دراسات

الذكاء الأصطناعي ودوره في تعزيز وتطوير أنظمة الطاقة المتجددة
دراسة حالـــة العـــراق

بقلـــــــم
الباحثة نجلاء فتحي محمد فهيم
جامعة بنها/ مصر

مركز حمورابي
للبحوث والدراسات الاستراتيجية

2026

تأسس مركز حمورابي للبحوث والدراسات الإستراتيجية عام 2008 بمدينة بابل (الحلة)، وحصل على شهادة التسجيل من دائرة المنظمات غير الحكومية المرقمة 1Z71874 بتاريخ 2012/12/25، بوصفه مركزا علميا بحثيا يهتم بدراسة الموضوعات السياسية والمجتمعية، فضلاً عن الاهتمام بالقضايا والظواهر الراهنة والمحتملة في الشأن المحلي والإقليمي والدولي، ويتعامل مع باحثين من مختلف التخصصات داخل العراق وخارجه، وتحتضن بغداد المقر الرئيسي للمركز.

- لا يجوز إعادة نشر أي من هذه الأوراق البحثية الا بموافقة المركز، وبالإمكان الاقتباس بشرط ذكر المصدر كاملا.
- لا تعبر الآراء الواردة في الورقة البحثية عن الاتجاهات التي يتبناها المركز وانما تعبر عن رأي كاتبها.
- حقوق الطبع والنشر محفوظة لمركز حمورابي للبحوث والدراسات الاستراتيجية.

للتواصل

العراق - بغداد - الكرادة

+964 7810234002

hcrsiraq@yahoo.com

www.hcrsiraq.net

مركز حمورابي للبحوث والدراسات الاستراتيجية

المقدمة

تتناول هذه الدراسة دور الذكاء الاصطناعي في دعم وتطوير قطاع الطاقة المتجددة في العراق. وتوضح أنه على الرغم من الإمكانات الهائلة لموارد الطاقة المتجددة في العراق، إلا أن مساهمة هذه الطاقة في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي لا تزال محدودة. وتؤكد الدراسة أن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة يمكن أن يكون خيارًا استراتيجيًا لتجاوز العقبات الحالية وتسريع الانتقال نحو استخدام أكبر للطاقة المتجددة. ويرتبط هذا النهج ارتباطًا وثيقًا بأهداف الاستراتيجية الوطنية العراقية للذكاء الاصطناعي (INSAIN 2026)، التي تركز على التحول الرقمي في قطاع الطاقة لتعزيز الكفاءة، وخفض انبعاثات الكربون، ودفع البلاد نحو تحقيق الحياد الكربوني. وتخلص الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل ضرورة استراتيجية وليس مجرد خيار تقني لدفع العراق نحو تحول مستدام في قطاع الطاقة. ويتطلب تحقيق ذلك تطوير البنية التحتية الرقمية، وتحسين إدارة البيانات وتحليلها، وبناء القدرات البشرية والمؤسسية لتفعيل إمكانات الذكاء الاصطناعي بشكل كامل في بناء نظام طاقة مرن وفعال ومستدام.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي- الشبكات الذكية- الصيانة التنبؤية- الطاقة الشمسية- طاقة الرياح- كفاءة الطاقة.

نظراً لأن شبكات الطاقة من بين أكثر الأنظمة تعقيداً التي تتطلب اتخاذ قرارات فورية، تبرز تقنيات الذكاء الاصطناعي كحلول عملية وفعّالة. وبناءً على ذلك، يُعدّ دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة وتطوير عمليات الصيانة والتشغيل لأنظمة الطاقة المتجددة أمراً بالغ الأهمية لتحقيق هدف الحياد الكربوني بحلول عام 2050، بما يتماشى مع المبادئ المنصوص عليها في اتفاقية باريس 2015 والمتفق عليها دولياً (United Nations, Paris Agreement, 2015). وفي هذا السياق، تُسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي إسهاماً كبيراً في تعزيز دقة التنبؤات، وتحسين الكفاءة التشغيلية، وخفض التكاليف، وتقليل الانبعاثات، مما يجعلها عنصراً أساسياً في تحسين أداء قطاع الطاقة.

وتُعدّ تجربة العراق مثالاً واضحاً على التحديات التي تواجهها الدول التي تعتمد اعتماداً كبيراً على الموارد الأحفورية في سعيها نحو التحول إلى الطاقة المتجددة. فعلى الرغم من امتلاك العراق احتياطيات هائلة من النفط والغاز، إلا أن اعتماده الكبير على هذه الموارد قد أدى إلى اختلالات في الاقتصاد والبيئة، مما قلّل من قدرته على تحقيق استقرار طويل الأمد في قطاع الطاقة. ونتيجةً لذلك، أصبح التحول نحو الطاقة المتجددة خيارًا استراتيجيًا يهدف إلى تنويع مصادر الطاقة والحد من آثار هذه الاختلالات (IRENA, Energy Transition Assessment Iraq Report, 2025). ومع ذلك، يبقى نجاح هذا المسار مرهونًا بإنشاء إطار تقني ومؤسسي متين يضمن إدارة فعّالة لهذا التحول.

في هذا السياق، يُعدّ دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في منظومة الطاقة العراقية عنصرًا أساسيًا لتعظيم الفوائد المحتملة لموارد الطاقة المتجددة. ويسهم ذلك في تحسين كفاءة الإنتاج، وتعزيز موثوقية شبكات الكهرباء، ودعم عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بالتشغيل والصيانة. كما يوفر استخدام الذكاء الاصطناعي مرونة أكبر في مواجهة

التحديات، مثل تأمين الإمدادات، وتزايد الطلب، ومحدودية الموارد، فضلًا عن تحسين الكفاءة الاقتصادية للقطاع. ولضمان تحقيق هذا الهدف، يصبح تبني نهج متكامل يجمع بين توسيع نطاق استخدام الطاقة المتجددة وتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي ضرورة ملحة لتعزيز مسار التحول المستدام للطاقة في العراق، مما يمكّنه من مواجهة الأزمات وتحقيق تنمية شاملة ومستدامة.

وللتحقيق ذلك، ووفقًا لـ (Regulations AI, 2026)، أُعلن عن الاستراتيجية الوطنية العراقية للذكاء الاصطناعي (INSAIN) خلال الاجتماع الأول للجنة العليا للذكاء الاصطناعي في اب 2024، والتي تمثل إطارًا مبتكرًا يهدف إلى تبني وتطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي في العراق. وتركز هذه الاستراتيجية على دعم تنويع الاقتصاد العراقي وتقليل الاعتماد على قطاع النفط، بالإضافة إلى دمج تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات حيوية كالتعليم والخدمات الحكومية. وتعكس هذه المبادرة إدراك العراق للدور المحوري الذي يلعبه الذكاء الاصطناعي في تحقيق التنمية المستدامة ودفع عجلة التحول الاقتصادي.

ورغم التحديات الاقتصادية والسياسية التي تواجه العراق، فضلًا عن العقبات المؤسسية والتنظيمية، كغياب لوائح شاملة تنظم استخدام الذكاء الاصطناعي، إلى جانب محدودية أطر الحوكمة وضعف البنية التحتية الرقمية، فقد دفع وعي الجهات الرسمية والمعنية بأهمية الذكاء الاصطناعي إلى المطالبة بضرورة وضع تشريعات وطنية فعالة لتنظيم تطوير وتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.

لذلك، يُعدّ إطلاق الاستراتيجية الوطنية للذكاء الاصطناعي في عام 2024 مؤشراً هاماً على استعداد العراق لتجاوز هذه العقبات تدريجياً وبمرونة. ومع ذلك، فإن هذا النجاح يعتمد على مواصلة السعي نحو اتخاذ خطوات فعّالة وقابلة للتنفيذ، إلى جانب تعزيز الأطر المؤسسية والتنظيمية اللازمة لدعم هذه الجهود المستقبلية.

وعلى الرغم من إمكانات الطاقة المتجددة في العراق، إلا أن الاعتماد الكبير على موارد النفط، إلى جانب ضعف البنية التحتية المؤسسية والتقنية، فضلاً عن التحديات الاقتصادية والسياسية، يُشكّل عائقاً رئيسياً أمام تحقيق تحوّل مستدام في قطاع الطاقة. لذلك، تبرز أهمية دراسة كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي كأداة فعّالة لدعم وتطوير نظام الطاقة المتجددة، وتعزيز كفاءته واستدامته، مع تقليل العوائق التي تواجه هذا القطاع. وعليه، تتمحور المشكلة الرئيسية للدراسة حول السؤال التالي:

كيف يُمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تُسهم في دعم وتطوير نظام الطاقة المتجددة في العراق، وتحقيق تحوّل مستدام في قطاع الطاقة على الرغم من التحديات الاقتصادية والسياسية والمؤسسية؟

وبالتالي، تكمن أهمية هذه الدراسة في تركيزها على إبراز دور الذكاء الاصطناعي كعنصر حيوي وهام في تحقيق تحول مستدام في قطاع الطاقة المتجددة في العراق. ولذلك، يعتمد هذا البحث على منهجية تجمع بين الأساليب التحليلية والوصفية والاستنتاجية لدراسة دور الذكاء الاصطناعي في دعم وتطوير نظام الطاقة المتجددة في العراق. يُستخدم الأسلوب التحليلي لاستكشاف العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي ومساهمتها في تحقيق تحول مستدام في قطاع الطاقة.

أما الأسلوب الوصفي، فيُستخدم لوصف واقع قطاع الطاقة في العراق، مع تسليط الضوء على الأثر المتوقع للاستراتيجية الوطنية العراقية للذكاء الاصطناعي (INSAIN) على تطوير هذا القطاع. ويُعتمد على الأسلوب الاستنتاجي لاستخلاص النتائج وتقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق، مما يُتيح عرضًا دقيقًا لكيفية توظيف الذكاء الاصطناعي بفعالية لتعزيز نظام الطاقة المتجددة في العراق.

وبناءً على ذلك، تكمن أهمية هذه الدراسة في تركيزها على إبراز دور الذكاء الاصطناعي كعنصر حيوي وهام في تحقيق تحوّل مستدام في قطاع الطاقة المتجددة في العراق. لذا، يعتمد هذا البحث على منهجية تجمع بين الأساليب التحليلية والوصفية والاستنتاجية لدراسة دور الذكاء الاصطناعي في دعم وتطوير نظام الطاقة المتجددة في العراق. يُستخدم الأسلوب التحليلي لاستكشاف العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي ومساهمتها في تحقيق تحول مستدام في قطاع الطاقة.

