مجمع الملك سلمان العالمي للغة العربية
King Salman Global Academy for Arabic Language

كابسارك KAPSARC
مركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية
King Abdullah Petroleum Studies and Research Center

جائزة كابسارك للغة العربية

الدورة الرابعة 2025

المشاركات الفائزة

بسم الله الرحمن الرحيم

الفهرس

المقدمة	**3**
مسار التأليف	**4**
المشاركة الفائزة بالمرتبة الأولى	5
الشبكة التي تتنبأ بالغد: الذكاء الاصطناعي يقود تحول الطاقة في المملكة العربية السعودية	
المشاركة الفائزة بالمرتبة الثانية	9
حين تفكر الطاقة: وعي سعودي يصنع المستقبل	
المشاركة الفائزة بالمرتبة الثالثة	14
إطار تنظيمي مقترح لاستخدامات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة السعودي: نحو مستقبل ابتكاري مستدام	
المشاركة الفائزة بالمرتبة الرابعة	20
طاقة توقد الذكاء وذكاء يستديم الطاقة: تآزر يرسم المستقبل	
المشاركة الفائزة بالمرتبة الخامسة	25
الالتزام التنظيمي لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة	
مسار الترجمة	**29**
المشاركة الفائزة بالمرتبة الأولى	30
المشاركة الفائزة بالمرتبة الثانية	37
المشاركة الفائزة بالمرتبة الثالثة	46
المشاركة الفائزة بالمرتبة الثالثة مكرر	51
المشاركة الفائزة بالمرتبة الخامسة	58
شكر وتقدير	**65**
الخاتمة	**66**

المقدمة

منذ انطلاق جائزة كابسارك للغة العربية في عام 2022، حرص المركز على أن تكون الجائزة منبرًا يعلي من شأن المعرفة العربية وينشرها في ميادين الطاقة والاقتصاد والبيئة، ورافدًا يعزز حضور اللغة العربية في المجالات العلمية والتقنية الحديثة. وبحمد الله اتسعت دائرة المشاركات عامًا بعد عام، وتنوعت موضوعاتها، وتزايد أثر الجائزة في تحفيز الباحثين والمترجمين والمبدعين على تقديم محتوى عربي رصين يواكب متطلبات الحاضر والمستقبل.

وتأتي الدورة الرابعة لعام 2025 -التي عقدت بالشراكة مع مجمع الملك سلمان العالمي للغة العربية- لتشكل محطة مميزة في مسيرة الجائزة، إذ حملت موضوعًا محوريًا ينسجم مع التحولات العالمية في قطاع الطاقة، وهو "الذكاء الاصطناعي وتقنيات الطاقة". وهو اختيار يتناغم مع توجهات المملكة العربية السعودية الريادية في تبني التقنيات المتقدمة، ودعم الابتكار، وترسيخ العربية لغة قادرة على احتضان أحدث المفاهيم العلمية والتقنية، كما احتضنت على مر العصور إرثًا معرفيًا عظيمًا أغنى علوم الرياضيات والطب والفلك والهندسة وسائر العلوم والمعارف الإنسانية.

لقد كانت العربية، على امتداد تاريخها، لغة الفكر والبحث والاكتشاف، ووعاءً حمل العلوم ونقلها وطورها. واليوم، ترسخ حضورها في ظل ما تبذله المملكة وقيادتها الرشيدة ومؤسساتها -وفي مقدمتها كابسارك ومجمع الملك سلمان العالمي للغة العربية- من جهود ممنهجة لإثراء المحتوى العربي وتمكينه، ولتكون لغتنا أساسًا راسخًا يبنى عليه مستقبل المعرفة في وطن يقود الابتكار ويتقدم بثقة نحو التحول الاقتصادي والتقني.

ويأتي هذا الكتيب امتدادًا لإصدارات الجائزة في دوراتها السابقة، ليقدم للقارئ مشاركات الفائزين هذا العام. فقد تناولت الأعمال المتصدرة في مسار التأليف الذكاء الاصطناعي بوصفه عقل المستقبل، وبينت دوره في قيادة تحول الطاقة، واقترحت أطرًا تنظيمية لاستعماله في قطاع الطاقة في المملكة العربية السعودية. وفي مسار الترجمة، برزت ترجمات تلخيصية مثرية تناولت نقدًا منهجيًا لكتاب (AI for Utilities: Reimagining the Future Energy System)، الذي يسعى إلى تقديم أطر عملية لقطاع المرافق، الذي يعد ركن أساس لأي نمو اقتصادي منشود.

إننا إذ نقدم هذا الإصدار، نضع بين يدي القارئ حصيلة أعمال ارتقت علميًا وفكريًا، ونأمل أن يلهم هذا الجهد مزيدًا من البحوث والابتكارات التي ترسخ مكانة العربية في مستقبل العلوم والتقنية.

نتمنى لكم قراءة نافعة ومثرية.

ملاحظة: خضعت المشاركات للتدقيق اللغوي.

مسار التأليف

فئة تأليف المقالة

المرتبة الأولى:

الدكتور ياسر بن سالم الجهني

المرتبة الثانية:

الأستاذة الهنوف بنت ثنيان آل ثنيان

المرتبة الثالثة:

الأستاذة ربا بنت حسين القحطاني

المرتبة الرابعة:

الدكتور إبراهيم بن عبدالله الرماح

المرتبة الخامسة:

الدكتور جهاد بن عبدالرحمن العريني

الدكتور ياسر بن سالم الجهني
وزارة التعليم

الشبكة التي تتنبأ بالغد: الذكاء الاصطناعي يقود تحول الطاقة في المملكة العربية السعودية

تخيل شبكة الكهرباء تتنبه لما سنفعله قبل أن نفعله: تعرف أننا سنشغل المكيف بعد الظهر بدقائق، وتقرأ مزاج الرياح قبل أن تغير اتجاهها، وتعمل على إصلاح نفسها قبل أن تتعطل. هذا ليس خيالًا علميًا؛ إنه ما يحدث حين تجتمع الطاقة مع الذكاء الاصطناعي. في السعودية، حيث صيف طويل وسماء سخية بالشمس ورياح واعدة، يصبح هذا اللقاء أكثر من مجرد ترقية تقنية. هو خطوة عملية نحو رؤية 2030: كفاءة أعلى، خدمة أكثر موثوقية، وانبعاثات أقل، وكل ذلك بأسلوب يجعل الطاقة تعمل لمصلحتنا لا ضدنا.

تقوم فكرة هذه المقالة على مبدأ بسيط: دع البيانات تتكلم، ودع الخوارزميات تصغ، ثم دع القرار التشغيلي يتشكل لحظة بلحظة. حين نفعل ذلك تتغير منظومة الطاقة من نظام ينتظر المشكلة إلى نظام يستبقها، ومن شبكة تتأثر بتقلبات الطقس والطلب إلى شبكة مرنة ذكية تتعامل مع التغير كفرصة للتحسين. تنطلق المقالة من أطروحة واضحة: عندما يتكامل الذكاء الاصطناعي مع تقنيات الطاقة في المملكة، تتحقق ثلاث فوائد متلازمة: كفاءة أعلى، ومرونة شبكية أمتن، واستدامة أعمق، بما يسرع بلوغ مستهدفات رؤية 2030. سنخوض هذه الرحلة بلغة سهلة ممتعة، وبأمثلة قريبة من واقعنا، دون تشعب بعيد عن محور الطاقة والذكاء الاصطناعي.

شبكة الكهرباء تشبه أوركسترا ضخمة: آلات كثيرة، نغمات مختلفة، وجمهور يتقلب ذوقه على مدار اليوم. المشكلة أن قائد الأوركسترا، أي المشغل، لا يرى كل شيء دائمًا. هنا يضيف الذكاء الاصطناعي عينًا ثالثة وأذنًا أدق. يبدأ هذا العقل الرقمي بقراءة بيانات الطلب ساعة فساعة، ويتابع الطقس والسحب والإشعاع الشمسي وحركة الرياح، ويلتقط الإشارات الخفية في معداتنا: اهتزاز غير مألوف، وحرارة ترتفع ببطء، وأداء يتدهور تدريجيًا. بهذه الحساسية الجديدة يصبح قرار التوليد والتوزيع أذكى: نشغل ما نحتاجه في الوقت الملائم، ونطفئ ما يمكن تأجيله، وندير الأحمال دون أن يشعر أحد بانزعاج. النتيجة هدر أقل للطاقة، وجودة خدمة أعلى، وتكلفة أدنى.

قبل أن تضغط الشبكة زر تشغيل وحدة توليد، تكون الخوارزميات قد أجرت بروفة صامتة: توقعت كيف سيرتفع الطلب مع حرارة ظهيرة الرياض أو رطوبة مساء جدة، وحسبت إنتاج محطة شمسية أو مزرعة رياح قبل ساعات، وقارنت الكلفة البيئية والاقتصادية لكل خيار تشغيل. يصبح القرار عندئذ مبنيًا على تعلم من الواقع، لا على التخمين. وفي بلد يتسارع فيه نشر محطات شمسية ومزارع رياح، ليست المسألة مسألة قدرة بقدر ما هي توقيت ومزج ذكي بين المصادر: نعصر أكبر قيمة من كل لوح شمسي وتوربين، ونوفر الوقود، ونقلل الانبعاثات.

لكن ماذا عن المفاجآت؟ غيمة سريعة تمر فوق محطة شمسية، أو رياح تهدأ فجأة. لو لم نكن مستعدين، قد تتكون فجوة صغيرة بين العرض والطلب. الذكاء الاصطناعي يحول هذه الفجوات إلى مساحات للمرونة: يرفع إنتاجًا سريعًا من مصدر بديل في لحظات، ويطلب من

بطارية موزعة أن تعوض الفارق مؤقتًا، ويفعل برنامجًا ذكيًا لتأجيل حمل غير عاجل في بعض المباني دقائق معدودة. هكذا تمر العاصفة الصغيرة دون أن يشعر بها المستهلك. المرونة هنا ليست مصطلحًا تجميليًا؛ إنها راحة في البيوت، واستمرارية في المصانع، وثقة بالمنظومة.

وفي خلفية المشهد تعمل الصيانة التنبؤية كملك حارس للأصول. في الماضي كنا ننتظر العطل ثم نلحق للحاق به؛ اليوم تستطيع المعدات أن تهمس قبل أن تتألم. حساسات تراقب الاهتزاز والحرارة والتيار، وخوارزميات تتعلم بصمة السلوك الطبيعي لكل محرك ومحول. إذا تغيرت البصمة قليلًا ارتفعت راية صفراء: هنا نقطة ضعف قادمة، فيحدد موعد إصلاح مبكر بدل انقطاع مفاجئ، وتستبدل قطعة بثمن زهيد قبل أن تتلف منظومة كاملة، ونكسب ساعات من التوليد كانت ستضيع في طوارئ غير محسوبة. في بيئتنا الحارة وامتداد المسافات، يصبح هذا النهج كنزًا تشغيليًا: الطريق الأقصر لخفض الأعطال هو عدم انتظارها أصلًا.

