وظيفة من قبل صناعة الصلب منها 12.2٪ وظائف مباشرة والباقي 87.8٪ وظائف غير مباشرة ومستحدثة، و تساهم صناعة الصلب في الاتحاد الأوروبي بـ 132 مليار يورو في إجمالي القيمة المضافة (GVA) خلال العقد الماضي²⁵. إن إنتاج الفولاذ يقدر بأقل من 1 طن من ذي الانبعاثات الأولية القريبة من الصفر سنوياً، بينما الهدف بحلول عام 2030 هو الوصول إلى أكثر من 100 مليون طن سنوياً، وهذا يتم من خلال الاستفادة من التطور التكنولوجي في ظل الثورة الصناعية الخامسة، و زيادة التزامات المشتريات المشتركة من قبل البلدان والشركات بشكل كبير، ودعمها بإجراءات مثل التزامات الشراء المسبقة لتعبئة الاستثمار المطلوب، و التعاون في المشاريع التجريبية على نطاق تجاري في جميع مناطق إنتاج الصلب الرئيسية و تسريع التعلم والتدريب، والعمل على ضمان قدرة الفولاذ قليل الانبعاث على المنافسة في الأسواق الدولية من خلال الاتفاق على التعريفات والمعايير المشتركة للصلب منخفض الانبعاثات.

مكنّت الثورة الأولى صناعة النسيج، أعطتنا الثورة الصناعية الثانية خط التجميع والإنتاج الصناعي الكبير الحجم والاستهلاك الشامل العالي، والثورة الثالثة من خلالها يسمح بالنقاط المعلومات في شكل رقمي وتحويلها ومعالجتها ونقلها بطريقة فعالة من حيث التكلفة، وقد زودتنا الثورة الصناعية الرابعة بالروبوتات والذكاء الاصطناعي والواقع المعزز والواقع الافتراضي، أما الخامسة من خلالها يمكن تحقيق التوازن بين مشاركة الآلة والبشر، إذ تتمتع الثورة الصناعية الخامسة بالقدرة على بدء عهد اجتماعي اقتصادي جديد يسد الفجوات بين "القمة" و "القاع"، مما يخلق فرصاً لا حصر لها للبشرية وكوكب أفضل، على عكس الاتجاهات السائدة في الثورة الصناعية الرابعة التي سارت نحو نزع الصفة الإنسانية والتكنولوجيا والابتكار. إن أفضل الممارسات تحتاج إلى العودة نحو خدمة الإنسانية، لذا العالم يحاول جعل الثورة الخامسة كبوابة

²⁴ International Renewable Energy Agency , International Energy Agency, UN, op cit, P.13.

²⁵ Liliana GUEVARA OPINSKA, and others, Moving towards Zero-Emission Steel, Scientific and Quality of Life Policies, Policy Department for Economic, European Union, December 2021 , P.15.



لانتقال السلس للعالم من الثورة الرابعة إلى الخامسة. و في ظل الثورة الصناعية الرابعة لا يزال العالم يتأرجح ذهاباً وإياباً بين الطاقة المتجددة و مصادر الطاقة غير المتجددة مع الاعتماد بشكل أساسي على الطاقة غير المتجددة، بينما الثورة الصناعية الخامسة تعد أكثر ملاءمة للبيئة، إذ سيتم استخدام مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة بنسبة كبيرة²⁶. كما ان بعض أنواع الوقود الاحفوري وبفعل التطور التكنولوجي المتسارع ممكن ان تكون من الطاقة النظيفة من خلال الحد من انبعاثات الكربون.