أما الأسلوب الوصفي، فيُستخدم لوصف واقع قطاع الطاقة في العراق، مع تسليط الضوء على الأثر المتوقع للاستراتيجية الوطنية العراقية للذكاء الاصطناعي (INSAIN) على تطوير هذا القطاع. بينما يُعتمد على الأسلوب الاستنتاجي لاستخلاص النتائج وتقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق، مما يُتيح عرضًا دقيقًا لكيفية توظيف الذكاء الاصطناعي بفعالية لتعزيز نظام الطاقة المتجددة في العراق.

1. مراجعة الأدبيات السابقة

وفقًا لـ (IRENA, 2019)، أصبح الذكاء الاصطناعي أحد الركائز الأساسية للحياة المعاصرة، مع تطبيقاته واستخداماته المتنامية في مختلف القطاعات. وعلى الرغم من أن مصطلح الذكاء الاصطناعي قد طُرح لأول مرة عام 1956، فإن التطور السريع في السنوات الأخيرة أسهم في تعظيم دوره، ولا سيما في تعزيز كفاءة واستدامة أنظمة الطاقة على المستوى العالمي. وعلى الرغم من غياب تعريف شامل ونهائي، يُنظر إلى الذكاء الاصطناعي بوصفه فرعًا من علوم الحاسوب يهدف إلى تطوير أنظمة تحاكي القدرات البشرية في التعلم والتحليل واتخاذ القرار.

تعتمد هذه الأنظمة على التكيف المستمر مع البيانات التي تجمعها وتحللها، مما يسمح لها بتعديل سلوكها ذاتيًا دون الحاجة إلى برمجة مباشرة لكل حالة. ويقوم الذكاء الاصطناعي على خوارزميات متقدمة قادرة على التعرف على الأنماط، واستخلاص النتائج، ودعم عمليات اتخاذ القرار، ويتميز بقدرته على التعامل مع مهام جديدة وغير مألوفة دون تدخل بشري مباشر. وعلى الرغم من الاستخدام الواسع لمصطلحي الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة بالتبادل، فإن تعلم الآلة يُعد فرعًا من فروع الذكاء الاصطناعي، يركز على تمكين الآلات من التعلم الذاتي من البيانات والتنبؤ بالنتائج المستقبلية. كما تندرج تقنيات أخرى ضمن منظومة الذكاء الاصطناعي، مثل معالجة اللغة الطبيعية، والتعلم العميق، والشبكات العصبية، لما لها من دور محوري في تعزيز كفاءة الأنظمة الذكية وتحسين أدائها.

ويرى (Abdelkader, 2025) أن الذكاء الاصطناعي مجال متعدد التخصصات يجمع بين علوم الحاسوب، والإحصاء، والرياضيات، والهندسة، والعلوم الإدراكية، ويهدف إلى إنشاء أنظمة ذكية قادرة على التعلم من الخبرات وأداء المهام المعقدة بكفاءة عالية. ويمثل التعلم العميق أحد أبرز وأكثر مجالات الذكاء الاصطناعي تقدمًا، حيث يعتمد على شبكات عصبية واسعة النطاق وبنى حاسوبية متقدمة. وقد أثبتت التطبيقات العملية للذكاء الاصطناعي وجود أثر ملموس في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة من خلال تقليل معدلات الاستهلاك وتعزيز كفاءة مراكز البيانات وأنظمة الخدمات.

أما وفقًا لـ (Majeed, 2025)، فيلعب الذكاء الاصطناعي دورًا حيويًا في إدارة وتوزيع الطاقة المتجددة من خلال تطوير أنظمة قائمة على تقنيات متقدمة مثل تعلم الآلة، والشبكات العصبية، وخوارزميات الاستدلال. وتسهم هذه الأنظمة في تحسين كفاءة إدارة الطاقة من خلال التنبؤ بمعدلات إنتاج الطاقة المتجددة، وتنظيم تدفقها في الشبكات الكهربائية، وتحديد فترات الذروة، وتعزيز عمليات التوزيع والتخزين، بما يقلل الفاقد ويعزز استقرار الشبكات. بالاضافة إلى ذلك، يدعم الذكاء الاصطناعي قدرة الشبكات الذكية على التكيف مع التغيرات المفاجئة في الإنتاج والاستهلاك، محققًا توازنًا أدق بين العرض والطلب، ومُحسنًا الكفاءة التشغيلية بصورة مستدامة.

ومن وجهة نظر (Manuel et. all, 2024)، يؤدي الذكاء الاصطناعي دورًا أساسيًا في تطوير قطاع الطاقة المتجددة، بفضل تأثيره الكبير في تحسين الكفاءة التشغيلية وتعزيز أداء أنظمة الطاقة، مما يسهم في الانتقال نحو ممارسات أكثر استدامة. وتُعد الصيانة التنبؤية من أبرز التطبيقات التقنية في هذا المجال، إذ تعتمد على خوارزميات تعلم الآلة لتحليل بيانات المعدات وتحديد المؤشرات المبكرة للأعطال المحتملة. ويساعد هذا النهج على إتاحة التدخل الوقائي في الوقت المناسب، مما يؤدي إلى تقليل فترات التوقف غير المخطط لها، وخفض تكاليف الصيانة، وزيادة الموثوقية التشغيلية لأنظمة الطاقة المتجددة.

وفي السياق نفسه، أكد (Nelson et., all, 2025) أن التطبيقات العالمية للذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة المتجددة أثبتت فعاليتها في تحسين التنبؤ بإنتاج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، بما يسمح بدمج أفضل لهذه المصادر في الأسواق والشبكات الكهربائية. كما يؤدي الذكاء الاصطناعي دورًا أساسيًا في الإدارة الديناميكية للأحمال الكهربائية من خلال المراقبة الفورية للعرض والطلب، واتخاذ قرارات ذاتية لتوزيع الطاقة وتقليل الانقطاعات. بالإضافة إلى ذلك، تُعد الصيانة التنبؤية من أهم مزايا الذكاء الاصطناعي، إذ تتيح الكشف المبكر عن الأعطال المحتملة استنادًا إلى تحليل بيانات أجهزة الاستشعار، مما يقلل التكاليف التشغيلية ويعزز موثوقية أنظمة الطاقة المتجددة.

وفي السياق العراقي، أشار (Khaleel, 2025) إلى أن الذكاء الاصطناعي يُعد أداة واعدة لمعالجة التحديات المتعلقة بالمياه، إذ يسهم في تحسين إدارة الموارد المائية، وتطوير أنظمة الري، والتنبؤ بموجات الجفاف، ومراقبة التسربات في شبكات التوزيع. وتعتمد هذه الحلول على تقنيات مثل تعلم الآلة، والتحليلات التنبؤية، والاستشعار عن بعد، مما يمكّن العراق من استخدام موارده المائية بكفاءة أكبر والحد من الهدر.

كما أكد (Aldarraji, et., all, 2024)، على الأهمية الكبيرة للذكاء الاصطناعي في تحسين القدرة على التنبؤ بالطلب والعرض من الطاقة في العراق، بما يسهم في تحقيق إدارة كهرباء أكثر كفاءة ومعالجة التحديات الناتجة عن النمو السكاني والتطور التكنولوجي. ولا سيما أن الدراسات الحديثة في هذا المجال تعتمد على نماذج تنبؤية متقدمة لتقديم توقعات دقيقة بشأن مستويات الطلب والعرض لفترات زمنية محددة. وقد أكدت النتائج أهمية التنبؤ الدقيق لضمان أمن الطاقة، وتحسين تخصيص الموارد، ودعم عمليات اتخاذ القرار، وصياغة السياسات المتعلقة بالطاقة.

وفي دراسة لـ (Majnoon & Saifoddin, 2025)، تم التأكيد على أن الذكاء الاصطناعي يمتلك قدرة ملحوظة على تحسين إدارة استهلاك الطاقة في المناطق الحضرية، إذ تمكن من التنبؤ الدقيق بالطلب على الطاقة وأسهم في دعم عملية اتخاذ القرار لتحقيق كفاءة أعلى واستدامة أكثر تقدمًا. وقد جرى اختبار هذه المنهجية عمليًا في مدينة طهران، حيث أظهرت النتائج إمكانات الذكاء الاصطناعي في تعزيز التخطيط الحضري للطاقة وتحسين استدامة أنظمة الطاقة.

2. الفجوة البحثية

على الرغم من الزيادة المستمرة في الأبحاث المتعلقة بدور الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة على المستوى العالمي، كشفت مراجعة الأدبيات السابقة عن وجود فجوات بحثية مهمة، سواء من حيث الموضوع أو الموقع الجغرافي، فيما يخص دولة العراق. **وتتمثل هذه الفجوات في النقاط التالية:**

- ندرة الدراسات التطبيقية في البيئات الانتقالية، مثل الحالة العراقية، حيث ركزت معظم الأبحاث السابقة على الدول المتقدمة ذات البنية التحتية الرقمية المتكاملة. ومع ذلك، تفتقر الأبحاث إلى دراسات معمقة تستكشف كيفية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئة تعاني من اقتصاد ريعي إلى جانب تعقيدات فنية ومؤسسية كتلك الموجودة في العراق، ولا سيما مع الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري.
- نقص الدراسات التي تربط بين الاستراتيجيات الوطنية العراقية، مثل "الاستراتيجية الوطنية للذكاء الاصطناعي 2024"، والاحتياجات الفعلية لقطاع الطاقة. وهناك حاجة ملحّة لتحليل مدى توافق هذه الاستراتيجية مع متطلبات الطاقة المتجددة، وكيفية تحويل المبادئ الاستراتيجية إلى آليات تشغيلية تعالج تحديات انقطاع الكهرباء وعدم استقرار الإمدادات.
- غياب النماذج المتكاملة بين الصيانة التنبؤية وإدارة الموارد المائية. فعلى الرغم من التركيز الواضح لبعض الدراسات العراقية على المياه وأخرى على التنبؤ بالطلب على الطاقة، إلا أن هناك نقصًا في الأبحاث التي تقدم نموذجًا شاملًا يجمع بين الصيانة التنبؤية لأنظمة الطاقة المتجددة وإدارة الشبكات الذكية في مواجهة التحديات البيئية والمناخية القاسية مثل العواصف الترابية والجفاف، وهي ظروف تميّز البيئة العراقية بشكل خاص.

وبناءً على هذه الفجوات، تهدف هذه الدراسة إلى معالجة هذا القصور من خلال تقديم رؤية تحليلية تجمع بين القدرات التقنية للذكاء الاصطناعي ومتطلبات الواقع العراقي. وعليه، تقدم الدراسة خارطة طريق تدعم عملية التحول في قطاع الطاقة نحو نموذج مستدام وفعّال.