أما العلاقة مع المستهلك فتتبدل من إبلاغ إلى شراكة. لا أحد يحب أن يطلب منه إطفاء المكيف، ولذلك يقترح الذكاء الاصطناعي بديلًا ألطف: دقائق ذكية بدل ساعات قاسية. يتنبأ النظام بوقت الذروة في الحي، ويضبط المكيفات تلقائيًا خفضًا بسيطًا لفترة قصيرة غالبًا لا تلاحظ، وينسق ذلك مع آلاف الأجهزة في آن واحد، فيهبط الحمل الإجمالي دون أن يضحي أحد براحة حقيقية. وإذا اقترن هذا بأسعار مرنة توضح للمستهلك متى تكون الكهرباء أرخص، يتحول السلوك تلقائيًا: غسل بعد المغيب، وشحن للمركبات ليلًا، ورشاقة عامة في الطلب. هكذا تصبح المباني فاعلًا نشطًا في الشبكة لا مستهلكًا سلبيًا.

ولا تتوقف القصة عند الشبكة؛ فهناك قطاعات كثيفة الاستهلاك للطاقة يمكن أن تتبدل معادلتها بالذكاء. تحلية المياه مثال واضح: هي ضرورة للحياة عندنا، لكنها تلتهم الطاقة إذا أديرت بأساليب تقليدية. حين تراقب الخوارزميات جودة المياه الداخلة، وضغط المضخات، ونظافة الأغشية، وتتعلم من تاريخ الترشح والتلوث الدقيق، تستطيع أن تقترح جرعات تنظيف مثلى وتعديلات محسوبة في التشغيل. النتيجة: استهلاك أقل للطاقة، وعمر أطول للمعدات، وكلفة تهبط دون مساس بجودة الماء. وكل كيلوواط في الساعة يوفر في التحلية يتاح للصناعة والمدن، وكل خفض في الكلفة ينعكس على استدامة الإمداد المائي.

ثم يأتي الهيدروجين الأخضر بوصفه وعدًا صناعيًا نظيفًا، لكنه لا يصبح اقتصاديًا إلا إذا كان التوقيت متقنًا: الشمس أحيانًا سخية وأحيانًا شحيحة، والرياح تمضي وتعود، بينما يحتاج التحليل الكهربائي إمدادًا مستقرًا نسبيًا. يلعب الذكاء الاصطناعي هنا دور المايسترو: يتنبأ بالإشعاع والرياح، ويجدول تشغيل وحدات التحليل حين يكون الإنتاج المتجدد في ذروته، ويقترح استخدام بطاريات عند الحاجة، ويوازن بين الإنتاج والتخزين والنقل. بهذه الهندسة الزمنية تنخفض كلفة الكيلوغرام، ويغدو الوقود الجديد قابلًا للتوسع في صناعات صعبة الكربنة كالفولاذ والأسمدة والبتروكيميائيات.

ولأن الأمثلة تقرب المعنى، تخيل ثلاث لقطات سعودية قصيرة: مدينة ذكية تتلقى تنبيهًا مبكرًا بارتفاع حرارة غير معتاد بعد الظهر؛ خلال دقائق تنفذ المباني الكبيرة ضبطًا خفيفًا للحمل، وتحرك بطارية موزعة بعض الطاقة، فتتجاوز المدينة الذروة بسلاسة دون انقطاعات ولا شكاوى. ومزرعة رياح تلتقط خوارزميتها تغيرًا طفيفًا في اهتزاز شفرة ما؛ فيحدد موعد صيانة مبكر، ويستمر الإنتاج دون أن يتوقف. ومحطة تحلية تعلمت خوارزميتها نمط تلوث الأغشية في موسم معين؛ فأعادت ترتيب جداول التنظيف والضغط، فصار الماء نفسه يحتاج إلى طاقة أقل. هذه ليست وعودًا طائرة؛ إنها أفكار قابلة للتطبيق اليوم وتنسجم مع روح الاستثمار والتجريب التي تتبناها المشروعات الوطنية.

ومن منظور عملي قريب من الناس، يمكن لهذا التكامل أن يظهر في شبكات مصغرة تخدم أحياء أو مجمعات بعينها مثل: مدارس، مستشفيات، مساجد، أسواق، ومواقع مناسبات موسمية، بحيث تدار محليًا بالطاقة الشمسية والبطاريات مع ارتباط مرن بالشبكة العامة. يتنبأ النظام بارتفاعات الطلب المرتبطة بالمناخ أو المواعيد الثابتة (دوام المدارس، صلاة الجمعة، الفعاليات)، فتنفذ تبريدات تمهيدية خفيفة للمباني الكبيرة قبل الذروة بدقائق، ويجدول شحن البطاريات في ساعات الانخفاض السعري، ثم تفرغ عند الحاجة لتمرير اللحظة الحرجة

دون توتر. وإذا ظهرت سحابة مفاجئة فوق الألواح أو هدأت الرياح حول التوربينات، فيعوض الفارق فورًا بمزيج محسوب من البطارية والمصدر التقليدي، دون أن يشعر الحي بالانقطاع أو التذبذب.

وينسجم ذلك مع متطلبات مواقع كثيفة الاستخدام في المملكة، حيث يمكن للذكاء الاصطناعي أن يحسن تجربة الزوار والسكان عبر طاقة أكثر اعتمادية في أشد الساعات حرارة. الفكرة بسيطة: قرار محلي سريع، مبني على بيانات لحظية، يمنح كل كيلوواط أثرًا أكبر، ويحول الشبكة من بنية متراخية إلى منظومة رشيقة تصغي إلى الواقع وتتحرك على إيقاعه.

يبقى سؤال: ماذا نحتاج لينجح التكامل؟ الجواب يوجز في ثلاث كلمات: بيانات، أدوات، عقول. نحتاج عدادات وأجهزة قياس موثوقة تجمع البيانات في منصات تحافظ على الخصوصية وتضمن الدقة، ونحتاج أدوات سهلة الاستخدام تظهر للفرق الفنية ما يجري الآن وما المتوقع لاحقًا دون غموض، ونحتاج عقولًا مهيأة تمزج بين خبرة الكهرباء وفهم البيانات. على المستوى العملي، يمكن البدء بالأبسط تأثيرًا: مراقبة مركزية، ولوحات متابعة في الزمن الحقيقي، وتجربة محددة الهدف كصيانة تنبؤية لمحطة معينة أو إدارة طلب في حي سكني صيفًا، ثم القياس فالتحسين فالتوسع. ومع كل خطوة، يتزايد العائد: أعطال أقل، وقود أقل، واطمئنان أكبر بأن المنظومة تسير على سكة مستدامة.

ولا يغيب عن المشهد بعد أساسي: الأمن السيبراني وحوكمة البيانات. كل اتصال ذكي يفتح سطح هجوم محتملًا، لكن الوقاية معروفة: تحديث مستمر، وتقسيم واضح للشبكات، وتشفير، ورصد آلي للسلوك غير الطبيعي؛ بل إن الذكاء ذاته يساعد على كشفه سريعًا. أما حوكمة البيانات فتضمن جودة ما تتعلم منه النماذج، وتحمي الخصوصية، وتقلل الانحياز، وتفسر القرار للإنسان المسؤول. بهذه الضوابط لا يصبح الذكاء الاصطناعي صندوقًا أسود، بل أداة شفافة تسند قرار المهندس ولا تستبدله.

ولكي يدوم الأثر ولا يبقى نجاحًا تقنيًا مؤقتًا، نحتاج إلى بيئة تعلم حول الطاقة الذكية: فرق تشغيل تتعاون يوميًا مع محللي البيانات، ومختبرات جامعية تتعامل مع بيانات حقيقية من محطات ومبان بعد إخفاء هويتها، ومنصات تجريبية تشغل خوارزميات التنبؤ والتحكم على توأم رقمي للشبكة قبل نقلها إلى الميدان. في هذا المناخ، تظهر شركات ناشئة محلية تقدم حلولًا بسيطة وعملية: تطبيقات ترشيد آلي للمنازل، وأدوات صيانة تنبؤية لمضخات التحلية، ونظم جدولة ذكية لمشروعات الرياح والشمس. النتيجة ليست وفورات مالية فقط؛ بل وظائف نوعية ومهارات جديدة للجيل الواعد في المملكة، وثقافة قرار تعتمد الأرقام لا الانطباعات. وعندما تصبح لغة البيانات مفهومة لدى المهندس والمشغل والمستهلك على حد سواء، يتوحد الإيقاع، ويكبر تأثير كل خطوة صغيرة، فنقطع الطريق نحو 2030 بخطى أسرع وأكثر ثباتًا.

في نهاية هذا العرض، تتبدى الصورة واضحة: لسنا أمام تقنية للعرض، بل أمام بنية قرار جديدة لقطاع الطاقة. ما يميز هذا التحول أنه يراكم المكاسب الصغيرة يومًا بعد يوم: دقيقة مدارة بحكمة هنا، وعطل متجنب هناك، وضبط تنبئي في مبنى، وجدولة أذكى لوحدة توليد. ومع تكرار هذه المكاسب على مساحة بلد واسع وطموح، يصبح الفرق ملموسًا في الفاتورة، وفي موثوقية الخدمة، وفي البصمة الكربونية.

الذكاء الاصطناعي لا يولد كهرباء من العدم؛ إنه يجعل كل واط أذكى. يعلم الشبكة أن تتوقع بدل أن تتفاجأ، وأن تحسن بدل أن تسرف، وأن تخاطب المستهلك كشريك لا كعبء. في السعودية، حيث الموارد متنوعة والطموح كبير، يبدو هذا التكامل كجسر قصير بين ما نملكه اليوم وما نريده غدًا: خدمة أكثر موثوقية في عز الحر، وفاتورة أخف، وبيئة أنظف، وفرص صناعية جديدة. ولتحويل الوعد إلى واقع مقاس بالأرقام، يكفي أن نبدأ بخطوات عملية: فتح البيانات غير الحساسة وتوحيد معايير تبادلها، وتعميم التوأم الرقمي في المشروعات الكبرى قبل التنفيذ، وترسيخ برامج إدارة الطلب بالتسعير الذكي والعدادات المتقدمة، والاستثمار المنهجي في الأمن السيبراني، ثم بناء القدرات الوطنية التي تمزج خبرة الطاقة بمهارة البيانات. عندئذ يصبح الذكاء الاصطناعي أداة سيادية لصياغة مستقبل الطاقة في المملكة، مستقبلًا يضعنا على طريق رؤية 2030 بثقة، ويجعل منظومتنا الكهربائية أكثر كفاءة، ومرونة، واستدامة.

قائمة المراجع:

- رؤية السعودية 2030 – وثيقة الرؤية، الموقع الرسمي.
- وزارة الطاقة السعودية – سياسات قطاع الكهرباء وكفاءة الطاقة، الموقع الرسمي.
- الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا).
- الشركة السعودية للكهرباء – مبادرات العدادات الذكية وإدارة الأحمال.
- شركة أكوا باور – المواد التعريفية لمشاريع الطاقة المتجددة في المملكة (محطة سكاكا للطاقة الشمسية، ومشروع دومة الجندل لطاقة الرياح).
- شركة نيوم للهيدروجين الاخضر– مشروع الهيدروجين الأخضر.
- المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة – تقارير كفاءة الطاقة والتشغيل.