يرى البعض ان الحرب الروسية الأوكرانية يمكن أن تكون نقطة تحول تاريخية نحو نظام طاقة أنظف وأكثر أماناً بفضل الاستجابة غير المسبوقة من الحكومات في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك قانون خفض التضخم في الولايات المتحدة، و الـ 55 حزمة المتخذة في الاتحاد الأوروبي، وبرنامج التحول الأخضر الياباني (GX). ان هذه السياسات وغيرها في أسواق الطاقة الرئيسية تساعد على دفع الاستثمار السنوي في الطاقة النظيفة إلى أكثر من 2 تريليون دولار أمريكي بحلول عام 2030، بزيادة تزيد عن 50% عن عام 2021، لذا تصبح الطاقة النظيفة فرصة كبيرة للنمو والوظائف وساحة رئيسية للمنافسة الاقتصادية الدولية. و بحلول عام 2030 وبفضل قانون الحد من التضخم الأمريكي ستنمو الإضافات السنوية لقدرة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في الولايات المتحدة مرتين ونصف المرة عن المستويات الحالية، في حين أن مبيعات السيارات الكهربائية ستزيد بمقدار سبعة أضعاف. و تستمر الأهداف الجديدة في تحفيز البناء الهائل للطاقة النظيفة في الصين مما يعني أن استهلاكها من الفحم والنفط يبلغ ذروته قبل نهاية هذا العقد. كما ان الانتشار الأسرع لمصادر الطاقة المتجددة وتحسينات الكفاءة في الاتحاد الأوروبي يؤدي إلى خفض الطلب على الغاز الطبيعي والنفط في الاتحاد الأوروبي بنسبة 20% هذا العقد، والطلب على الفحم بنسبة 50%، كما يوفر برنامج التحول الأخضر الياباني (GX) دفعة تمويلية كبيرة للتقنيات بما في ذلك الطاقة النووية وانخفاض الانبعاثات الهيدروجين والأمونيا، بينما تتطلع كوريا الجنوبية أيضاً إلى زيادة حصة الطاقة النووية والمتجددة في مزيج الطاقة لديها، و الهند استطاعت ان تحقق مزيداً من التقدم نحو تحقيق هدفها المحلي في مجال الطاقة المتجددة البالغ 500 كيكوات في عام 2030، وتلبي مصادر الطاقة المتجددة ما يقرب من ثلثي الطلب المتزايد سريعاً على الكهرباء في البلاد²⁷.

²⁶ Dr Vilma Mattila, and others, op cit , P.176.

²⁷ International Energy Agency , World Energy Outlook 2022, Paris, 2022, P.20.



ان التحول نحو الطاقة النظيفة يعد مصدرًا مهما لنمو العمالة، اذ تتجاوز وظائف الطاقة النظيفة المتوقعة تلك الموجودة في الوقود الأحفوري في جميع أنحاء العالم، اذ من المتوقع أن تنمو من حوالي 33 مليونًا في عام 2021 إلى ما يقرب من 55 مليونًا في عام 2030.

الاستنتاجات والتوصيات

أولاً: الاستنتاجات

- 1- على الرغم من التقدم التكنولوجي الكبير الذي شهده العالم في ظل الثورة الصناعية الرابعة الا انها افرزت العديد من النتائج السلبية منها زيادة الاتمة وإحلال الآلة محل الانسان بنسبة كبيرة جدا وتوجه البشرية نحو القضايا المادية بعيدا عن الجانب الانساني.
- 2- معظم اقتصادات العالم ان لم تكن جميعها هي اقتصادات مدفوعة بالوقود الاحفوري لاسيما النفط والفحم، بينما نسبة الطاقة النظيفة لازالت محدودة.
- 3- يعول العالم على الثورة الصناعية الخامسة بإضفاء الطابع الإنساني من خلال المزيج بين الآلة والانسان، في ظل الآلات ذكية تستطيع قراءة لغة الجسد.
- 4- في ظل الثورة الصناعية الخامسة يتوقع ان تزدهر الصناعات المرتبطة بالطاقات النظيفة وتحقق ارباح كبيرة، لتزداد مساهمة الطاقات النظيفة في ميزان الطاقة العالمي.
- 5- الحرب الروسية-الاوكرانية وتقليل صادرات الغاز الروسي الى اوربا ستزيد من الانفاق على البحث والتطوير وعلى المشاريع و القطاعات المرتبطة بالطاقة النظيفة.

ثانياً: التوصيات

- 1- في ظل توجه العالم نحو الطاقة النظيفة على بلدان العالم ان تضع الخطط الانية والمستقبلية لغرض الاستفادة القصوى من هذا التحول.



2- على البلدان النفطية ولاسيما الريعانية منها كالعراق ان تنوع اقتصاداتها من خلال الاستغلال الأمثل للعوائد النفطية وإنشاء الصناديق السيادية للدول التي ليس لديها صناديق، وتنويع الاستثمارات، كي لا تتأثر كثيرا عندما يقل الطلب على الوقود الأحفوري مستقبلا.