3. المنهجية المستخدمة

1-4 أهمية الذكاء الاصطناعي في نظام الطاقة العراقي

يتمتع العراق بظروف مواتية لتطوير مصادر الطاقة المتجددة بشكل عام، مع تركيز خاص على الطاقة الشمسية. ففي العديد من المناطق، ولا سيما في الجنوب الغربي، يصل متوسط الإشعاع الشمسي العالمي إلى نحو 5.8–5.9 كيلوواط/م² يوميًا. كما تُعد الطاقة الكهروضوئية أهم مصدر للطاقة المتجددة في البلاد، حيث تسهم بنحو 92% من إجمالي إنتاج الكهرباء المتجددة. ويعتمد العراق بشكل كبير على نهري دجلة والفرات، اللذين يوفران الحصة الأكبر من احتياجاته المائية (Advanced Energy Technologies, 2024).

كما تشير بيانات المناخ، وفقًا لـ (Advanced Energy Technologies, 2024)، إلى أن العراق يمتلك فرصًا واعدة لتوليد طاقة الرياح، حيث يُظهر متوسط سرعة الرياح اليومية على ارتفاع 10 أمتار فوق سطح الأرض خلال فترة عشر سنوات معدلات مناسبة للتشغيل الكفء لتوربينات الرياح. وتُعد هذه السرعات عاملًا حاسمًا في تقييم الجدوى الفنية لمشروعات طاقة الرياح، إذ يرتبط ارتفاع واستقرار سرعة الرياح بزيادة القدرة الإنتاجية للطاقة الكهربائية المولدة.

ومن خلال الاستفادة من هذه الإمكانات، يمكن للعراق توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير المشروعات في المناطق التي تتمتع برياح قوية ومستقرة، بما يسهم في تعزيز استخدام الطاقة المتجددة، وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية، ودعم تحقيق أهداف الاستدامة والطاقة النظيفة على المدى الطويل.

ووفقًا لوكالة الطاقة الدولية (Iea, 2025)، يسعى العراق على المديين المتوسط والطويل إلى تعزيز قدرات توليد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ودمجها مع الشبكة الكهربائية، إلى جانب دراسة فرص تطوير مشروعات الطاقة الكهروضوئية. وتتوقع وكالة الطاقة الدولية أن تصل القدرة المركبة للطاقة المتجددة في العراق إلى أكثر من 2 غيغاواط بحلول عام 2030، بما يمثل نحو 4–5% من إجمالي قدرة النظام.

ويوضح الشكل (1) تطور نسبة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، والتي تشمل الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الكهروضوئية، والطاقة الحرارية الأرضية، إضافة إلى الكتلة الحيوية الحديثة، وذلك بدءًا من تسعينيات القرن الماضي وحتى عام 2022. ويعكس الشكل أن هذه النسبة حافظت في السنوات التي سبقت عام 2011 على معدلات منخفضة نسبيًا، مع نمو طفيف يعكس محدودية الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة ضمن مزيج الطاقة. إلا أنه بدءًا من عام 2011، شهد هذا الاتجاه تحولًا ملحوظًا، حيث ارتفعت حصة الطاقة المتجددة بوتيرة أسرع، لتنتقل من أقل من 10% إلى أكثر من 13% بحلول عام 2022.

ويعكس هذا التطور تنامي الجهود نحو التحول في مجال الطاقة، والاهتمام المتزايد بتوسيع استخدام مصادر الطاقة النظيفة، استجابةً للضغوط البيئية والاقتصادية، إلى جانب اعتماد سياسات داعمة للطاقة المتجددة. ومع ذلك، وعلى الرغم من أهمية هذا التحسن، لا تزال مساهمة الطاقة المتجددة الحديثة دون المستوى الذي يمكن أن يُحدث تحولًا جذريًا في هيكل الطاقة العالمي. ويؤكد ذلك الحاجة إلى توظيف التقنيات والأدوات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي لتعزيز كفاءة دمج الطاقة المتجددة وتسريع الانتقال نحو نظام طاقة مستدام.

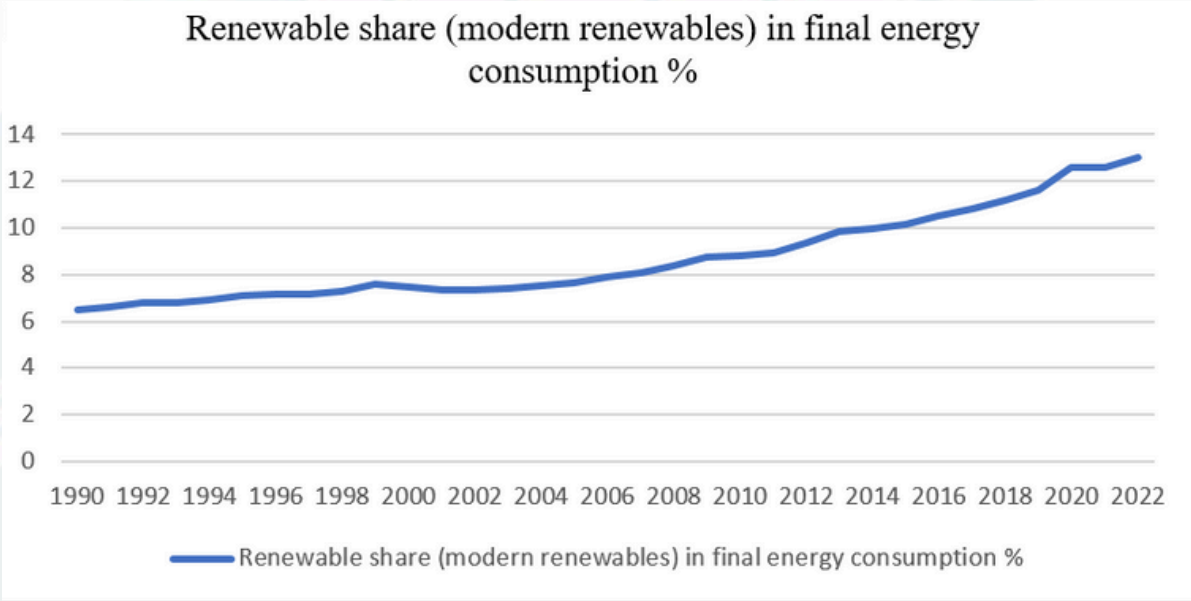

Fig. 1. Share of Modern Renewables in final energy Consumption (%) 1990 – 2022. Source: Prepared by the researchers based on International Energy Agency (Iea) Energy Statistics data. https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=IRAQ&fuel=Renewables%20and%20waste&indicator=SDG72modern

ولغرض الإيضاح، يوضح الشكل (2) تطور حصة الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة في العراق خلال الفترة من 1990 إلى 2022، وهو منظور أوسع وأكثر شمولًا لقياس التقدم الوطني في زيادة حصة الطاقة النظيفة. ولا يقتصر هذا المؤشر على الطاقة المتجددة الحديثة فقط، بل يربط الأداء الوطني بالمعايير الدولية، مما يتيح تقييمًا أكثر دقة لمستوى التقدم. ويُعد هذا التحليل مفيدًا بشكل خاص في إبراز أهمية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة العراقي، حيث يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتعزيز إدارة الموارد، وتحسين كفاءة إنتاج الطاقة المتجددة، ودعم اتخاذ القرارات الاستراتيجية، بما يسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة وتعظيم أثر التحول في مجال الطاقة.

يوضح الشكل (2) تطور حصة الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة في العراق خلال الفترة الممتدة بين عامي 1990 و2022. وقد سجلت هذه الحصة نسبًا منخفضة قبل عام 2005، تراوحت بين 0.3% و1%. وفي عامي 2005 و2006، لوحظت قفزة مفاجئة إلى نحو 2.5%، إلا أنها تراجعت سريعًا بشكل تدريجي واستقرت عند

مستوى يقل عن 1% بعد عام 2015، وهو ما يعكس محدودية الانتشار المستدام للطاقة المتجددة.

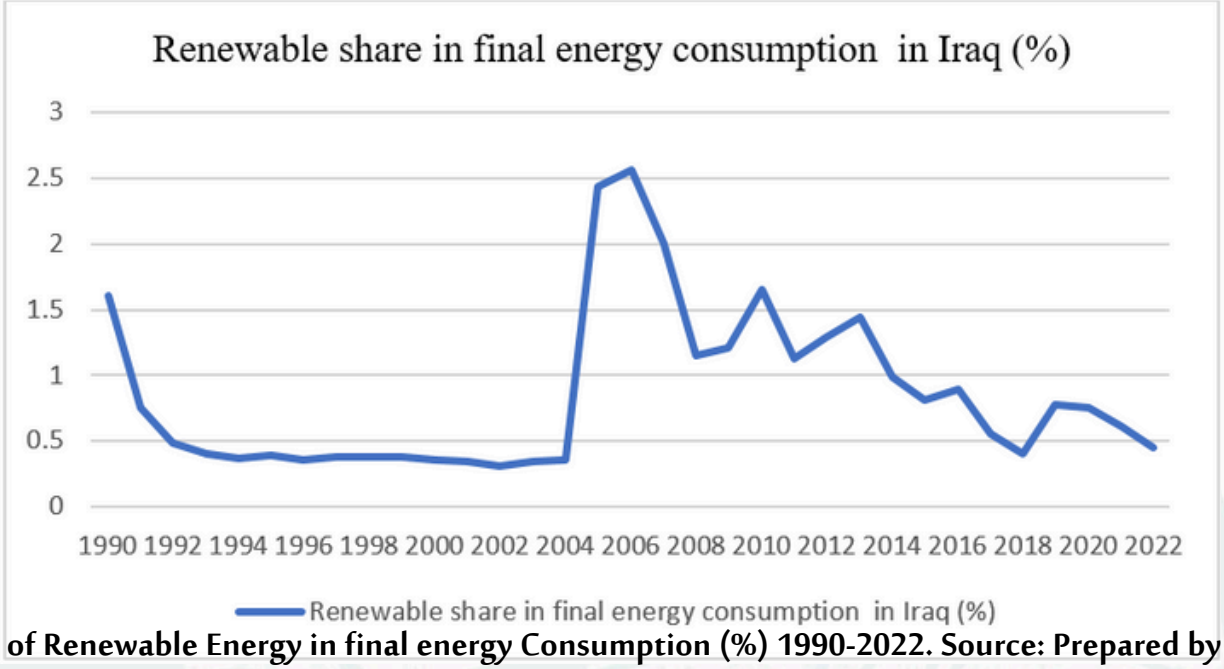

Fig. 2. Share of Renewable Energy in final energy Consumption (%) 1990-2022. Source: Prepared by the researchers based on International Energy Agency (Iea) Energy Statistics data. https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=IRAQ&fuel=Renewables%20and%20waste&indicator=SDG72

كما يوضح الشكل (3) توزيع استهلاك الطاقة في العراق حسب المصدر كنسبة من إجمالي الطاقة الأولية خلال الفترة الممتدة بين عامي 2000 و2024. ولا يزال النفط يمثل المصدر الرئيسي للطاقة، إذ تتراوح حصته بين 70% و90%، مع تسجيل تراجع طفيف في حصته بعد عام 2015. وفي المقابل، شهد الغاز الطبيعي نموًا ملحوظًا، حيث ارتفعت حصته من نحو 10% إلى قرابة 30% بحلول عام 2020، وهو ما يعكس توجهًا نحو تنويع مصادر الطاقة. وعلى النقيض من ذلك، تظل مساهمة الطاقة المتجددة والطاقة الكهرومائية محدودة للغاية، إذ لا تتجاوز عادةً 5%، في حين يكاد يغيب الفحم والطاقة النووية تمامًا عن مزيج الطاقة الوطني.