الأستاذة الهنوف بنت ثنيان آل ثنيان
وزارة الخارجية

حين تفكر الطاقة: وعي سعودي يصنع المستقبل

منذ فجر الإنسان الأول، حين أشعل النار بيد مرتجفة ودهشة عميقة، ولد في داخله وعي جديد؛ وعي بأن القدرة ليست مجرد أداة بل مسؤولية. تلك الشرارة الأولى لم تنر الكهوف فقط، بل أضاءت العقل البشري، وبدأ معها سؤال الوجود: كيف نسخر القوة دون أن تبتلعنا؟ وكيف نضيء العالم دون أن نحرقه؟ هكذا صار تاريخ الإنسان سلسلة من المحاولات لتهذيب الطاقة، ومن الأسئلة التي تصوغ معنى الوعي في كل عصر.

فما بين شرارة النار الأولى وشرارة الذكاء الاصطناعي اليوم، يواصل الإنسان بحثه الأبدي عن المعادلة التي توازن بين القوة والحكمة. وكأن هذا السؤال القديم يتجدد اليوم في صيغة أكثر وعيًا: كيف نعلم الطاقة أن تفكر كما نفكر نحن؟ ففي كل ثورة علمية جديدة تغير معنى الطاقة في وجدان البشرية، كما لو كانت الكلمة نفسها تعيد اكتشاف ذاتها في ضوء جديد. كانت نارًا تشعل الحياة، ثم بخارًا يسير المصانع، ثم كهرباءً تضيء المدن، وها هي اليوم تتحول إلى لغة ذكية تتحدث بها الدول عن مستقبلها. لم يعد التقدم يقاس بمخزون النفط، بل بمدى ما تمتلكه الأمم من عقل قادر على تحويل المادة إلى وعي، والوعي إلى قرار.

وفي هذا الأفق الذي تسكنه الخوارزميات وتتحكم فيه البيانات، لم تعد الطاقة موردًا يستهلك، بل منظومة عقلية تتعلم وتتوقع وتتخذ القرار. أصبحت الطاقة تفكر، تحلل، وتعيد تشكيل ذاتها باستمرار، كأنها تستعيد فينا معناها الأول حين كانت النار فكرةً لا وقودًا. وهنا يتقاطع مساران إنسانيان عظيمان: مسار السيطرة على مصادر الطاقة، ومسار صناعة العقل القادر على إدارتها بذكاء.

وقد عبر ولي العهد الأمير محمد بن سلمان عن هذا التحول الفكري حين قال: " نطمح لأن نكون من بين الدول الرائدة في مجال الذكاء الاصطناعي بحلول عام 2030". هذه العبارة ليست مجرد هدف اقتصادي طموح، بل بيان فلسفي جديد عن علاقة الإنسان بالمعرفة والطاقة معًا — علاقة لا تقوم على الاستهلاك، بل على التفكير والإبداع.

فالذكاء الاصطناعي، بهذا المعنى، ليس ثورة تقنية فحسب، بل ثورة إدراكية تعيد تعريف فكرة "التحكم" ذاتها. فقد عبر كلاوس شواب، مؤسس المنتدى الاقتصادي العالمي بأن الثورة الصناعية الرابعة لن تكون ثورة آلات، بل ثورة قيم تقودها العقول الواعية. وبالفعل فقد نقل الإنسان من موقع الموجه للطاقة إلى موقع الشريك في وعيها؛ من مستخدم جامد إلى عقل يعلمها كيف تتكيف وتبدع وتوفر. لقد غير الذكاء الاصطناعي خريطة التفكير الإنساني؛ فهو اليوم لا يكتفي بحل المشكلات، بل يعيد صياغة طريقة طرحها، ليغدو كأنه المرآة الكبرى التي يرى الإنسان فيها ذاته من جديد.

حين يفكر الوطن

وفي هذا المشهد المتحول، تتقدم المملكة العربية السعودية بثقة نحو بناء نموذج وطني فريد، يزاوج بين إرثها الطاقي العريق ورؤيتها الرقمية الطموحة. فهي لا ترى في الذكاء الاصطناعي تقنية جامدة، بل عقلًا وطنيًا يدير الموارد ويرفع الكفاءة ويعزز الاستدامة. كما أكد سمو وزير الطاقة أن الذكاء الاصطناعي بات ركيزة أساسية لرفع الكفاءة والإنتاجية عبر سلسلة القيمة في قطاع الطاقة، ضمن توجهات الوزارة لتعظيم الاستفادة من التقنية والتحليل المتقدم للبيانات، وبهذه الرؤية، لم تعد الطاقة في المملكة مجرد مورد يستخرج، بل وعي يبنى، وصوت جديد يعكس روحها الحديثة: روح تجمع بين الأصالة والابتكار، بين التاريخ والحداثة، بين ما في الأرض من طاقة، وما في الإنسان من نور.

فلم تعد الطاقة في المملكة مجرد مصدر اقتصادي، بل إحدى لغات الوعي الوطني. ساحة يلتقي فيها الإنسان بالتقنية، والفكر بالعمل، لتبنى من خلالها رؤى مستقبلية تعكس القيم والهوية والمسؤولية تجاه العالم. ومن هذا الوعي المتنامي تنطلق هذه المقالة لتبحث في التكامل بين الذكاء الاصطناعي وتقنيات الطاقة في التجربة السعودية: كيف يصبح الذكاء الاصطناعي عقلًا للطاقة؟ وكيف تتحول الطاقة إلى وعي يصوغ المستقبل؟ وكيف يمكن لهذا التكامل أن يعيد صياغة صورة المملكة في العالم، لا كمصدّرٍ للطاقة فحسب، بل كصانع للمعنى وملهم للتنمية المستدامة؟ فالمملكة اليوم لا تسعى إلى أن تكون دولة تستهلك التقنية، بل دولة تفكر بها؛ تنير المصانع والجامعات والعقول في آن واحد، وتضع في صميم رؤيتها فكرةً جوهرية تقول: إن أعظم طاقة في هذا الكون ليست التي ننتجها، بل التي نفكر بها.

تاريخ الطاقة هو تاريخ إدارة التعقيد. كانت الشبكات تشغل طويلًا بالخبرة والتوقعات الحدسية، أما اليوم فالعقل الاصطناعي يقرأ ملايين الإشارات القادمة من العدادات والمحطات وحركة الطقس وسلوك المستهلك، ليقترح قرارات لحظية تقلل الهدر وترفع اعتمادية الخدمة وتؤمن السلامة. تشير تقارير الوكالة الدولية للطاقة إلى أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي باتت جزءًا أصيلًا من إدارة الشبكات الكهربائية والطاقة المتجددة، من التنبؤ بالإنتاج الشمسي والرياح، إلى الصيانة التنبؤية وخفض أعطال المعدات. وفي التجربة السعودية، تحضر هذه المقاربة في عمل الجهات الوطنية والقطاع الصناعي؛ إذ تتجه الشركات الكبرى إلى تحويل البيانات الميدانية إلى معرفة تشغيلية تترجم في كفاءة أعلى وأثر بيئي أقل. يتجاوز الذكاء الاصطناعي دور "الأداة" إلى دور "العقل التشغيلي"؛ فهو لا يحسب فقط، بل يفهم الأنماط ويقترح بدائل، ويوازن بين العرض والطلب في الزمن الحقيقي. وفي المدن الذكية الناشئة، تصبح الخوارزميات حارسًا غير مرئي يراقب تدفق الطاقة والمياه والنقل، ويعيد توزيع الموارد وفق احتياجات متغير لحظةً بلحظة. وهكذا تتقدم المملكة من إدارة تقليدية للمورد إلى إدارة معرفية ترى في كل واط من الطاقة سؤالًا عن الوعي والكفاءة.

إن الطريق إلى الريادة التقنية ليس مسارًا خطيًا؛ إنه انتقال مؤسسي وثقافي ومعرفي في آنٍ واحد. تدرك المملكة أن بناء منظومة ذكاء اصطناعي وطنية يتطلب تعليمًا نوعيًا، وشراكات بحثية، وبنيةً رقمية، وتشريعات توازن بين الابتكار والحماية. ومن هنا جاءت الإستراتيجيات والمبادرات التي رسخت مكانة البيانات والذكاء الاصطناعي في قلب التحول الوطني، وجعلت التقنية "أداة تمكين" تعبر القطاعات كافة: الطاقة، الصناعة، النقل، الصحة، الحوكمة.

ورغم اتساع الفجوة عالميًا بين الدول في كثافة البحث والتطوير، فإن التجربة السعودية تتبنى مسارًا واقعيًا: لا اندفاعًا شعاراتيًا ولا تباطؤًا محافظًا، بل بناء قدرات بشرية ومؤسسية متدرجة، وتعميق الربط بين الجامعات والقطاع الخاص، وتوطين المعرفة بحيث يصبح الاستيراد استثناءً لا قاعدة. إن القوة التقنية الحقيقية لا تقاس بعدد الخوادم أو حجم المراكز، بل بقدرة الدولة على تحويل التقنية إلى قيمة مضافة في الاقتصاد والحياة العامة، وهذا ما تعمل عليه المملكة بوعي إستراتيجي.

حين تتحد الفكرة بالطاقة

حين تتلاقى الطاقة بالعقل، تولد أرقى صور التنمية. فالقوة لم تعد في الموارد التي نملكها، بل في الذكاء الذي يحسن إدارتها. وفي التجربة السعودية، لم تعد الاستدامة شعارًا بيئيًا يرفع، بل منظومة فكرية ذكية توظف الذكاء الاصطناعي بوصفه القلب الذي يربط بين الوعي البيئي والقرار الاقتصادي. وكما عبر أمين الناصر -الرئيس التنفيذي لأرامكو السعودية- بأن رحلتنا نحو المستقبل لا تقوم على التخلي عن الطاقة التقليدية، بل على تطويرها وجعلها أنظف وأكثر ذكاء. تختصر هذه العبارة جوهر الرؤية السعودية الحديثة: أن التقنية لا تقصي الماضي، بل تطوعه ليستمر بوعي جديد.

فالذكاء الاصطناعي أصبح في قلب منظومة الطاقة، يديرها كما يدير الفنان إيقاع لوحته. حين تدخل الخوارزميات إلى محطات التوليد والشبكات الذكية وأنظمة التوزيع، يتحول "خفض الانبعاثات" من هدف بعيد إلى ممارسة يومية تترجمها المعادلات والبيانات. الذكاء الاصطناعي هنا لا يراقب فقط، بل يتوقع ويوجه ويصحح؛ فهو يحسن كفاءة تشغيل الأصول، ويزيد اعتماد الطاقة المتجددة عبر التنبؤ بالتقلبات المناخية، ويتيح إدارةً مرنةً للطلب تقلل الضغط على الشبكات في ساعات الذروة. وكما قال الدكتور فاتح بيرول، المدير التنفيذي للوكالة الدولية للطاقة: "الذكاء الاصطناعي هو المفتاح لخفض الانبعاثات وتحقيق التوازن بين أمن الطاقة والمناخ". هذا القول يختصر جوهر التكامل بين العلم والوعي البيئي؛ إذ يجعل التقنية لغة مشتركة بين الإنسان والكوكب، لا وسيلة استنزاف لهما.