3- على الرغم من الآراء التي ترى بان التحول نحو الطاقة النظيفة سيكون سريعا، الا هذا الامر صعب تحقيقه كون التحول يحتاج الى وقت طويل نسبيا والى انفاق مالي كبير لتغيير البنية التحتية اللازمة لهذا التحول، مما يعني لدى البلدان النفطية الوقت الكافي لغرض الاستعداد لهذا التغيير بشكل جيد من خلال حزمة من السياسات والإجراءات الضرورية للحد من الآثار السلبية على بلدانها.

4- على البلدان النفطية والغنية ان تستغل إمكاناتها المادية في الاستثمار في مشاريع الطاقة النظيفة والصناعات المرتبطة بها، كونها قطاعات ستكون مدرة للربح وخالقة لفرص العمل، والعالم يسير باتجاهها بشكل اسرع من الوقت الماضي.

المصادر والمراجع

- 1- Mohajan, Haradhan, The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era, Munich Personal RePEc Archive, Paper No. 96644, Oct 2019.
- 2- Joel Mokyr and Robert H. Strotz, The Second Industrial Revolution, 1870-1914, Evanston, August 1998.
- 3- Jeremy Rifki, The Third Industrial Revolution How Lateral Power is Transforming Energy, The Economy And The World, First edition, United States of America, October 2011.
- 4- Klaus Schwab, The Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum, Switzerland, 2016.
- 5- Dr Vilma Mattila, and others, The Fifth Industrial Revolution: Enlightenment of Sire towards Industry 5.0, International Journal of Creative Research Thoughts, Volume 10, Issue 8 August 2022.



6- صفاء هاشم عبد الرحمن، معد محسن مجول، دليل ارشادي حول مصادر الطاقة المتجددة واثرها على البيئة المحيطة وتلوث البيئة، كلية بغداد للعلوم الاقتصادية الجامعة، العراق، ابريل 2022.

7- Richard Corkish, W. Lipiński, R. J. Patterson, Introduction to Solar Energy, in Crawley GM (ed.), Solar Energy, World Scientific, Singapore June 2016.

8- روبرت ال روشتاين ، دانيال دي بيرلمتر ، تحدي تغير المناخ أي طريق نسلك ، مؤسسة الهنداوي سي أي سي ، الطبعة العربية، 2019.

9- Energy Information Administration, Renewable Energy Annual 2006, April 2008.

10- Energy Information Administration, Green Pricing and Net Metering, July 2008.

11- Hydropower – Energy from Moving Water, glossary, October 2008.

12- Hydropower Engineering , Department of Technical Education, Uttarakhand, July 2008.

13- Takatsune Ito and Carlos Ruiz, Geothermal Power: Technology Brief, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, September 2017.

14- Ausilio Bauen, and others, Bioenergy – A Sustainable and Reliable Energy Source , A review of status and prospects, IEA Bioenergy, 2006.

15- The History of Nuclear Energy, U.S. Department of Energy Office of Nuclear Energy, Science and Technology, Washington, no date.

16- احمد جاسم الياسري، حيدر نعمة بخيت، رائد صياد علي، اقتصاديات الطاقة، الطبعة الأولى، النجف الاشرف، 2021.

17- لودوفيك مون ، الطاقة النفطية والطاقة النووية: الحاضر والمستقبل، ترجمة مارك عبود، الطبعة الأولى، الرياض، 2014.

18- bp Statistical Review of World Energy, 71st edition, 2022.



- 19- Roy L. Nersesian, Energy Economics Markets, History and Policy, Publisher: Routledge, New York, 2016.
- 20- Rockström Johan, and others , A safe operating space for humanity, Nature, vol.461, No.7263, September 2009.
- 21- Department of Economic and Social Affairs, The Great Green Technological Transformation, World Economic and Social Survey 2011, United Nations, New York, 2011.
- 22- Energy Transition Trends Report 2022, Deloitte, United kingdom, 2022.
- 23- International Renewable Energy Agency , International Energy Agency, UN , The Breakthrough Agenda Report , 2022.
- 24- Liliana GUEVARA OPINSKA, and others, Moving towards Zero-Emission Steel, Scientific and Quality of Life Policies, Policy Department for Economic, European Union, December 2021.
- 25- International Energy Agency , World Energy Outlook 2022, Paris, 2022.