وبناءً على ذلك، تشير هذه المؤشرات إلى أهمية مضاعفة الجهود لتعزيز دمج الطاقة المتجددة في النظام الوطني. ويتطلب ذلك توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين إدارة الشبكات الكهربائية، والتنبؤ بالإنتاج والطلب، وزيادة كفاءة دمج المصادر المتجددة، بما يحقق تحولًا مستدامًا في قطاع الطاقة في العراق.

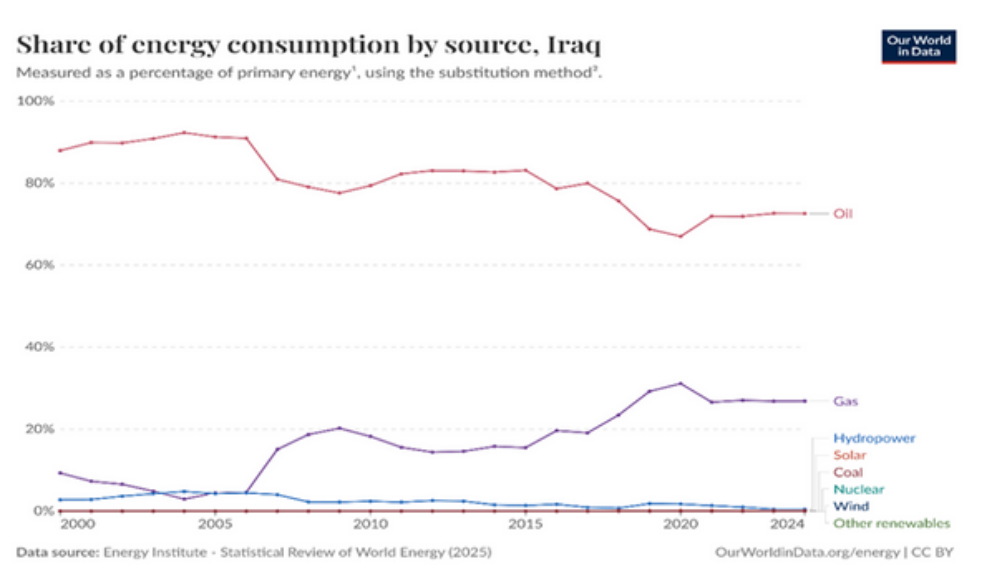

Fig. 3. Energy Consumption Structure in Iraq 2000 – 2024. Source: Our World in data. https://ourworldindata.org/grapher/share-energy-source-sub?time=2000..latest&country=~IRQ

ويوضح الشكل (4) التطورات الأساسية في هيكل إنتاج الكهرباء في العراق خلال الفترة من 2000 إلى 2024، حيث لا يزال الاعتماد قائمًا بشكل شبه كامل على الوقود الأحفوري، مع وجود تغير واضح في أدوار النفط والغاز. فقد ارتفعت حصة الغاز الطبيعي من أقل من 20% في عام 2000 إلى نحو 60% بحلول عام 2024، في حين انخفضت حصة النفط من أكثر من 80% في عام 2004 إلى حوالي 40%، بينما ظلت مساهمة الطاقة الكهرومائية محدودة إلى حد كبير.

ويبرز هذا الاعتماد الكبير على مصادر الطاقة التقليدية، إلى جانب تقلب نسب الإنتاج بين النفط والغاز، الحاجة الملحّة إلى تقنيات مبتكرة مثل الذكاء الاصطناعي، الذي يمكنه تحسين إدارة الموارد وتوزيع الكهرباء بكفاءة أعلى، والتنبؤ بأحمال الشبكات، وتعظيم الاستفادة من المصادر المتجددة المحدودة. كما يمكن للذكاء الاصطناعي دعم التحول في قطاع الطاقة في العراق من خلال الصيانة الوقائية لمحطات توليد الكهرباء، وتحسين الأداء التشغيلي للشبكات الكهربائية، وتقليل الفواقد، بما يعزز الاستقرار ويهيئ بيئة أكثر ملاءمة للتوسع في استخدام الطاقة المتجددة على المدى الطويل.

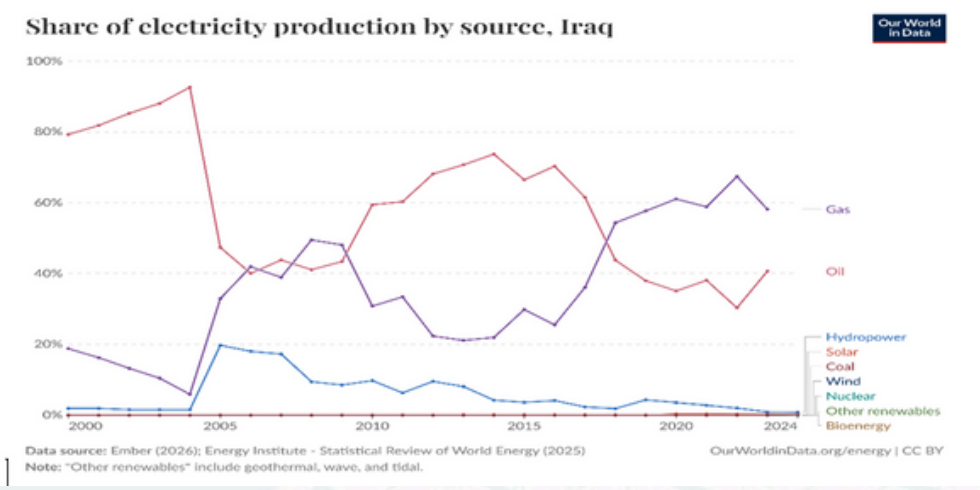

Fig. 4. electricity production structure in Iraq 2000 – 2024. Source: Our World in data. https://ourworldindata.org/grapher/share-elec-by-source?time=2000..latest&country=~IRQ

ولفهم دور الذكاء الاصطناعي في تحسين أنظمة الطاقة المتجددة، تناول (Gbadamosi, et., all, 2025) ثلاث نظريات أساسية، وهي: نظرية النظم (Systems Theory)، ونظرية التحسين (Optimization Theory)، ونظرية الحتمية التكنولوجية (Technological Determinism Theory). وتقدم كل نظرية منظورًا مختلفًا لكيفية توظيف الذكاء الاصطناعي لتعزيز الكفاءة ودعم الاستدامة.

- **نظرية النظم (Systems Theory):** تركز على التفاعل بين المكونات المختلفة للنظام، حيث تعمل عناصر أنظمة الطاقة المتجددة مثل الشبكات الذكية، وتوربينات الرياح، والألواح الشمسية بطريقة متكاملة لضمان الاستقرار والكفاءة التشغيلية. وهنا يؤدي الذكاء الاصطناعي دور العنصر الذكي المسؤول عن معالجة البيانات بشكل فوري للتنبؤ بالتقلبات في الإنتاج، وتحسين توزيع الطاقة، وزيادة مرونة الشبكات.
- **نظرية التحسين (Optimization Theory):** تسعى إلى تحديد أفضل الحلول التشغيلية مع الأخذ في الاعتبار القيود القائمة. ومن خلال الذكاء الاصطناعي، تُظهر التطبيقات الحديثة كفاءتها في تحسين إدارة الشبكات الذكية، وتطوير أنظمة تخزين الطاقة، وتوجيه العمليات التشغيلية لمحطات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. ويؤدي ذلك بدوره إلى تعزيز الأداء التشغيلي، وتقليل الفواقد، وتحسين توزيع الموارد.
- **نظرية الحتمية التكنولوجية (Technological Determinism Theory) :** وتنظر إلى التطورات التكنولوجية بوصفها العامل الأساسي في إعادة تشكيل المجتمعات والاقتصادات. وفي قطاع الطاقة، يبرز الذكاء الاصطناعي كقوة قادرة على تغيير أساليب إدارة الموارد من خلال التنبؤ بالإنتاج، وأتمتة الشبكات الذكية، وتطبيق الصيانة التنبؤية. ويسهم كل ذلك في اتخاذ قرارات أكثر وعيًا، ويساعد على الانتقال نحو أنظمة طاقة أكثر استدامة ومرونة.

2-4 آليات دمج وتطبيق الذكاء الاصطناعي في عمليات التشغيل والصيانة للطاقة المتجددة في العراق

على الرغم من التحديات السياسية والجيوسياسية، بالإضافة إلى العقبات التشريعية والمؤسسية التي تعيق تطوير قطاع الطاقة في العراق، ومع محدودية البنية التحتية الفنية وضعف كفاءة الشبكات، يمتلك العراق فرصًا واعدة وغير مستغلة في مجال الطاقة المتجددة، وبشكل خاص في موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. ولا يكمن التحدي في وفرة الموارد الطبيعية فحسب، بل في كيفية إدارتها وتشغيلها بفعالية ضمن بيئة مؤسسية وفنية معقدة.

وهنا يبرز الذكاء الاصطناعي كأداة رئيسية قادرة على تجاوز العديد من القيود الهيكلية من خلال تحسين الكفاءة التشغيلية لأنظمة الطاقة، وتعزيز موثوقية الشبكات، وتقليل الفواقد، ودعم اتخاذ القرار القائم على البيانات. ويتجلى إسهام الذكاء الاصطناعي في دفع عملية التحول نحو الطاقة المتجددة في العراق من خلال دوره في تحسين أداء أنظمة الطاقة المتجددة، وإدارة الشبكات الذكية بكفاءة، وتطبيق الصيانة التنبؤية، وزيادة كفاءة تخزين الطاقة، وتعزيز الاستخدام الأمثل للطاقة.