إن التكامل بين الطاقة والذكاء الاصطناعي أصبح أداةً إستراتيجية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة؛ فكل خلية شمسية باتت تتغذى على البيانات، وكل محطة توليد أصبحت عقلًا يفكر كما يعمل. وفي هذا الإطار، تتلاقى مبادرات الاقتصاد الدائري للكربون ومشروعات الطاقة المتجددة والهيدروجين مع بنى تحليل البيانات الوطنية لتشكل منظومةً معرفيةً جديدة ترى أن التنمية العادلة لا تتحقق إلا بالذكاء، وأن الذكاء الحقيقي هو الذي يوازن بين الإنسان والكوكب. وهكذا، يتحول الذكاء الاصطناعي من أداة تقنية إلى ضمير تنموي جديد، يمنح الطاقة وعيًا، ويمنح الاستدامة عقلًا. وفي هذا الوعي المتكامل، تعيد المملكة صياغة مفهوم القوة: ليست في الإنتاج وحده، بل في التفكير المسؤول، حيث تصبح التقنية وسيلةً للرحمة بالكوكب، لا للهيمنة عليه.

لم يعد المشهد العالمي يحتمل ثنائيات حادة من قبيل "وقود أحفوري مقابل طاقة متجددة". الواقع أكثر تركيبًا: اقتصاد كوني يحتاج أمن الطاقة والموثوقية، وكوكب يحتاج خفض الانبعاثات والتكيف مع التغير المناخي. في هذا التوازن الدقيق، يصبح الذكاء الاصطناعي "لغة الوساطة" بين الحاجة البيئية والضرورة الاقتصادية. تتجه الاقتصادات الكبرى إلى استخدامه في تخطيط الشبكات والسياسات وتسعير الكربون وإدارة المخاطر المناخية، بينما تتوسع مراكز الأبحاث في دراسة أخلاقيات الذكاء الاصطناعي في الطاقة وأسئلة الشفافية والمساءلة. تتقدم المملكة في هذا المشهد بصفتها حلقة وصل: لديها خبرة عميقة في منظومات الطاقة التقليدية، وتستثمر في البنى الرقمية والمعرفة لتكون جزءًا من اقتصاد الطاقة الذكية. فلسفة المملكة ليست القطيعة، بل التحول المتدرج الذي يضمن أمن الإمدادات ويقلل الأثر البيئي، ويحول الاستدامة إلى معيار عملي للسياسات العامة. إنها رؤية تجعل من الذكاء الاصطناعي "جسرًا" لا "فاصلًا"، ومن الطاقة مجالًا للتجريب المعرفي لا مجرد سلعة إنتاجية.

حين تفكر الطاقة... تنتج قوةً ناعمة

القوة الناعمة لا تصنع بالخطاب وحده، بل بالمنجز الذي يفرض احترامه. وعندما تبني دولة ما صورتها العالمية على مشروعات تقنية وإنسانية متسقة، فإنها ترسل إلى العالم رسالةً غير مرئية لكنها مقنعة: أننا نفكر بمستقبلنا وبمستقبلكم. هذا ما تصنعه التجربة السعودية حين تدمج الذكاء الاصطناعي بالطاقة المستدامة، وحين تستضيف المنصات الدولية للحوار حول مستقبل التقنية، وتقدم مبادرات بيئيةً واقتصاديةً ذات أثر إقليمي ودولي. في هذا الأفق، يصبح "التكامل التقني" قوةً ناعمةً جديدة: صورةً ذهنيةً تبنى على الثقة وعلى الاتساق بين القول والفعل. فحين ترى المجتمعات أن التقنية تستخدم لتخفيف العبء البيئي وتحسين جودة الحياة وتعزيز كفاءة الاقتصاد، تتشكل قناعة أخلاقية بأن التنمية يمكن أن تكون عادلةً ومسؤولة. هكذا تعاد قراءة المملكة في الخيال العالمي: دولة تتكلم بلغة المستقبل، وتحسن الإصغاء إلى أسئلة الكوكب وبذلك نستطيع القول بأنه حين تفكر الطاقة، تفكر المملكة. ليس كيانًا اقتصاديًا يريد التفوق فحسب، بل عقلًا وطنيًا يقرأ المستقبل بلغة جديدة تمزج العلم بالقيم، والتقنية بالإنسان. لقد أثبتت التجربة السعودية أن الذكاء الاصطناعي ليس نقيض الطبيعة، بل وسيلتها الجديدة للتعبير؛ وأن الطاقة ليست موردًا ينفد، بل فكرة تتجدد كلما أحسنا إدارتها.

العلاقة بين الطاقة والعقل هنا لم تعد علاقة إنتاج واستهلاك، بل علاقة إلهام وتفكير. فعندما تستثمر المملكة في العقول كما استثمرت في الموارد، ترسم مسارًا إنسانيًا للتنمية يعيد تعريف الثروة على أنها القدرة على التعلم والتكيف والإبداع. وبهذا يصبح الذكاء الاصطناعي امتدادًا للذكاء الإنساني، لا بديلًا عنه؛ جسرًا نحو اقتصاد أكثر عدلًا وكوكب أكثر اتزانًا. إن القوة الناعمة التي تنتجها الطاقة حين تفكر تقوم على الاتساق بين الرؤية والتنفيذ، بين المنجز التقني والرسالة الأخلاقية. وحين تضاء شاشات المراكز البحثية ومصابيح المدن الذكية وأذهان الطلبة في الجامعات، لا يشتعل التيار فقط، بل تشتعل فكرة وطنية تقول إن الفكر هو الطاقة الأسمى. وهكذا، لا يقتصر حضور المملكة على تصدير الطاقة، بل يمتد إلى تصدير المعنى: معنى أن تصنع نهضتك بالعقل، وأن تحرس بيئتك بالعلم، وأن تبني صورتك العالمية على الثقة والعمل لا على الخطابة.

بقلم يرى في الكلمة طاقة، وفي الوعي نورًا.

قائمة المراجع:

- وكالة الأنباء السعودية (2023). كلمة صاحب السمو الملكي الأمير محمد بن سلمان في منتدى الذكاء الاصطناعي الوطني. الرياض.
- وزارة الطاقة السعودية (2024). تصريحات الأمير عبدالعزيز بن سلمان حول دور الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة قطاع الطاقة. الرياض.
- أرامكو السعودية (2024). كلمة أمين الناصر حول مستقبل الطاقة المستدامة. الظهران.
- سدايا (2023). المؤتمر العالمي للذكاء الاصطناعي. الرياض.
- مبادرة السعودية الخضراء (2024). كلمة ولي العهد حول الاستدامة والعمل المناخي. الرياض.
- رؤية السعودية 2030 (2024). وثيقة الرؤية وبرامجها التنفيذية.
- فاتح بيرول (2023). مستقبل الطاقة النظيفة والذكاء الاصطناعي. الوكالة الدولية للطاقة. باريس.
- كلاوس شواب (2022). الثورة الصناعية الرابعة وأثرها في الطاقة العالمية. المنتدى الاقتصادي العالمي. جنيف.

الأستاذة ربا بنت حسين القحطاني
جامعة الملك فيصل

إطار تنظيمي مقترح لاستخدامات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة السعودي: نحو مستقبل ابتكاري مستدام

خلق الله الكون، وفلق الحب والنوى، وسخر للإنسان مناكب الأرض وما تحت الثرى، فقال تعالى: {وَسَخَّرَ لَكُمْ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ} (الجاثية: 13)؛ فله الحمد على نعمه التي لا تعد ولا تحصى، والتي مهدت الطريق لما نعاصره اليوم من ثورة صناعية رابعة، أحدثت تحولات جذرية في مختلف مناحي الحياة، مظهرًا وجوهرًا، مدفوعة بالتقنيات الناشئة، وعلى رأسها الذكاء الاصطناعي الذي أضحى ضرورة لا غنى عنها، ومن أهم أسس البحث والابتكار.

ولما للذكاء الاصطناعي من أهمية بالغة في تمكين الأوطان وبسط السلطان وازدهار العمران، سعت جل الدول لتبنيه، وفي طليعتها المملكة العربية السعودية، مستهدفة ضمن رؤيتها 2030 الريادة العالمية في الطاقة، وبناء مستقبل ابتكاري مستدام.

وفي ضوء ذلك التوجه، أنشئ مركز الذكاء الاصطناعي للطاقة في 31 يناير 2021م، في خطوة إستراتيجية لإحداث طفرة اقتصادية ونقلة نوعية تتجاوز آثارها ما حققته وما ستحققه القطاعات الأخرى؛ لعدة أسباب جوهرية، لعل أبرزها المكانة المحورية التي يضطلع بها قطاع الطاقة بوصفه القلب النابض لبقية القطاعات وشريان أنشطتها الاقتصادية، فضلًا عن كون قطاع الطاقة السعودي يمثل المصدر الأساسي للطاقة العالمية في عصرنا الحاضر.

وعلى الرغم من الفرص الواعدة التي يخلقها الذكاء الاصطناعي فإنه يثير في المقابل تحديات تنظيمية وأخلاقية متعددة، أبرزها: المسؤولية القانونية، والتحيز، والخصوصية، وحقوق الملكية الفكرية.

وانطلاقًا مما سبق، تتمثل الإشكالية في وجود فجوة تنظيمية تحد من قدرة قطاع الطاقة على تحقيق الاستفادة المثلى من الذكاء الاصطناعي، وهو ما ينعكس سلبًا على كفاءة منظومة الطاقة، ويوجب معالجة تشريعية وحلولًا عملية تسهم في تمكين المملكة من الوفاء بالتزاماتها الدولية وتحقيق مستهدفاتها الوطنية.

الطاقة والذكاء الاصطناعي:

في مستهل الحديث لا بد من الوقوف عند مصطلحي: (الطاقة، والذكاء الاصطناعي)؛ ذلك أن الحكم على شيء فرع عن تصوره.

في اللغة العربية: كلمة (طاقة) اسم مشتق من الجذر الثلاثي "ط و ق"، ويراد بها الاستطاعة والتحمل كما ورد استعمالها في الآية الكريمة: {قَالُوا لَا طَاقَةَ لَنَا الْيَوْمَ بِجَالُوتَ وَجُنُودِهِ} (البقرة: 249).[1]

وعامة: يقصد بها المحرك الأساسي لكل ما يقوم به الإنسان منذ الأزل وحتى الآن، في حين أن (الذكاء الاصطناعي) مصطلح حديث مركب من كلمتين، وهما: (الذكاء، والاصطناعي)، فالأولى: اسم مأخوذ من الجذر الثلاثي "ذ ك و" وتدل على سرعة الفهم والإدراك[2]، والثانية: صفة منسوبة إلى كلمة (اصطناع) ويراد بها ما هو مقلد للطبيعي[3].

وفي الاصطلاح تباينت تعريفات الذكاء الاصطناعي باختلاف المنظور الذي يتناول التعريف من خلاله، فعرفته منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بأنه: "نظام قائم على الآلة، يستخلص -سعيًا لتحقيق أهداف صريحة أو ضمنية- من البيانات التي يتلقاها كيفية توليد مخرجات محددة مثل: التنبؤات، أو المحتوى، أو التوصيات، أو القرارات التي يمكن أن تؤثر على البيئات المادية أو الافتراضية".[4]

وبناء على ما سبق توضيحه، ننتقل لعرض نوع العلاقة بين المجالين، ومدى تكاملهما.

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال الطاقة:

تعد أرض المملكة منذ عقود منبعًا عالميًا للطاقة بفضل احتياطي النفط الهائل -عصب الاقتصاد السعودي آنذاك- ومع التوسع الحضاري الذي شهدته المملكة وازدياد عدد سكانها، تضاعف استهلاك الطاقة بوتيرة غير مسبوقة، الأمر الذي تسبب في آثار سلبية، وكشف عن حاجة ملحة لتحقيق التوازن بين ثلاثة عناصر جوهرية: تحسين الكفاءة، وخفض التكاليف، وتعزيز الاستدامة.

وفي هذا السياق تبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي كحلقة وصل تجمع العناصر السابقة؛ لتسهم في استدامة قطاع الطاقة، وتفتح آفاقًا رحبة للتطوير والابتكار، وتضمن أمن الطاقة على المدى الطويل؛ ومن أبرز هذه التطبيقات:

- **الصيانة والتنقيب:** يمتلك الذكاء الاصطناعي قدرة كبيرة على تحليل كميات بيانات ضخمة مثل: البيانات المناخية والجيوفيزيائية، في وقت قياسي يتجاوز القدرات البشرية، وعند تدريبه على تلك المدخلات سيتمكن من تقديم توقعات دقيقة حول القدرة الإنتاجية لمحطات الطاقة الشمسية وعنفات الرياح، فضلًا عن إمكانية استكشاف المواقع المثلى لمصادر الطاقة التقليدية مثل: النفط والغاز.

- **التخزين وإدارته:** يتعين على شركات الطاقة في بعض الأوقات تخزين فائض الطاقة لاستخدامها عند الحاجة إليها، ويمكن للذكاء الاصطناعي تطوير بطاريات سريعة الشحن وتدوم لوقت طويل، ويمكنه تحسين إدارة حركة التخزين، والتنبؤ بأوقات الطلب عبر تقديم خطط زمنية لأوقات التوزيع والتخزين المناسبة.

- **الشبكات الذكية:** تحلل الشبكات المدعومة بالذكاء الاصطناعي سلوك المستخدمين، وتدير حمولة الطاقة بين مختلف المدن والمناطق لتفادي الانقطاع المفاجئ للتيارات الكهربائية.

---

[1] ينظر: معجم الرياض للغة العربية المعاصرة، كلمة (طَاقَة).

[2] ينظر: ابن منظور، لسان العرب، الطبعة الثالثة، باب الذال، مادة (ذكا)، ص:13.

[3] ينظر: ابن منظور، لسان العرب، كتاب العين المهملة، فصل الصاد المهملة، مادة صنع، ج8، ص: 312-308.

[4] نحو إطار تنظيمي شامل للذكاء الاصطناعي في المملكة العربية السعودية: دراسة مقارنة لأفضل الممارسات الدولية لأنظمة الذكاء الاصطناعي وسياسته، من إعداد: مركز الدراسات والبحوث القانونية، 2025م، ص: 13.

أهمية الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة السعودي:

ما عرض مسبقًا لا يمثل سوى قطرة من بحر تطبيقات واعدة لا تزال محلًا للتطوير وبيئة خصبة للابتكار، وقد يتبادر في الأذهان تساؤلات حول جدوى السعي نحو تحقيق الاستفادة القصوى من هذه التقنية في قطاع الطاقة السعودي، ومدى الحاجة الملحة لتبنيها.

ولعلني أقطع حبل التساؤلات بإجابة واضحة، وأقول لكم -وأذكر بعضكم- بأن المملكة تتجه بخطى واثقة نحو الريادة العالمية في مجالات عدة، وتسعى لتعزيز القيمة المضافة لهذه التقنية في قطاع الطاقة السعودي، مع أخذ الحفاظ على حقوق الأجيال المستقبلية في الحسبان، ومن هنا تتجلى أهمية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة، في ثلاث نقاط على النحو الآتي:

- **المساهمة في تحقيق طاقة نظيفة بأسعار معقولة:** يؤكد لنا الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة ضرورة إنتاج "طاقة نظيفة بأسعار معقولة"، وهنا يمكن لتطبيقات الذكاء الاصطناعي أن تحدث نقلة نوعية تسرع من تحقيق هذا الهدف في زمن قياسي، شريطة توفر بنية تحتية متكاملة وبيئة تشريعية داعمة تعزز استدامة هذه التحولات.

- **تنفيذ الخطط الإستراتيجية:** يسهم الذكاء الاصطناعي في تحقيق الخطة الإستراتيجية للمملكة بفعالية، التي تسعى لإنتاج مزيج طاقة متوازن تصل فيه نسبة مصادر الطاقة الطبيعية إلى 50% بحلول عام 2030م.

- **خفض التكاليف وتحفيز الاستثمار:** يواجه المستثمرون في قطاع الطاقة المتجددة مخاوف في ضخ أموالهم في هذا القطاع الحيوي بسبب ارتفاع التكاليف وغياب أطر تنظيمية تضمن حقوقهم، إلا أن تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي يمكن أن يسهم بشكل جوهري في تقليل التكاليف، وجذب الاستثمارات المحلية والأجنبية للقطاع.

تنظيم الذكاء الاصطناعي عالميًا ومحليًا:

بعد أن استشرفنا معًا مستقبلًا تتكامل فيه تقنيات الطاقة والذكاء الاصطناعي، حري بنا أن نلقي الضوء على المنظومة التشريعية للذكاء الاصطناعي في العالم، وفي المملكة العربية السعودية.

في الآونة الأخيرة، أدركت الدول المتقدمة ضرورة تدخل حكوماتها لتأطير استخدامات الذكاء الاصطناعي، والحد من انتهاكاته، وفي ضوء ذلك، ظهر حراك تشريعي متنام لتأطير الذكاء الاصطناعي، تجسد أولها في قانون الذكاء الاصطناعي الصادر عن الاتحاد الأوروبي، ولحق ذلك إصدار جمهورية الصين الشعبية اللوائح المؤقتة بشأن تنظيم خدمة الذكاء الاصطناعي، ولم تكن الولايات المتحدة الأمريكية عن هذا الركب ببعيد؛ حيث أصدرت قانونًا بتأثيرات الذكاء الاصطناعي على البيئة.

وفي المملكة، صدرت العديد من الوثائق الرسمية المنظمة للذكاء الاصطناعي، ظهرت على شكل أدلة وقواعد وسياسات متخصصة، الأمر الذي يكشف عن توجه ذوي الشأن نحو بناء تنظيم شامل للذكاء الاصطناعي يسعى لتحقيق التوازن بين دعم الابتكار وحماية الحقوق، بما يتماشى مع مستجدات التقنية والتحديات المصاحبة لها.

إلا أن الناظر بعين فاحصة يتمكن من ملاحظة أن المملكة لم تعتمد حتى اليوم وثيقة رسمية تنظيمية متخصصة -كبقية الدول- تضم قواعد قانونية ملزمة تعالج التحديات التي يطرحها استخدام الذكاء الاصطناعي، وهو ما قد يقف عائقًا أمام المملكة لتحقيق خططها الإستراتيجية ومستهدفاتها التنموية.

تحديات توظيف الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة بالمملكة:

يطرح توظيف الذكاء الاصطناعي تحديات قانونية في كل القطاعات بوجه عام، وفي قطاع الطاقة على وجه خاص، تستدعي مواكبة تشريعية تؤطر عملية توظيفها، ومن أبرز التحديات ما يلي:

- **المسؤولية القانونية:** في بعض الأحيان يتخذ الذكاء الاصطناعي قرارات خاطئة، ويقوم بأفعال غير متوقعة، الأمر الذي يطرح السؤال الآتي: من المسؤول قانونًا عن الأضرار التي يحدثها الذكاء الاصطناعي؟ حتى الآن لا توجد إجابة متفق عليها؛ ولعل السبب الرئيس يعود إلى افتقاره العقل والإدراك بوصفهما مناط تحميل المسؤولية القانونية. على الجانب الآخر، هناك اتجاه فقهي يؤيد منح الذكاء الاصطناعي الشخصية القانونية على غرار منح الشخصية الاعتبارية للشركات؛ تمهيدًا لتحميله المسؤولية عن أفعاله وقراراته.

- **التحيز:** نماذج الذكاء الاصطناعي تستند في عملية تدريبها وتطويرها إلى بيانات ضخمة مجمعة من مصادر متعددة، التي قد تكون في أصلها منحازة لديانة، أو ثقافة، أو جنسية، أو منطقة معينة؛ الأمر الذي يتسبب في إعادة نشر تلك التحيزات على نطاقات وتطبيقات واسعة، مما يؤدي إلى تفضيلات غير عادلة وقائمة على أسس واهية، على غرار ما تسببت به خوارزمية كومباس.

- **حقوق الملكية الفكرية:** في جوهرها أداة توفر الحماية القانونية لما ينتجه الإنسان وحده من إبداعات، إلا أن الذكاء الاصطناعي أضحى ينافس الإبداع البشري، مما يطرح تساؤلات حول مدى إمكانية إضفاء الحماية القانونية على مخرجاته، وحتى الآن لا يزال هناك أخذ ورد في الوسط القانوني بشأن منح تطبيقات الذكاء الاصطناعي حقوق الملكية الفكرية على مخرجاته.

- **الخصوصية:** تعتمد نماذج الذكاء الاصطناعي على جمع بيانات ضخمة تجمع حينًا بطرق أخلاقية ونظامية، وفي أحيان يكون الأمر على خلاف ذلك، مما يستدعي البحث حول مآل تلك البيانات التي تكون في الغالب قد جمعت دون علم أطرافها، فضلًا عن جهلهم أين وكيف سيتم استخدامها.

وبعد أن حاولنا سبر أغوار تلك التقنية، وسلطنا الضوء على جوانبها في قطاع الطاقة، ننتقل للإجابة عن التساؤل الأكبر، الذي تسعى هذه المقالة للإجابة عنه: هل حان الوقت لأن يعمل المشرعون أدواتهم التنظيمية، وأن يبادر صناع السياسات بتجهيز أوراقهم لتنظيم الذكاء الاصطناعي؟ إذا كان الرد بالإيجاب، فها أنا أقدم لذوي الشأن والأكاديميين والباحثين والخبراء والمهتمين ملامح إطار تنظيمي مقترح؛ لعله يكون البذرة الأولى في بستان تشريع مثمر.

الإطار التنظيمي المقترح لاستخدام الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة السعودي:

يشير أستاذ فلسفة الوسائط والتقنية في قسم الفلسفة بجامعة فيينا مارك كوكلبيرج، في كتابه "أخلاقيات الذكاء الاصطناعي" إلى أن الذكاء الاصطناعي يتسم -على خلاف التقنيات الناشئة الأخرى- بالسرعة والغموض، الأمر الذي يوجب علينا تبني حلول استباقية عبر تصور الأضرار المحتملة؛ لإمكانية تفاديها قدر المستطاع قبل وقوعها.