- **كفاءة التشغيل المدفوعة بالذكاء الاصطناعي لأنظمة الطاقة المتجددة**

تلعب البيانات الضخمة دورًا حيويًا في إدارة الطاقة من خلال جمع ومعالجة وتحليل كميات هائلة من المعلومات لاستخراج أنماط واضحة ورؤى تشغيلية. وتستمد هذه البيانات في الأساس من أجهزة الاستشعار، والعدادات الذكية، وغيرها من المصادر، وتخضع لعمليات تنقية وتعديل تهدف إلى تعزيز دقتها وموثوقيتها، مثل إزالة القيم الشاذة ومعالجة القيم المفقودة. وفي هذا السياق، يمثل إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي محورًا أساسيًا من خلال تمكين أدوات المراقبة والتحكم في الوقت الفعلي وربط الأجهزة ببعضها البعض، مما يساهم في تحسين استقرار الشبكة وكفاءة الموارد. وتتيح هذه التكاملات بين البيانات الضخمة وإنترنت الأشياء للذكاء الاصطناعي أن يلعب دورًا نشطًا في تحسين تشغيل أنظمة الطاقة المتجددة، من خلال التنبؤ بتغيرات الإنتاج والطلب، ودعم القرارات التشغيلية، إلى جانب تطوير حلول مبتكرة لتعزيز الكفاءة وتقليل الانبعاثات. وتساهم هذه الجهود المشتركة في تحقيق استدامة الشبكات الذكية ودعم التحول نحو طاقة نظيفة ومستدامة (Ejiyi, et., 2025).

ووفقًا ل (Gbadamosi, et., all, 2025)، تعمل أنظمة الطاقة المتجددة، مثل المزارع الشمسية، ومزارع الرياح، ومحطات الطاقة الكهرومائية، كجزء من شبكة مترابطة تتطلب تنسيقًا عاليًا للحفاظ على التوازن وتحقيق الأداء الأمثل. وفي هذا السياق، يبرز دور الذكاء الاصطناعي كعنصر أساسي، يعتمد على تقنيات التحكم الذكية لمعالجة البيانات الفورية والتاريخية بهدف التنبؤ بتقلبات الإنتاج، وتحسين توزيع الطاقة، وتعزيز كفاءة التخزين، وتقليل الهدر، ودعم استقرار الشبكة. بالإضافة إلى ذلك، يساعد الذكاء الاصطناعي في إدارة الأحمال بشكل أكثر كفاءة، وتحليل أنماط الاستهلاك، وتطبيق الصيانة التنبؤية لضمان التشغيل الأمثل للشبكات الذكية. ومن خلال قدراته في المراقبة المستمرة واتخاذ القرار القائم على البيانات، يسهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز قدرة الأنظمة على التكيف مع التغيرات المناخية والظروف غير المتوقعة، مما يجعله الحل الأساسي لتحقيق

الاستدامة على المدى الطويل وزيادة الكفاءة التشغيلية لأنظمة الطاقة المتجددة.

كما يدعم الذكاء الاصطناعي تحسين الكفاءة التشغيلية لأنظمة الطاقة المتجددة، من خلال قدرته على التنبؤ بدقة بتقلبات الإنتاج الناجمة عن الطبيعة المتغيرة لمصادر الطاقة مثل الشمس والرياح. ويساعد هذا التنبؤ في تقليل الهدر وضمان توازن فوري بين العرض والطلب، مما يمكّن من استخدام الطاقة المنتجة بأعلى كفاءة. كما يعتمد الذكاء الاصطناعي على نماذج هجينة تجمع بين تقنيات متعددة، مثل الشبكات العصبية والخوارزميات الجينية، التي تعزز أداء النظام وتقلل بشكل كبير من الأخطاء في إدارة الأحمال. بالإضافة إلى ذلك، يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الشبكات الذكية الحضرية من خلال توجيه الطاقة المتجددة إلى المناطق التي تحتاجها أكثر في الوقت المناسب، ومنع حالات التحميل الزائد على الشبكة. كما يلعب دورًا في تحسين دورات شحن وتفريغ البطاريات المتصلة بأنظمة الطاقة المتجددة لضمان توفر الطاقة عند غياب المصدر الرئيسي، سواء أثناء الليل أو فترات انخفاض إنتاج الرياح. وعلاوة على ذلك، يشمل دوره تقليل التكاليف التشغيلية وتعزيز الاستدامة من خلال الصيانة التنبؤية التي تكشف عن الأعطال المحتملة مبكرًا، مما يسمح بمعالجتها قبل أن تتسبب في توقف النظام (Majnoon & Saifoddin, 2025).

وبالتالي، يتيح الذكاء الاصطناعي لأنظمة الطاقة المتجددة العمل بشكل أكثر فعالية، مما يعزز استقرار الشبكة ويُحسّن استغلال الموارد. كما يساعد في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية، ودعم الاستدامة، وزيادة كفاءة وموثوقية أنظمة الطاقة، سواء في البيئات الحضرية أو الصناعية.

أيضا، يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة داخل المباني والمدن، من خلال الأنظمة والأجهزة الذكية التي تتميز بقدرتها على قياس وتوقع والتحكم في أنظمة التدفئة والتبريد بناءً على الاحتياجات الفعلية. وفي مجال الطاقة المتجددة، يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات البيئية ومراقبة أداء المكونات مثل مزارع الرياح ومحطات الطاقة الشمسية، بهدف تحسين الإنتاجية وتعزيز كفاءة العمليات التشغيلية. وعلى نطاق أوسع، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا مهمًا في إدارة الطلب على الطاقة في المدن من خلال دمج البيانات المستخرجة من العدادات الذكية وأجهزة إنترنت الأشياء، وإنشاء أنظمة معلومات في الوقت الفعلي تدعم الاستخدام الأفضل للموارد مثل الطاقة والمياه، مما يساعد على تعزيز استدامة البنية التحتية (Waheeb, 2023).

بالاضافة إلى ذلك، يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين سلامة وفعالية شبكات الطاقة، إذ يراقب العمليات المتعلقة بالتوليد والنقل والاستهلاك في الوقت الفعلي، مع تقديم حلول استباقية تهدف إلى تقليل الأعطال والانقطاعات. كما تُستثمر قدرات الذكاء الاصطناعي في تحسين جدولة الصيانة وإدارة تخزين الطاقة بكفاءة أكبر. وفي سياق الابتكار الصناعي، يساعد تعلم الآلة في تصميم مواد وأنظمة أكثر فعالية لإنتاج وتخزين الطاقة، مما يعزز قدرة القطاع على مواجهة التحديات البيئية والاقتصادية وتحقيق أهداف الاستدامة على المدى الطويل. فعلى سبيل المثال، تلعب تقنيات الذكاء الاصطناعي دورًا مهمًا في تحسين أداء البطاريات المستخدمة في أنظمة Powerpack وPowerwall، مما يساعد الأسر والشركات على زيادة معدل الاستهلاك الذاتي للطاقة

الشمسية وتقليل اعتمادهم على الشبكة الكهربائية. بالإضافة إلى ذلك، تسهم النماذج التنبؤية القائمة على الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة مزارع الرياح والطاقة الشمسية من خلال تحديد الاتجاهات المثلى لتوجيه التوربينات والألواح، وبالتالي تعزيز إنتاج الطاقة في ظل التغيرات البيئية. وتُظهر الدراسات أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يزيد إنتاجية الطاقة الشمسية بنحو 25% من خلال ضبط زوايا الألواح بناءً على بيانات الإشعاع الشمسي في الوقت الفعلي (Gbadamosi, et., all, 2025).

- **الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة في أنظمة الطاقة المتجددة**

ويقصد بتحسين كفاءة الطاقة، بأنها عملية تتضمن سلسلة من التدابير تهدف إلى تعظيم الاستفادة الممكنة من الموارد المتاحة. ويتم ذلك من خلال مواءمة إنتاج الطاقة مع أنماط الطلب المتغيرة، إلى جانب التكيف مع التحديات البيئية غير المستقرة وضمان استقرار وجودة الطاقة المنتجة. وتحمل هذه العمليات أهمية خاصة في مجال الطاقة المتجددة، الذي يعتمد بشكل كبير على العوامل المناخية المتقلبة، مما يجعل تحسين الكفاءة ضرورة ملحة لتعزيز الجدوى الاقتصادية وتقليل فقدان الطاقة (Onwusinkwue, et., all, 2024).

ولا تقتصر فوائد تحسين كفاءة الطاقة على تعزيز الأداء الفني لأنظمة الطاقة المتجددة فحسب، بل تمتد أيضًا إلى تعزيز استقرار شبكات الكهرباء وتسهيل دمج هذه المصادر ضمن البنى التحتية القائمة، إلى جانب تقليل تكاليف التشغيل وزيادة تنافسية مشاريع الطاقة النظيفة. وبالنظر إلى الطبيعة المتقطعة لمصادر الطاقة المتجددة والتحديات التي تفرضها فيما يتعلق بمطابقة العرض مع الطلب، يصبح تحسين الكفاءة شرطًا أساسيًا لضمان موثوقية وفاعلية هذه الأنظمة.

وفي هذا السياق، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا محوريًا من خلال تحليل البيانات الضخمة، والمراقبة في الوقت الفعلي، والتنبؤ بأنماط الإنتاج والاستهلاك، مما يتيح إدارة طاقة ذكية تقلل الفاقد، وتحد من الانبعاثات الكربونية، وتدعم التحول نحو أنظمة

طاقة أكثر استدامة وكفاءة. وفي السياق ذاته، يوضح الجدول (1) أهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في أنظمة الطاقة المتجددة.

الجدول (1): تقنيات الذكاء الاصطناعي الرئيسية في أنظمة الطاقة المتجددة

التقنية	الكلمات المفتاحية	الهدف الرئيسي
تعلم الآلة (Machine Learning - ML)	التنبؤ، البيانات، الجدولة	تحسين توليد الطاقة وتوزيعها، وتقليل عدم التوازن بين العرض والطلب
التعلم العميق (Deep Learning - DL)	الشبكات العصبية، البيانات الضخمة، الوقت الحقيقي	التنبؤ بالطلب، اكتشاف الأعطال، وإدارة الشبكات الذكية
التعلم التعزيزي (Reinforcement Learning - RL)	التكيف، المكافآت، اتخاذ القرار	تحسين تخزين البطاريات، وتدفق الطاقة، والكفاءة الاقتصادية
المنطق الضبابي (Fuzzy Logic)	عدم اليقين، التحكم التكيفي، المعلمات التشغيلية	التعامل مع الموارد الطبيعية المتغيرة وتعظيم إنتاج الطاقة
الشبكات التوليدية الخصمية (Generative Adversarial Networks - GANs)	توليد البيانات، التنبؤ، اكتشاف الشذوذ	تعويض نقص البيانات، تحسين دقة التنبؤ، ودعم تخطيط الشبكة
الاستخدام التكاملي لتقنيات الذكاء الاصطناعي	التكامل (أكثر من تقنية مثل ML مع RL أو المنطق الضبابي مع DL)، المرونة، التحسين في الوقت الحقيقي	تقديم حلول شاملة للتقلبات، وتحسين موثوقية وكفاءة أنظمة الطاقة

Source: Ejiyi, et., all, 2025

وبناءً على ذلك، يدعم الذكاء الاصطناعي تحسين عمليات التنبؤ والتحكم والإدارة التشغيلية لأنظمة الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وتخزين الطاقة. وقد ساهم هذا التطور في تعزيز موثوقية الشبكة وتمكين التكامل الفعال للمصادر المتقطعة. ومن خلال استخدام تقنيات مثل تعلم الآلة والتعلم العميق والمنطق الضبابي والتعلم التعزيزي، أصبح من الممكن تحليل البيانات التاريخية واللحظية للتنبؤ بإنتاج الطاقة والطلب، وتحسين التوزيع، وزيادة كفاءة التخزين، وتقليل الفواقد، وتقليل احتمال حدوث الانقطاعات. كما تدعم هذه التقنيات الشبكات الذكية بفاعلية من خلال تمكين المراقبة في الوقت الحقيقي، واكتشاف الأعطال مبكرًا

والاستجابة التلقائية للانحرافات التشغيلية، مما يعزز استقرار الشبكة ومرونتها. بالإضافة إلى ذلك، تعمل النماذج المتقدمة مثل الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير، وشبكات الأعصاب الرسومية، والشبكات العصبية الموجهة بالفيزياء على تحسين الشفافية ودقة التنبؤ. وتلعب المراجعات المنهجية دورًا حيويًا في توطيد المعرفة وتحديد فجوات البحث، مما يساهم بدوره في تشجيع الابتكار ودعم تطوير أنظمة طاقة متجددة أكثر استدامة وكفاءة لتلبية الاحتياجات المستقبلية (Razak, et., all, 2025).