وانطلاقًا من ذلك، وإيمانًا بأهمية الإسهام في رفع كفاءة قطاع الطاقة بما ينسجم مع المستهدفات الوطنية والالتزامات الدولية على عاتق المملكة، ارتأيت تقديم ملامح إطار تنظيمي يبنى على أسس أخلاقية تعزز الابتكار المسؤول، وسأطرح ذلك في ثلاثة محاور رئيسة:

أولًا: السند القانوني

يتضح بعد استقراء موسع لاختصاصات الجهات الحكومية ذات العلاقة: اختصاص وزير الطاقة بموجب المادة الثانية والعشرين من نظام مجلس الوزراء بالتعاون مع هيئة البيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا)؛ وذلك بموجب الفقرة الثانية من المادة الثالثة من ترتيبات تنظيم الهيئة.

وبناء على ما سبق: فإنه يوصى بالتدخل تنظيميًا من وزارة الطاقة بأن يصدر قرار من وزير الطاقة يتضمن الموافقة على لائحة تنظيمية مستقلة تلزم بتوظيف الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة، كذلك يوصى أن يتضمن القرار ما يلي:

الإلزام بتنظيم دمج الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة، وتحديد المعايير والضوابط والقيم الأخلاقية للحد من المخاوف المرتبطة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال الطاقة، على سبيل المثال التحيز، والمسؤولية القانونية، مما يعزز من قبول المستثمرين وشركات الطاقة والمجتمع لهذه التقنية.

ثانيًا: الجهة المنوطة بالإشراف

حتى لا يبقى الإطار التنظيمي حبرًا على ورق يجب علينا تحديد جهة تتولى مهمة الإشراف على تنفيذه ومتابعة تطبيقه من قبل المعنيين بمقتضاه، لضمان التبني المسؤول والفعال لهذه التقنية، بما يحقق تطلعات المملكة والتزاماتها الدولية. وفي ذلك تظهر عدة خيارات على النحو الآتي:

الأول: أن تتولى وزارة الطاقة مهمة الإشراف بالكامل. الثاني: إنشاء لجنة مشتركة تتبع وزارة الطاقة وهيئة (سدايا). الثالث: إحالة الشأن كاملًا لهيئة (سدايا).

والذي أراه أقرب للتطبيق ويتناسب مع بيئة المملكة: هو الخيار الثاني بتشكيل لجنة مشتركة من ذوي الاختصاص والخبرة، تنسق في ما بينها بما يضمن توحيد الجهود وتكاملها.

ثالثًا: مجال تطبيق الإطار

تنتهج المملكة نهجًا تدريجيًا يقوم على التغذية الراجعة، وذلك عند تطبيق الأنظمة واللوائح التي تتعامل مع مستحدثات الأمور، وتأسيسًا على ما سبق، نجد أنفسنا تحت الخيارات الآتية لتطبيق الإطار التنظيمي:

الأول: أن يقتصر التطبيق على تقنيات الطاقة المتجددة، والثاني: أن يقتصر التطبيق على تقنيات الطاقة التقليدية، والثالث: أن يشمل التطبيق تقنيات الطاقة المتجددة والطاقة التقليدية في مرحلة لاحقة.

والذي أراه أقرب للتطبيق ويتناسب مع توجهات المملكة: الخيار الثالث؛ ذلك أن المملكة تسعى بحلول عام 2030م لأن تغطي جميع مصادر الطاقة المتجددة نصف الإنتاج الطاقي، والنصف الآخر من الغاز.

وختامًا، فقد خلصت المقالة -بعد تعريف الطاقة والذكاء الاصطناعي وبيان تكاملهما- إلى أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي تعزز كفاءة القطاع واستدامته. وبينت دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق طاقة نظيفة ميسورة، وخفض التكاليف وجذب الاستثمار. استعرضت المقالة المشهد التنظيمي عالميًا ومحليًا، وحللت أبرز التحديات القانونية والأخلاقية، وقدمت إطارًا تنظيميًا يقوم على سند قانوني واضح، وجهة إشراف مشتركة، وتطبيق تدريجي مدفوع بالتغذية الراجعة. وبناء عليه، توصي المقالة أصحاب الشأن ووزارة الطاقة بإصدار لائحة مستقلة ملزمة وفق ما سبق تفصيله، وتشجيع العمل البحثي المشترك بين مختلف العلوم الإنسانية والطبيعية لإعداد دراسات وأبحاث نوعية تخدم صانعي القرار.

قائمة المراجع:

- القرآن الكريم.
- ابن منظور، معجم لسان العرب، دار صادر، الطبعة الثالثة، 1414ه.
- إصدارات سدايا، دليل حالات استخدام الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة،2024م.
- سارة سليمان، الدور المتنامي للذكاء الاصطناعي في مجال الطاقة، المجلة العلمية للملكية وإدارة الابتكار، المجلد (7)، العدد (3)، 2024م.
- سمير أبو جامل وعادل رأفت، مسار الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية، المجلة العلمية التجارة والتمويل، المجلد (44)، العدد (1)، 2024م.
- مركز الدراسات والبحوث القانونية، نحو إطار تنظيمي شامل للذكاء الاصطناعي في المملكة العربية السعودية: دراسة مقارنة لأفضل الممارسات الدولية لأنظمة الذكاء الاصطناعي وسياسته، 2025م.
- ترجمة هبة غانم، مارك كوكلبيرج، أخلاقيات الذكاء الاصطناعي، مؤسسة هنداوي، 2024م
- الترتيبات التنظيمية للهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي الصادرة بقرار مجلس الوزراء رقم (292) تاريخ 27/4/1441ه والمعدلة بقرار مجلس الوزراء رقم (195) تاريخ 15/3/1444ه
- نظام مجلس الوزراء الصادر بالأمر الملكي رقم (أ/13) وتاريخ 3/3/1414ه
- الموقع الرسمي لوكالة الأنباء السعودية https://www.spa.gov.sa/N2010778
- الموقع الرسمي لمعجم الرياض للغة العربية المعاصرة https://dictionary.ksaa.gov.sa/re-sult/%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9
- الموقع الرسمي لوزارة الطاقة https://www.moenergy.gov.sa/ar/eco-system
- الموقع الرسمي لمنظمة الأمم المتحدة https://www.un.org/sustainabledevelopment/ar/energy/

الدكتور إبراهيم بن عبدالله الرماح
هيئة تنمية البحث والتطوير والابتكار

طاقة توقد الذكاء وذكاء يستديم الطاقة: تآزر يرسم المستقبل

يشهد العالم اليوم صعود اتجاهين متزامنين قد يحددان ملامح المستقبل: التحول العالمي نحو مصادر الطاقة المستدامة، والتحول الرقمي الذي يقوده الذكاء الاصطناعي والتقنيات الناشئة. وبين هذين المسارين، تنشأ علاقة تكاملية وتبادلية بين تقنيات الطاقة والذكاء الاصطناعي؛ علاقة لا تقتصر على كونها تقاطعًا تقنيًا، بل تمثل إعادة تشكيل جذري للاقتصادات العالمية. فمن ناحية، يعتمد الذكاء الاصطناعي -الذي أضحى صناعة تقوم بتريليونات الدولارات [1]- بشكل حيوي على الطاقة؛ لتشغيل مراكز البيانات الضخمة التي تدرب نماذجه وتنفذ عملياتها. ومن ناحية أخرى، يقدم الذكاء الاصطناعي نفسه إمكانات هائلة لتحويل مستقبل قطاع الطاقة، وجعله أكفأ وأكثر استدامة.

لقد أصبح توفير مصادر طاقة مستدامة وموثوقة ضرورة ملحة، لا سيما في ظل تنامي الطلب العالمي على الكهرباء، والنمو السكاني المتسارع، والالتزامات الدولية لتقليل الانبعاثات الكربونية. وفي هذا السياق، برزت تقنيات الذكاء الاصطناعي بوصفها عنصرًا محوريًا لإعادة تشكيل أنظمة الطاقة، ليس من حيث تحسين الكفاءة التشغيلية فحسب، بل أيضًا لتعزيز القدرة على التنبؤ، والتخطيط، والاستجابة السريعة للاضطرابات والتقلبات. إن دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات الطاقة المتجددة والتقليدية -على حد سواء- يمثل فرصة فريدة لتطوير منظومات طاقة ذكية، مرنة ومستدامة [2]. إن التحديات المرتبطة بتقلب الإنتاج في مصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية والرياح، والحاجة إلى دمجها بتناغم مع الشبكات القائمة، تتطلب قدرات تحليلية مستبصرة، وهو ما يوفره الذكاء الاصطناعي عبر خوارزميات تعلم الآلة والتحليلات التنبؤية [4][3].

تهدف هذه المقالة إلى تقديم رؤية شاملة حول التآزر بين الذكاء الاصطناعي وتقنيات الطاقة، مستندة إلى استقراء شامل لتقارير ودراسات حديثة صادرة عن مؤسسات عالمية رائدة، ومراجعات علمية متخصصة. تبدأ المقالة باستكشاف العلاقة ذات الاتجاهين المتبادلين بين الطاقة والذكاء الاصطناعي، ثم تنتقل إلى عرض مختصر للتطبيقات العملية عبر سلسلة القيمة الطاقية. بعد ذلك، تعرض المقالة بعض التحديات التي تواجه هذا التكامل، مع اقتراح حلول لما يمكن أن يبدو عليه قطاع الطاقة في عصر التقنيات البازغة.

علاقة ذات اتجاهين: الطاقة للذكاء الاصطناعي، والذكاء الاصطناعي للطاقة

يمكن فهم العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والطاقة من خلال منظورين متكاملين ومترابطين بشكل وثيق: الأول هو "الطاقة من أجل الذكاء الاصطناعي"، الذي يركز على المتطلبات الهائلة من الطاقة اللازمة لتشغيل هذه التقنية الثورية، والآخر هو "الذكاء الاصطناعي من أجل الطاقة"، الذي يستكشف كيفية استخدام هذه التقنية لتحسين كفاءة واستدامة قطاع الطاقة نفسه.

لا وجود للذكاء الاصطناعي من غير طاقة؛ فتدريب وتشغيل نماذج الذكاء الاصطناعي يكون في مراكز بيانات ضخمة وشرهة للطاقة. يستهلك مركز بيانات نموذجي مخصص للذكاء الاصطناعي مقدارًا من الكهرباء يعادل استهلاك 100 ألف منزل، لكن المراكز الأكبر -التي هي قيد الإنشاء اليوم- ستستهلك ما يعادل 20 ضعف هذا المقدار. وقد شهد الاستثمار العالمي في مراكز البيانات تضاعفًا تقريبًا منذ عام 2022، ليصل إلى نصف تريليون دولار في عام 2024. وقد أدى هذا الازدهار الاستثماري إلى مخاوف متزايدة بشأن الارتفاع الهائل في الطلب على الكهرباء والعجز عن تلبيته. في عام 2024، شكلت مراكز البيانات نحو 1.5% من استهلاك الكهرباء في العالم، أو ما يعادل 415 تيراواط/ساعة. استحوذت الولايات المتحدة على الحصة الأكبر من هذا الاستهلاك (45%)، تليها الصين (25%) وأوروبا (15%). ومن المتوقع أن يتضاعف استهلاك الكهرباء في مراكز البيانات ليصل إلى قرابة 945 تيراواط/ساعة بحلول عام 2030، وهو ما يزيد قليلًا عن إجمالي استهلاك الكهرباء في اليابان اليوم. وتمثل مراكز البيانات ما يقارب نصف نمو الطلب على الكهرباء بين عامي 2025 و2030. وبحلول نهاية العقد، من المتوقع أن يستهلك مقدار من الكهرباء لمراكز البيانات يفوق ما يستهلك لإنتاج الألمنيوم والصلب والأسمنت والمواد الكيميائية وجميع المنتجات الأخرى كثيفة الاستهلاك للطاقة مجتمعة [5].