وفي إطار الشبكات الذكية، تُستخدم خوارزميات تعلم الآلة والتعلم التعزيزي لتحليل أنماط استهلاك الطاقة، والتنبؤ بفترات ذروة الطلب، وتوزيع الطاقة تلقائيًا وفي الوقت الحقيقي. ويعزز ذلك لامركزية إنتاج الطاقة ويحسن كفاءتها بشكل كبير. بالإضافة إلى ذلك، يمكّن الذكاء الاصطناعي صانعي السياسات من الحصول على رؤى دقيقة حول اتجاهات الاستهلاك، والانبعاثات الكربونية، وإمكانات الطاقة المتجددة، مما يدعم عمليات التخطيط الاستراتيجي ويعزز الاستثمارات في الطاقة المستدامة. فعلى سبيل المثال، اعتمد الاتحاد الأوروبي نماذج تنبؤية قائمة على تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين نشر الطاقة المتجددة، مما أدى إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتسريع التحول نحو اقتصاد منخفض الكربون (Gbadamosi, et., all, 2025).

- **استخدام الذكاء الاصطناعي فى الصيانة التنبؤية في الطاقة المتجددة**

تُعد تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التعلم العميق، والشبكات العصبية، والتحليلات التنبؤية، ركائز أساسية في تعزيز كفاءة وموثوقية أنظمة الطاقة المتجددة، إذ تسهم في تحسين استخدام الطاقة وتطبيق الصيانة التنبؤية بفاعلية. يمكّن التعلم العميق من تحليل البيانات المعقدة والمستمرة للكشف المبكر عن الأعطال المحتملة في توربينات الرياح والألواح الشمسية، على الرغم من أنه يتطلب موارد حاسوبية كبيرة وتعقيد تفسير عملياته الداخلية. أما الشبكات العصبية، فتتميز بقدرتها على فهم الأنماط المعقدة والتكيف مع المتغيرات، مما يجعلها أداة فعالة في التنبؤ بعمر المكونات الحرجة، وتعتمد كفاءتها على جودة وحجم البيانات المتاحة. وفي المقابل، توفر التحليلات التنبؤية رؤى واضحة ومفهومة بشأن الأعطال المستقبلية وتحسين جدولة الصيانة، على الرغم من مواجهتها تحديات في التعامل مع الأنظمة الديناميكية المعقدة للغاية. ويعتمد اختيار التكنولوجيا المثلى على طبيعة التطبيق وخصائص البيانات والمتطلبات التشغيلية. ومع ذلك، يعزز دمج هذه التقنيات إدارة الطاقة الذكية، ويقلل من فشل النظام، ويدعم كفاءة واستقرار حلول الطاقة المتجددة (Onwusinkwue, et., all, 2024).

في مجال الصيانة التنبؤية، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا أساسيًا، حيث تعتمد أنظمة مراقبة الحالة على تحليل بيانات أجهزة الاستشعار المستخدمة في توربينات الرياح والألواح الشمسية لتحديد الحالات غير الطبيعية والتنبؤ بالأعطال قبل حدوثها. ويسهم هذا النهج في تقليل فترات التوقف، وخفض تكاليف الصيانة، وتحسين الكفاءة العامة للأنظمة. ويعكس هذا الاتجاه المتسارع نحو استخدام الذكاء الاصطناعي أهمية الابتكارات التكنولوجية في إعادة تشكيل طرق إدارة وتشغيل أنظمة الطاقة، بما يتماشى مع مفاهيم الحتمية التكنولوجية

حيث تلعب التقنيات الحديثة دورًا محوريًا في إعادة تشكيل البنية التحتية في قطاع الطاقة (Gbadamosi, et. all,2025).

ويُعد التنبؤ باستهلاك الطاقة عنصرًا أساسيًا لشركات خدمات الطاقة، إذ يؤثر بشكل مباشر على قراراتها المتعلقة بتطوير البنية التحتية، وتوفير الإمدادات، وإدارة الأحمال، وتخطيط التكاليف. وتساعد التقديرات الدقيقة للاحتياجات المستقبلية على ضمان استعداد الشركة لمتطلبات السوق وتجنب نقص الطاقة للمستهلكين. ولتحسين عملية التنبؤ، يُقسّم عملية التنبؤ بالأحمال وفقًا لأفق الزمن إلى **أربع فئات رئيسية (Aldarraji, et., all, 2024):**

- **التنبؤ طويل الأجل بالأحمال (Long-Term Load Forecasting - LTLF):** يغطي فترات تمتد إلى أشهر أو سنوات، ويُستخدم في تقييم تسعير الطاقة وإدارة المخاطر.
- **التنبؤ متوسط الأجل بالأحمال (Medium-Term Load Forecasting - MTLF):** يشمل فترات تتراوح بين أيام إلى أشهر، ويساعد في تحليل التأثيرات الاقتصادية لأنظمة الطاقة.
- **التنبؤ قصير الأجل بالأحمال (Short-Term Load Forecasting - STLF):** يتعامل مع فترات تمتد من بضع دقائق إلى عدة أيام، ويقدم رؤى دقيقة حول أنماط سلوك المستهلكين.
- **التنبؤ قصير جدًا بالأحمال (Very Short-Term Load Forecasting - VSTLF):** يغطي إطارًا زمنيًا لا يتجاوز عادةً ثلاث ساعات، ويُستخدم لضمان السيطرة الفورية على استهلاك الطاقة.

وفي السنوات الأخيرة، أصبحت تقنيات تعلم الآلة والتعلم العميق أدوات شائعة لتحسين دقة التنبؤ بالطلب على الطاقة. وما يميز نماذج التعلم العميق هو قدرتها على معالجة كميات هائلة من البيانات المعقدة باستخدام طبقات مترابطة تُنتج تنبؤات دقيقة وموثوقة للغاية. في المقابل، تركز الشبكات العصبية التقليدية على التعامل مع البيانات الثابتة، بينما تأتي بيانات الشبكات الذكية غالبًا في شكل سلاسل زمنية تتأثر بأنماط متغيرة تعكس أحداثًا سابقة. لذلك، يُعتمد على الشبكات العصبية المتكررة (RNNs) لمعالجة هذه البيانات الديناميكية، التي تتميز بقدرتها على الاحتفاظ بالمعلومات اللازمة.

- **استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مصادر الطاقة المتجددة**

ساهمت التطورات التكنولوجية عبر التاريخ في تعزيز كفاءة الطاقة المتجددة وتقليل تكلفتها. ففي مجال الطاقة الشمسية، مثلت خلايا السيليكون البلوري في خمسينيات القرن الماضي نقلة نوعية أسست لقيام صناعة الطاقة الشمسية التجارية. ومع مرور السنوات، أدت التحسينات المستمرة في علوم المواد وعمليات التصنيع إلى زيادة كفاءة الخلايا الشمسية وخفض تكلفتها، مما جعل الطاقة الشمسية من أسرع مصادر الطاقة نموًا على مستوى العالم. أما في مجال تكنولوجيا طاقة الرياح، فقد شهدت تغيرات جذرية، حيث تختلف التوربينات الحديثة ذات المحور الأفقي اختلافًا كبيرًا عن نظيراتها التقليدية. وساهمت التحسينات في تصميم التوربينات والمواد المستخدمة في زيادة كفاءتها وإنتاج وحدات أكبر تولد طاقة أكبر، مما أدى إلى خفض تكاليف طاقة الرياح

وظهورها كمصدر رئيسي للطاقة. بالإضافة إلى ذلك، ساعدت الشبكات الذكية وأنظمة المراقبة المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة هذه الأنظمة ودمجها ضمن البنية التحتية للطاقة (Algburi, et., all, 2025).

ومع ذلك، لا تزال تقنيات الطاقة المتجددة تتطور باستمرار، مما يتطلب المزيد من البحث والابتكار لمواجهة التحديات الحالية واستكشاف الفرص الجديدة. ومن ثم، لعبت تقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة والتحول نحو الطاقة المتجددة دورًا محوريًا في تلبية الطلب العالمي على الطاقة بشكل مستدام ومسؤول.

1.إستخدام الذكاء الاصطناعى في عمليات تشغيل محطات توليد الطاقة الحديثة

يساهم الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في تعزيز كفاءة وموثوقية محطات الطاقة المتجددة من خلال توفير حلول فورية للمراقبة والتحكم مدعومة بالتحليل الآلي. تعتمد أنظمة الذكاء الاصطناعي على تحليل بيانات الحساسات لتقديم رؤى دقيقة تساعد في التنبؤ بالأعطال وضبط أداء الألواح الشمسية والتوربينات وفقًا للظروف البيئية ومستويات الطلب على الطاقة. ويساهم هذا النهج في زيادة الإنتاجية وتقليل الهدر. كما يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين التوزيع الديناميكي للطاقة بين المولدات وأنظمة التخزين، إلى جانب محاكاة سيناريوهات تشغيلية معقدة لدعم اتخاذ قرارات مستنيرة تعزز كفاءة إدارة الطاقة. ويعمل أيضًا على تعزيز معايير السلامة والموثوقية من خلال الكشف المبكر عن المخاطر، مما يدعم استمرار إنتاج الطاقة بشكل آمن وفعال (Manuel, et., all, 2024).

وباختصار، يساهم الذكاء الاصطناعي في تحويل إدارة الطاقة المتجددة إلى نظام ذكي ومتكامل قادر على التكيف مع التغيرات البيئية وتحسين الأداء العام مع خفض التكاليف. وبالتالي يصبح الذكاء الاصطناعي عنصرًا أساسيًا في تحقيق مستقبل مستدام في قطاع الطاقة.

كما يسهم الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في تعزيز استقرار ومرونة أنظمة إمداد الطاقة من خلال التنبؤ الديناميكي بالطلب وتحسين دمج مصادر الطاقة المتجددة. وتساعد هذه التقنيات على تحقيق توازن فعال مع التقلبات في الإنتاج الناتجة عن طاقة الرياح والطاقة الشمسية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن الاستفادة من طرق التعلم التعزيزي لتطوير التحكم الفوري في الشبكات الصغيرة (Microgrids)، مما يؤدي إلى زيادة الكفاءة التشغيلية وتحسين استخدام مصادر الطاقة المتجددة رغم تباين إنتاجها. ونتيجة لذلك، يعد الذكاء الاصطناعي قوة تحويلية في مجال أنظمة الطاقة المتجددة، إذ يتيح تحليل كميات ضخمة من البيانات المعقدة لتحسين دقة التنبؤ، وتنظيم تدفق الطاقة، وتفعيل استراتيجيات التحكم التكيفية. وتعتمد هذه الحلول على تقنيات مثل تعلم الآلة والتعلم العميق والمنطق الضبابي لمعالجة مختلف التحديات التشغيلية، بدءًا من التنبؤ بالإشعاع الشمسي وسرعات الرياح إلى تحقيق التوازن المطلوب في طلب الشبكة (Razak, et., all, 2025)..

2.إستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعى في الطاقة الشمسية

تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة إنتاج الطاقة الشمسية من خلال تحليل الأداء وفقًا للظروف الجوية والموقع الجغرافي ومستوى كفاءة الألواح الشمسية. كما تُستخدم أنظمة التعرف على الصور

والحساسات المدعومة بالذكاء الاصطناعي للكشف المبكر عن أي تلف أو تآكل يؤثر على الألواح، مما يساعد في تنفيذ صيانة وقائية فعّالة ويُطيل عمر المعدات. بالإضافة إلى ذلك، يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التنبؤ بمعدلات توليد الطاقة، وهو جانب حاسم للحفاظ على سلامة الشبكة الكهربائية وضمان التوازن الأمثل بين العرض والطلب (Shrimali & Shrimali, 2024).

وقد كشفت الدراسات الحديثة أن دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة الطاقة الشمسية يؤدي إلى تحسينات ملموسة في الأداء والكفاءة. فعلى سبيل المثال، تُستخدم خوارزميات الذكاء الاصطناعي في أنظمة تتبع الشمس الذكية لضبط زوايا الألواح ديناميكيًا وفقًا لموقع الشمس والظروف الجوية في الوقت الحقيقي، مما يزيد إنتاجية الطاقة بنسبة تصل إلى 20% مقارنة بالألواح ذات الزوايا الثابتة. كما مكّنت تقنيات الصيانة التنبؤية من تحليل بيانات الحساسات للكشف المبكر عن المشكلات المحتملة مثل الانخفاض المفاجئ في الإنتاج أو ارتفاع درجات الحرارة، مما ساهم في خفض فترات التوقف بنسبة 25% وزيادة الإنتاج السنوي للطاقة بنسبة 7%. وفيما يتعلق بتخزين الطاقة، أظهرت الأنظمة الهجينة المدعومة بالذكاء الاصطناعي فاعلية أكبر في إدارة دورات شحن وتفريغ البطاريات وفقًا لتوقعات الطلب المستقبلي، مما يقلل هدر الطاقة بنسبة 15% ويزيد موثوقية الشبكة بنسبة 20%. علاوة على ذلك، ساهمت نماذج تعلم الآلة الدقيقة في التنبؤ بالإشعاع الشمسي، مما مكن شركات الكهرباء من تحقيق توازن أفضل للأحمال وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية. وهذا التطور يجعل الطاقة الشمسية أكثر سهولة وتكلفة أقل، خاصة للمجتمعات الريفية والفئات منخفضة الدخل، مما يساهم مباشرة في تعزيز العدالة الطاقية (Sapre, 2024).

3. استخدام الذكاء الاصطناعى في طاقة الرياح

أدى استخدام الذكاء الاصطناعي في طاقة الرياح إلى تغييرات كبيرة، حيث ساهم بشكل ملحوظ في تحسين الأداء والكفاءة. وقد مكّنت تقنيات الصيانة التنبؤية من تحليل بيانات الحساسات للكشف المبكر عن الأعطال الميكانيكية المحتملة في التوربينات، مما أدى إلى تقليل فترات التوقف وخفض تكاليف الصيانة. كما لعب الذكاء الاصطناعي دورًا بارزًا في تحسين تصميم مزارع الرياح من خلال نمذجة وتحليل مواقع التوربينات لتحقيق أقصى إنتاج للطاقة وفقًا لأنماط الرياح المحلية. علاوة على ذلك، تساعد نماذج تعلم الآلة في التنبؤ باتجاهات أنماط الرياح، مما يمكّن مشغلي الشبكات من إدارة تقلبات إنتاج الطاقة بشكل أكثر فعالية مع ضمان استقرار الإمدادات الكهربائية.

وقد كشفت الدراسات أن الذكاء الاصطناعي يعزز استقرار وكفاءة طاقة الرياح عبر مجموعة من الجوانب الأساسية. فقد ساهمت تقنيات التحكم الذكية في ضبط زوايا وشفرات التوربينات (Pitch and Yaw Control) لتحقيق أقصى استفادة من الطاقة الحركية وتقليل الإجهاد الميكانيكي على الأجهزة. كما لعبت نماذج التعلم العميق دورًا بارزًا في التنبؤ الدقيق بسرعات الرياح، مما يساعد مشغلي الشبكات على تقدير كمية الإنتاج المتوقعة مسبقًا بدقة، وبالتالي الإسهام في استقرار الجهد الكهربائي. وفيما يتعلق بالصيانة التنبؤية، تعتمد خوارزميات الذكاء الاصطناعي على تحليل بيانات الاهتزاز والأصوات المنبعثة من التروس والمولدات للكشف

عن مؤشرات التآكل أو الأعطال المحتملة قبل حدوثها، مما يقلل تكاليف الإصلاح ويُقصّر وقت التوقف عن العمل، خاصة في المزارع البحرية. بالإضافة إلى ذلك، تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة "تأثير الاستيقاظ" (Wake Effect) في مزارع الرياح من خلال تنسيق تشغيل جميع التوربينات لتحقيق تدفق هواء أكثر انتظامًا للتوربينات الخلفية، مما يزيد الكفاءة الإجمالية لإنتاج الطاقة في المزرعة (Sapre, 2024).

4. إستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعى فى أنظمة المياه

تلعب المياه دورًا أساسيًا في دعم أنظمة الطاقة المتجددة، سواء عبر توليد الطاقة الكهرومائية أو المساهمة في عمليات التبريد لمحطات الطاقة الشمسية والرياح، أو في إدارة تخزين الطاقة داخل الخزانات. كما يلعب النمذجة الهيدرولوجية دورًا مهمًا في تصميم شبكات إمداد المياه، ومراقبة ظروف الفيضانات والجفاف، وتخصيص مياه الري، وكل ذلك يسهم في تحقيق الاستدامة وضمان تكامل الموارد المائية مع استراتيجيات الطاقة المتجددة.

ومع التطورات السريعة في استخدام خوارزميات تعلم الآلة، مثل الشبكات العصبية العميقة وتقنيات التجميع (Clustering)، أصبح من الممكن تحليل البيانات الهيدرولوجية المعقدة بدقة متزايدة. ولتعزيز فهم هذه النماذج وتحليل نتائجها، هناك اعتماد متزايد على تقنيات الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير (XAI)، مثل طريقة "SHAP" ، المستندة إلى نظرية الألعاب، والتي تُستخدم لتحديد تأثير كل عامل إدخالي على التنبؤات. ويمكن لهذه الأدوات توضيح تأثير المتغيرات الهيدرولوجية المهمة، مثل كميات الأمطار ودرجات الحرارة وأنماط استخدام الأراضي وخصائص التربة، على تدفقات المياه ومستويات المياه الجوفية. وتعزز هذه القياسات قدرة النماذج على تقديم تفسيرات دقيقة وبسيطة لدعم عمليات اتخاذ القرار بطريقة تضمن إدارة فعالة ومستدامة للموارد المائية، وتوطيد التكامل بين قطاعات المياه والطاقة النظيفة (Khaleel, 2025).

الخاتمة

خلصت هذه الدراسة إلى أن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة المتجددة لم يعد مجرد خيار تقني، بل أصبح ضرورة استراتيجية لتحقيق الاستدامة الطاقية وتعزيز أمنها، خاصة في الدول التي تواجه تحديات هيكلية بين العرض والطلب مثل العراق. أظهرت النتائج توافقًا واضحًا مع الأدبيات السابقة، حيث أشارت إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة فعّالة لمعالجة التحديات المرتبطة بالطبيعة المتقلبة لمصادر الطاقة المتجددة. وتلعب الخوارزميات الذكية دورًا محوريًا في تحسين استقرار الشبكات الكهربائية وزيادة قدرتها على استيعاب مصادر الطاقة المتجددة، وهو ما يدعم نتائج دراسة (Algburi, et., all., 2025) بشأن مساهمة الذكاء الاصطناعي في مواجهة تعقيدات دمج الشبكات وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

كما أظهرت الدراسة أن تحسين الكفاءة التشغيلية عبر التنبؤ الدقيق بالأحمال وإدارة استهلاك الطاقة يساهم بشكل مباشر في تقليل الخسائر وتعزيز كفاءة الشبكات الكهربائية بشكل عام. ويتماشى ذلك مع ما ورد في

دراسة (Majeed, 2025) التي أكدت الدور المهم لتقنيات تعلم الآلة في التنبؤ الدقيق بإنتاج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، مما يساهم في خفض الخسائر الفنية وتحسين أداء الشبكات الذكية.

بالاضافة، إلى أن الدراسة، أوضحت أن اعتماد منهجيات الصيانة الاستباقية المبنية على تحليل البيانات يسهم بشكل كبير في

خفض التكاليف التشغيلية وإطالة عمر مكونات أنظمة الطاقة المتجددة. وهذا يتسق مع المراجعة التي قدمها (Onwusinkwue, et., all., 2024)، والتي أكدت دور الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالأعطال المفاجئة وضمان استمرار الإمداد الطاقي دون انقطاع.