وفي مقابل الاستهلاك الشره للطاقة، يقدم الذكاء الاصطناعي فرصًا هائلة لتحسين قطاع الطاقة نفسه. إن نظام الطاقة العالمي معقد ومتطور، ويعتمد بشكل متزايد على الإمداد بالكهرباء[1](Electrification) والرقمنة (Digitalization) واللامركزية (Decentralization). هذه العوامل شجعت شركات الطاقة على نشر تطبيقات تستخدم الذكاء الاصطناعي لتحسين الأنظمة، وزيادة الإنتاج، وخفض التكاليف، ورفع الكفاءة، وتقليل الانبعاثات، وتعزيز السلامة. تتجلى أهمية دمج الذكاء الاصطناعي في الطاقة في ثلاثة محاور رئيسة: الاستدامة البيئية، الكفاءة التشغيلية، المرونة والموثوقية. أولًا، الاستدامة البيئية تشكل الحافز الأهم؛ فالانتقال من مصادر الطاقة التقليدية إلى مصادر متجددة يمثل تحديًا بيئيًا وإستراتيجيًا. يتيح الذكاء الاصطناعي تحسين إدارة الشبكات الطاقية، وتحليل البيانات التشغيلية لتقليل الهدر وتقليل الانبعاثات، وهو ما يدعم أهداف التنمية المستدامة العالمية. ثانيًا، الكفاءة التشغيلية تمثل دافعًا اقتصاديًا حيويًا؛ إذ يتيح الذكاء الاصطناعي التنبؤ بالطلب على الطاقة وإنتاجها بدقة متناهية، مما يقلل من الاستهلاك المهدر للطاقة، ويخفض تكاليف التشغيل، ويحد من الآثار البيئية السلبية. ثالثًا، المرونة والموثوقية تعدان ميزتين أيضًا؛ إذ يسهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز قدرة أنظمة الطاقة على التكيف مع الاضطرابات والتقلبات الطارئة على الإنتاج أو الاستهلاك [6].

تطبيقات الذكاء الاصطناعي عبر سلسلة القيمة الطاقية

تمتد تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتشمل كل مرحلة من مراحل سلسلة قيمة الطاقة، من الاستكشاف والتوليد إلى النقل والتوزيع والاستهلاك النهائي، مما يخلق منظومة طاقة أذكى وأكفأ. وفي ما يلي عرض لبعض هذه التطبيقات.

1. الشبكات الذكية

التحول في منظومات الكهرباء من شبكات مركزية إلى شبكات موزعة يعتمد بدرجة متزايدة على الذكاء الاصطناعي؛ لإدارة التوازن بين العرض والطلب في الوقت الفعلي. أصبح الذكاء الاصطناعي جزءًا جوهريًا من عمليات إدارة الشبكات الكهربائية؛ حيث يتيح تحليل البيانات في الوقت الفعلي، والتنبؤ بالطلب، وضبط توزيع الطاقة، بما يضمن استقرار الشبكة ودمج المصادر المتجددة بسلاسة [7]. يمكن للكشف عن الأعطال بواسطة الذكاء الاصطناعي أن يحدد بسرعة وبدقة أعطال الشبكة، مما يقلل من مدة انقطاع التيار الكهربائي بنسبة 30-50% [5].

يمكن الذكاء الاصطناعي من التنبؤ الدقيق بالطلب الكهربائي من خلال تحليل أنماط الطقس والاستهلاك اليومي، وتوجيه الطاقة المتجددة المخزنة لتغطية الذروة أو تخفيض الأحمال. وبفضل خوارزميات التعلم التعزيزي (Reinforcement Learning)، يمكن للنظام أن "يتعلم" من

[1] يعرب هذا المصطلح أيضًا بـ (الكهربة)، لكن ما أثبتناه هو ما اختاره "معجم مصطلحات الطاقة" من إصدار وزارة الطاقة بالتعاون مع مجمع الملك سلمان العالمي للغة العربية، الإصدار الأول، 2024.

التجارب السابقة لتحسين الأداء بمرور الوقت. ولا يقتصر الأمر على البنية التحتية فقط، بل يمتد إلى تمكين المستهلك؛ فبفضل العدادات الذكية والمنصات الرقمية، أصبح بإمكان الأفراد -من حيث المبدأ- إنتاج الطاقة عبر الألواح الشمسية وبيع الفائض للشبكة، بينما يدير الذكاء الاصطناعي هذه التدفقات بما يضمن الاستقرار العام. وهكذا يتحول المستهلك إلى "منتج مشارك" في منظومة طاقة لامركزية متكاملة.

في هذا السياق، طور فريق بحثي نموذجًا للذكاء الاصطناعي يمكن أن يساعد في منع انقطاع التيار الكهربائي عن طريق إعادة توجيه الكهرباء بسرعة، مما يعد خطوة نحو إنشاء "شبكة ذاتية الإصلاح" تكتشف المشكلات، مثل الأضرار الناتجة عن العواصف، وتعالجها تلقائيًا دون تدخل بشري. يستخدم نموذج الذكاء الاصطناعي التعلم المعزز وتعلم الآلة بالرسوم البيانية لتحليل العلاقات المعقدة داخل شبكة الطاقة واتخاذ قرارات في الوقت الفعلي لتوزيع الكهرباء بشكل أمثل. سرعة الذكاء الاصطناعي تسمح له بإعادة توجيه الكهرباء في غضون أجزاء من الثانية، بخلاف الطرق الحالية التي تعتمد على التحكم البشري والتي قد تستغرق من دقائق إلى ساعات. كما يستخدم النموذج مصادر الطاقة المحلية، مثل الألواح الشمسية أو البطاريات، للحفاظ على الإمداد في أثناء الانقطاعات. وهناك حاجة إلى مزيد من الأبحاث لتنفيذ مثل النظام وتطوير تقنيات مشابهة لإصلاح الشبكات إثر حدوث الانقطاعات [8].

2. تسريع تكامل الطاقة المتجددة

في مجال الطاقة المتجددة، يعد الذكاء الاصطناعي أداة حاسمة في تحسين التكامل مع الشبكات القائمة. إن خوارزميات تعلم الآلة يمكنها التنبؤ بإنتاج طاقة الشمس والرياح بدقة عالية اعتمادًا على بيانات الطقس والموقع. كما يعزز الذكاء الاصطناعي من كفاءة الأنظمة الشمسية وطاقة الرياح من خلال تقنيات التحكم الذكية؛ إذ أظهرت الدراسات إمكانية زيادة كفاءة الأنظمة بنسبة تصل إلى 28% عند دمجها مع أنظمة تخزين طاقة ذكية [9].

3. الصيانة التنبؤية وإدارة الأصول

أثبت الذكاء الاصطناعي فعالية كبيرة في التنبؤ بأعطال المعدات قبل حدوثها، ما يقلل من الانقطاعات غير المخطط لها بنسبة تصل إلى 35%، ويزيد من إنتاجية الطاقة بنسبة 8.5% في الأنظمة المتجددة [9]. يمكن أن يؤدي تطبيق الذكاء الاصطناعي في عمليات محطات الطاقة وصيانتها إلى تحقيق وفورات في التكاليف تصل إلى 110 مليار دولار سنويًا بحلول عام 2035 [5]. ومن المتوقع أن تتجه الشبكات الذكية نحو الاستجابة الذاتية للاضطرابات وتحسين القدرة على التعامل مع الطوارئ. كما أن استخدام الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير (Explain-able AI) في أنظمة تحويل النفايات إلى طاقة يعزز الشفافية والاستدامة ويزيد من موثوقية اتخاذ القرار.

4. إدارة الكربون والتحول إلى الاقتصاد الدائري

يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا حاسمًا في تطوير أدوات رصد وتخزين الكربون. يقترح تقرير مختص تطوير "توأم رقمي للغلاف تحت السطحي للأرض"، يستخدم بيانات جيولوجية وزلزالية لتحديد المواقع المثلى لتخزين ثاني أكسيد الكربون [10]. كما تتيح تقنيات الرؤية الحاسوبية والطائرات المسيرة اكتشاف التسربات والانبعاثات في الوقت الحقيقي، مما يسهم في هدف الوصول إلى الحياد الصفري.

5. تسريع الابتكار في علم المواد وتخزين الطاقة

من أهم تأثيرات الذكاء الاصطناعي على المدى الطويل قدرته على تسريع الابتكار؛ فمختبرات "الروبوتات الذاتية" تستخدم خوارزميات تعلم آلي لتجريب آلاف التركيبات الكيميائية تلقائيًا، وتسريع اكتشاف مواد جديدة لتخزين الطاقة أو توليدها. هذا الدمج بين الذكاء الاصطناعي والبحث المخبري يشكل ما يسمى بـ "المختبر ذاتي القيادة". وفي مجال تخزين الطاقة، يمكن للخوارزميات التنبؤية أن تحدد العمر الافتراضي للبطاريات، وتتحكم في دورات الشحن والتفريغ المثلى، مما يطيل عمرها ويرفع كفاءتها.

الذكاء الاصطناعي للطاقة النووية: من الترخيص إلى التشغيل الذاتي

يحتل القطاع النووي موقعًا محوريًا في مشهد الطاقة النظيفة، غير أن بعض المتطلبات التنظيمية والتراخيص جعلت تطوير مفاعلات جديدة بطيئًا ومكلفًا. وهنا يفتح الذكاء الاصطناعي آفاقًا جديدة على ثلاثة مستويات رئيسة: أولًا، الترخيص والتنظيم: يمكن للنماذج اللغوية الضخمة المدربة على ملايين الوثائق التنظيمية والعلمية أن تختصر عملية مراجعة طلبات التراخيص التي تمتد عادة لسنوات طويلة، كما حدث في مشروع مفاعل (NuScale) الذي استغرق قرابة 14 عامًا من الدراسة والمراجعة [10]. ثانيًا، التصميم والنشر: تسهم تقنيات "التوأم الرقمي" في بناء نماذج افتراضية لمحطات الطاقة تحاكي الأداء الفعلي. وقد أظهرت دراسات حديثة أن دمج التوأم الرقمي في مشروعات الطاقة الكبرى يمكن أن يقلل من خطر التأخير بنسبة تصل إلى 21% [10]. ثالثًا، التشغيل والمراقبة: يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي أن تقلل الحاجة إلى التدخل البشري عبر أتمتة التشغيل والمراقبة؛ فخوارزميات "التعلم العميق" تستطيع تحليل بيانات أجهزة الاستشعار واكتشاف الاختلالات قبل أن تتسبب في أحداث أو حوادث، مما يقلل من توقف المحطات ويرفع مستوى الأمان. كما يتوقع أن تتيح هذه الأنظمة تشغيل المفاعلات المدمجة الصغيرة (SMRs) أو الميكروية بشكل شبه ذاتي، وهو ما قد يفتح الباب أمام انتشار أوسع للطاقة النووية في المناطق النائية.