وفي السياق العراقي، كشفت الدراسة عن إمكانات واعدة لتطوير مصادر الطاقة المتجددة، إلا أن هناك تحديات تقنية ومؤسسية تعيق الاستغلال الأمثل لهذه الإمكانات، ويمكن تجاوزها عبر دمج الذكاء الاصطناعي ضمن عملية التحول الرقمي. وتتقاطع هذه الاستنتاجات مع الأهداف المنصوص عليها في الاستراتيجية الوطنية العراقية للذكاء الاصطناعي (INSAIN 2026)، التي تركز على رقمنة قطاع الطاقة لتعزيز كفاءته والمساهمة بفعالية في خفض الانبعاثات وتحقيق الحياد الكربوني. كما يتوافق ذلك مع نتائج دراسة (Aldarraji, et., all. 2024)، التي أكدت أهمية التنبؤ الذكي بالطلب على الطاقة لمعالجة العجز المتكرر في النظام الكهربائي العراقي.

النتائج والتوصيات

لقد توصلت الدراسة إلى نتائج هامة، تشير إلى الدور الحيوي للذكاء الاصطناعي في تعزيز وتطوير أداء قطاع الطاقة المتجددة في العراق. وأبرزت النتائج أن اعتماد العراق الكبير على الوقود الأحفوري وقلة مساهمة الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة يعكس خللاً في هيكل النظام الطاقي، مما يستلزم تبني حلول تكنولوجية متقدمة. وخلصت الدراسة إلى أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي يمكن أن يلعب دورًا فعّالًا في معالجة تحديات أساسية، تشمل عدم استقرار إنتاج الطاقة المتجددة، انخفاض الكفاءة التشغيلية، وارتفاع الخسائر الفنية في شبكات الكهرباء.

كما أوضحت النتائج أن تطبيق نماذج الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالأحمال وإنتاج الطاقة المتجددة يساهم في تعزيز استقرار الشبكة الكهربائية، وتحسين استغلال الموارد، وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية. وأشارت الدراسة أيضًا إلى أن الصيانة التنبؤية المبنية على تقنيات الذكاء الاصطناعي تُعد وسيلة فعّالة لتقليل التكاليف التشغيلية وزيادة عمر مكونات أنظمة الطاقة المتجددة، مما يدعم استدامة القطاع على المدى الطويل. وعلى مستوى البنية المؤسسية، أكدت النتائج أن العراق يمتلك إمكانات كبيرة لتطوير طاقة الشمس والرياح، إلا أن ضعف البنية الرقمية، وندرة البيانات، وقلة القدرات التقنية تمثل عقبات رئيسية أمام الاستفادة الكاملة من هذه الإمكانات. ومن هنا تبرز ضرورة تعزيز التحول الرقمي ودمج تقنيات الذكاء الاصطناعي كجزء أساسي من استراتيجية إصلاح النظام الطاقي الوطني.

وبناءً على النتائج التى تم التوصل إليها، تؤكد الدراسة ضرورة تبني رؤية استراتيجية شاملة تهدف إلى دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة المتجددة في العراق، بما يتماشى مع أهداف الاستراتيجية الوطنية العراقية للذكاء الاصطناعي (INSAIN 2026). **وفي هذا السياق، تم اقتراح عدة توصيات رئيسية:**

1. تسريع تنفيذ المحاور المتعلقة بقطاع الطاقة ضمن الاستراتيجية الوطنية للذكاء الاصطناعي، عبر رقمنة عمليات إنتاج ونقل وتوزيع الكهرباء، إلى جانب تطوير قواعد بيانات وطنية موحدة تدعم أدوات التنبؤ الذكية وإدارة الشبكات بكفاءة.

2. تأكيد أهمية استخدام الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالطلب على الطاقة وإنتاج الطاقة المتجددة، نظرًا لدوره في تقليل فجوة العرض والطلب وتعزيز قدرة التخطيط طويل الأجل للاستثمارات في القطاع، خاصة في ظل التحديات الناجمة عن النمو السكاني وتغير المناخ.

3. دمج أنظمة الصيانة التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في محطات الطاقة المتجددة وشبكات الكهرباء، باعتبارها خطوة أساسية لتقليل الأعطال المفاجئة، والحد من الخسائر الفنية، وتحسين الكفاءة التشغيلية والاستدامة الاقتصادية للقطاع.

4. الاستثمار في تطوير المهارات البشرية، عبر تدريب الفرق الفنية والهندسية على التطبيقات العملية للذكاء الاصطناعي في مجال الطاقة، لضمان نجاح التحول الرقمي وتحقيق أقصى استفادة ممكنة من التكنولوجيا الحديثة.

5. تعزيز التعاون بين المؤسسات الحكومية والقطاع الخاص والجهات الأكاديمية لدعم الابتكار والبحث في مجالات الذكاء الاصطناعي والطاقة المتجددة، إذ يسهم هذا التعاون في تحقيق تحول طاقي شامل في العراق.

المصادر

1. Aldarraji, M., Vega-Márquez, B., Pontes, B., & Mahmood, B. (2024). Addressing energy challenges in Iraq: Forecasting power supply and demand using artificial intelligence models. Heliyon Journal, ScienceDirect. 10 (4). P. 1-24. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25821.

2 . Abdelkader, H. (2025). The role of artificial intelligence in developing renewable energy. Journal of Finance, Investment and Sustainable Development. 10 (01). P. 297-324.

3. Algburi, S., Abed Al Kareem, S. S., Sapaev, L. D., Mukhitdinov, O., Hassan, Q., Khalaf, D. H., & Jabbar, F. I. (2025). The role of artificial intelligence in accelerating renewable energy adoption for global energy transformation. Unconventional Resources, KeAI Journal, ScienceDirect. (8). P. 1-15. https://doi.org/10.1016/j.uncres.2025.100229.

4. Advanced Energy Technologies. (2024). Energy industry in Iraq. Available online at: https://aenert.com/countries/asia/energy-industry-in-iraq/#c30649. (accessed on 10 Jan 2026).

5. Ejiyi, CH. J., Cai, D., Thomas, D., Obiora, S., Osei-Mensah, E., Acen, C., Eze, F. O., Sam, F., Zhang, Q., & Bamisile, O. O. (2025). Comprehensive review of artificial intelligence applications in renewable energy systems: current implementations and emerging trends. Journal of Big Data. 12 (169). P. 1-52. https://doi.org/10.1186/s40537-025-01178-7.

6. Gbadamosi, A. P., Ereh, R. E., Ibrahim, A.B., & Tunde, U. A. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Optimizing Renewable Energy System. International Journal of Engineering and Modern Technology (IJEMT). 11 (3). P. 209-229.

7. IRENA. (2019). Artificial Intelligence and Big Data Innovation Landscape Brief. International Renewable Energy Agency. P. 1-24.

8. IRENA. (2025). Energy Transition Assessment Iraq Report. International Renewable Energy Agency. P. 1-96.

9. International Energy Agency (Iea). (2025). Integrated National Energy Strategy of Iraq. Available online at: https://www.iea.org/policies/5632-integrated-national-energy-strategy-of-iraq. (accessed on 10 Jan 2026)

10. International Energy Agency (Iea) data. (1990 – 2022). Energy Statistics Data Browser:Renewable share (modern renewables) in final energy consumption (SDG 7.2), Iraq, 1990-2022. Available online at: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=IRAQ&fuel=Renewables%20and%20waste&indicator=SDG72modern. (accessed on 10 Jan 2026).

11. International Energy Agency (Iea). (1990- 2022). Energy Statistics Data Browser: Renewable share in final energy consumption (SDG 7.2), Iraq, 1990-2022. Available online at: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=IRAQ&fuel=Renewables%20and%20waste&indicator=SDG72. (accessed on 10 Jan 2026).

12. Khaleel, M. F. (2025). Solutions and the Role of Artificial Intelligence with Its Contribution to Solving Water Problems to Achieve Sustainable Development in Iraq. International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis. 8(4). P. 1473-1480. https://doi.org/10.47191/ijmra/v8-i04-01.

13. Majeed, B. J. (2025). Introducing Artificial Intelligence into The Management and Distribution of Electricity Generated from Renewable Energy Sources. European Science Methodical Journal. 3 (6). P. 72-84.

14. Manual, H. N. N., Kehinde, H. M., Agupugo, CH. P., & Manuel, A. C. N. (2024). The impact of AI on boosting renewable energy utilization and visual power plant efficiency in contemporary construction. World Journal of Advanced Research and Reviews.

15. (02) P. 1333–1348. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.23.2.2450.

Majnoon, A. & Saifoddin, A. (2025). AI-driven energy optimization enhancing efficiency in urban

16 .Nelson, J. O., Oladipupo, E., & Onuoha, N. P. (2025). Optimization of Renewable Energy Systems Using Artificial Intelligence in Nigeria: A Focus on Generation and Distribution. International Journal of Engineering and Modern Technology (IJEMT). 11(4). P. 213 – 228.

17. Our World in data. (2000 – 2024). Share of electricity production by source, Iraq. Available online at: https://ourworldindata.org/grapher/share-elec-by-source?time=2000..latest&country=~IRQ. (accessed on 7 Jan 2026).

18. Our World in data. (2000 – 2024). Share of energy consumption by source, Iraq. Available online at: https://ourworldindata.org/grapher/share-energy-source-sub?country=~IRQ. (accessed on 7 Jan 2026).

19. Onwusinkwue, Sh., Osasona, F., Ahmad, I. H. I., Anyanwu, A. Ch., Dawodu, S. O., Obi, O. Ch., & Hamdan, A. (2024). Artificial intelligence (AI) in renewable energy: A review of predictive maintenance and energy optimization. World Journal of Advanced Research and Reviews WJARR. 21 (1). P. 487–2499. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0347.

20. Regulations. AI. (2026). Iraqi National Strategy for Artificial Intelligence (INSAIN). Available online at: https://regulations.ai/regulations/iraq-2024-8-national-ai-strategy. (accessed on 7 Jan 2026).

21. Razak, T. R., Ismail, M. H., Darus, M. Y., Jarimi, H., & Su, Y. (2025). Artificial Intelligence in Renewable Energy: A Systematic Review of Trends in Solar, Wind, and Smart Grid Applications. Research and Review in Sustainability, Ubiquity Press. 1(1). P. 1-22. https://sustainability-journal.com/articles/10.5334/rss.6.

22. Sapre, I. R. (2024). The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Renewable Energy Efficiency: A Case Study on Solar and Wind Energy Optimization. Intersect Journal. Stanford University. 18 (1). P. 1-5.

23. Shrimali, V., & Shrimali, M. (2024). AI Applications in the Renewable Energy Sector. International Journal of Innovative Science and Research Technology. 9 (11). P. 1-4. https://doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24NOV828.

24. United Nations. (2015). Paris Agreement. United Nations Climate Change, P. 1-27.

25. Waheeb, R. (2023). Sustainable ENERGY by using AI. SSRN Paper. SSRN library. Available Online at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4465582. (accessed on 711 Jan 2026).