تحديات وحلول في دمج الذكاء الاصطناعي في تقنيات الطاقة

بشكل عام، يعتبر غياب الأطر والسياسات التنظيمية من التحديات المهمة التي تواجه دمج الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة، خصوصًا في ما يتعلق بتبادل البيانات وتوافق الأنظمة [11]. ويتمثل الحل في وضع معايير واضحة للبيانات وتعزيز الحوافز والسياسات التي تشجع الشركات على تطبيق الحلول الذكية، بما يضمن بيئة تنظيمية مرنة ومحفزة للابتكار. ويتمثل أحد التحديات التقنية في مواجهة الشبكات الكهربائية لضغوط متزايدة، إذ تشير التقديرات إلى أن نحو 20% من مشروعات مراكز البيانات قد تتأخر بسبب محدودية قدرات الشبكة [5]. كما لا تزال خوارزميات الذكاء الاصطناعي بحاجة إلى تحسين في الأمان والموثوقية [12]. ويكمن الحل في الاستثمار في بنى تحتية رقمية قوية، وتوسيع قدرات الشبكات الذكية، وتطوير خوارزميات قادرة على معالجة البيانات الضخمة بأمان وكفاءة. أيضًا، تتطلب أنظمة الطاقة دقة عالية لا تحتمل الأخطاء، كما أن قرارات الذكاء الاصطناعي قد تؤثر بشكل مباشر على سياسات توزيع الطاقة وعدالتها. ولمعالجة ذلك، ينبغي إنشاء أطر تحقق واعتماد موثوقة لتقنيات الذكاء الاصطناعي، إلى جانب سن تشريعات واضحة تضمن الشفافية والمساءلة وتعزز الثقة في القرارات المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

إن التآزر بين الذكاء الاصطناعي وتقنيات الطاقة يمثل أحد أكثر التحولات عمقًا في تاريخ صناعة الطاقة. وبينما مثلت الثورة الصناعية الأولى انطلاقة الآلة الميكانيكية، وجسدت الثانية عصر الطاقة الكهربائية والتصنيع الواسع، وأسست الثالثة لمرحلة الحواسيب والإلكترونيات، فإن الثورة الصناعية الحالية تعد ثورة الخوارزميات والذكاء الاصطناعي، إذ انتقلت فيها الآلات من التنفيذ الموجه إلى التحليل والتعلم واتخاذ القرار بشكل مستقل. لقد أوضحت هذه المقالة، بالاستناد إلى مجموعة متنوعة من المصادر، أن هذه العلاقة متشابكة وذات اتجاهين؛ فالذكاء الاصطناعي يفرض طلبًا هائلًا على الكهرباء، لكنه في الوقت نفسه يقدم حلولًا غير مسبوقة لجعل قطاع الطاقة أكفأ وأكثر مرونة واستدامة وأمانًا. لقد استعرضت المقالة كيف أن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد أداة مساعدة، بل أصبح المحرك الرئيس لعصر الطاقة الذكي، الذي يمكن من تحسين الإنتاج، وتقليل الهدر، وتعزيز موثوقية الأنظمة، وصيانة الأصول بشكل تنبؤي، وتسريع الابتكار في المواد الجديدة وحلول تخزين الطاقة.

إن مستقبل الطاقة لن يكون فقط نظيفًا ومنخفض البصمة الكربونية، بل ذكيًا أيضًا؛ حيث تتحكم الخوارزميات في تدفقات الكهرباء، وتوجه المفاعلات، وتراقب الانبعاثات، وتكتشف المواد الجديدة، وتضمن أمن الإمداد في عالم سريع التغير. ومع ذلك، فإن تحقيق هذا المستقبل يتطلب رؤية إستراتيجية شاملة تشمل الاستثمار في البنية التحتية الرقمية، وتوحيد معايير البيانات، وتطوير أطر تنظيمية وأخلاقية متينة، وبناء القدرات البشرية. إن الجمع بين الابتكار التقني والرؤية الإستراتيجية يضمن تحويل الطاقة من مجرد مورد إستراتيجي إلى نظام متكامل ذكي ومستدام، قادر على تلبية طموحات المستقبل وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

قائمة المراجع:

[1] UN Trade & Development (UNCTAD). 2025. "AI Market Projected to Hit $4.8 Trillion by 2033, Emerging as Dominant Frontier Technology." UNCTAD News, April 7. https://unctad.org/news/ai-market-projected-hit-48-trillion-2033-emerging-dominant-frontier-technology.

[2] Kumari Nisha, and Mukesh Kondala. 2025. "Exploring the Artificial Intelligence in Renewable Energy: A Bibliometric Study Using R Studio and VOSviewer." In Computer Vision and Machine Intelligence for Renewable Energy Systems, Advances in Intelligent Energy Systems, 317–333. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-28947-7.00017-3.

[3] Shobanke, Mobolaji, Mehul Bhatt, and Ekundayo Shittu. 2025. "Advancements and Future Outlook of Artificial Intelligence in Energy and Climate Change Modeling." Advances in Applied Energy 17 (March): 100211. https://doi.org/10.1016/j.adapen.2025.100211.

[4] Ceylan, Ceren, and Zehra Yumurtacı. 2025. "Precision Forecasting for Hybrid Energy Systems Using Five Deep Learning Algorithms for Meteorological Parameter Prediction." International Journal of Electrical Power & Energy Systems 170 (September): 110945. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2025.110945.

[5] International Energy Agency (IEA). 2025. Energy and AI. https://www.iea.org/reports/energy-and-ai.

[6] Wang, Tian, Yangyang Liang, and Yongjing Zhang. 2025. "Joint Decisions of Renewable Energy Investment and Daily Energy Procurement in Smart Microgrids." Energy Economics 150 (October): 108875. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108875.

[7] Hoque, Md. Mukitul, and Sang Joon Lee. 2025. "How Digital Transformation Drives Green Innovation: An Empirical Study." Journal of Cleaner Production 522 (September 1): 146236. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146236.

[8] Jacob, Roshni Anna, Steve Paul, Souma Chowdhury, Yulia R. Gel, and Jie Zhang. 2024. "Real Time Outage Management in Active Distribution Networks Using Reinforcement Learning over Graphs." Nature Communications 15 (June 4): Article 4766. https://doi.org/10.1038/s41467-024-49207-y.

[9] Abdessadak, Abdelali, Hicham Ghennioui, Nadège Thirion Moreau, Brahim Elbhiri, Mounir Abraim, and Safae Merzouk. 2025. "Digital Twin Technology and Artificial Intelligence in Energy Transition: A Comprehensive Systematic Review of Applications." Energy Reports 13 (June): 5196–5218. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.04.060.

[10] Daniel, Claus, Jess C. Gehin, Kirsten Laurin Kovitz, Bryan Morreale, Rick Stevens, William Tumas, Mihai Anitescu, Alec Poczatek, Andrew Siegel, Sibendu Som, Richard Vilim, Raymond Grout, Benjamin Kroposki, Meng Yue, Kelly Rose, Ahmad Al Rashdan, Christopher Ritter, Prasanna Balaprakash, Prashant K. Jain, Teja Kuruganti, Mary Ann Piette, Tianzhen Hong, Court Corley, Robert Rallo, John Grosh, Brian Van Essen, Matthew J. Reno, Hari Viswanathan, Frank Alexander, and Emily M. Dietrich. 2024. Advanced Research Directions on AI for Energy. ANL 23/69. United States: U.S. Department of Energy (DOE). https://doi.org/10.2172/2340139.

[11] Tiwari, Sunil, Salahuddin Khan, Kamel Si Mohammed, and Yuriy Bilan. 2024. "Connectedness Between Artificial Intelligence, Clean Energy, and Conventional Energy Markets: Fresh Findings From CQ and WLMC Techniques." Gondwana Research 136 (December): 92–103. https://doi.org/10.1016/j.gr.2024.08.013.

[12] Raman, Raghu, Debidutta Pattnaik, Chandan Kumar, and Prema Nedungadi. 2024. "Advancing Sustainable Energy Systems: A Decade of SETA Research Contribution to Sustainable Development Goals." Sustainable Energy Technologies and Assessments 71 (November): Article 103978. https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103978.

الدكتور جهاد بن عبدالرحمن العريني
هيئة المدن والمناطق الاقتصادية الخاصة

الالتزام التنظيمي لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة

في عصر التقدم التقني والتسابق العلمي الحثيث الذي تعيشه الدول، تظهر الأدوات التقنية كممكن رئيس للأعمال التشغيلية، ورافد مهم من روافد التطوير في أي قطاع حيوي. والثورة التقنية غير المسبوقة التي يشهدها العالم اليوم، هي تحول جذري في الآليات والأدوات لتطوير التعاطي مع الطبيعة التشغيلية والعملية لبعض القطاعات، ومنها التحول الكبير لاستخدامات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة، وذلك بتحسين إدارة الشبكات الذكية، وتفعيل الصيانة التنبؤية للمعدات، وإدارة جانب الطلب، وتحسين كفاءة الاستهلاك، وتحليل البيانات اللحظية والمحاكاة والنمذجة.

وهذا التطور في التطبيقات وإن كان مفاجئًا في تسارعه في الآونة الأخيرة، إلا أن جذوره تعود إلى بداية أربعينيات القرن الماضي، حين اقترح بعض العلماء نموذجًا للخلايا العصبية الاصطناعية. ثم تطور هذا النموذج بصفة كبيرة في بداية الخمسينيات، عندما أثير التساؤل حول قدرة الآلة على التفكير والتحليل وكيفية تمكين الآلة من كثير من العمليات التي يقوم بها الإنسان. ولا زلنا منذ ذلك الوقت نشهد تقدمًا عميقًا وتطبيقات جريئة في عالم الذكاء الاصطناعي، حتى وصلنا للشكل الذي نشاهده عليه اليوم. ورغم هذا التقدم المبهر، إلا أننا لا زلنا في المراحل الأولى من عصر الذكاء الاصطناعي، الذي يعد طفرة معرفية كبرى.

ورغم أن تكامل الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في قطاع الطاقة يعد تحولًا جوهريًا نحو الكفاءة والاستدامة بما ينسجم مع موثوقية الخدمة وإدارة الموارد بشكل استباقي، إلا أن هذا التحول يستصحب العديد من التحديات القانونية والتنظيمية في ما يتعلق بالامتثال والحوكمة لمثل هذه الممارسات. وقد سعت الكثير من الدول إلى المسارعة في إدارة العملية التنظيمية لهذه الممارسات والتطبيقات. ويعد قانون الذكاء الاصطناعي للاتحاد الأوروبي هو أول قانون شامل ومتكامل لتنظيم الذكاء الاصطناعي، أقرته جهة تشريعية رسمية، وقد تميز بتكامله وتناوله لجميع تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مختلف القطاعات. وقد تم اقتراحه لأول مرة من قبل المفوضية الأوروبية في أبريل 2021، وتم اعتماده رسميًا من قبل البرلمان الأوروبي في مارس 2024، ودخل حيز التنفيذ في أغسطس 2024، بآلية تدريجية للتطبيق خلال 2024–2027. ويعد هذا القانون خطوة ملحوظة في التنظيم القانوني العالمي لهندسة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي.

وقد فتح الذكاء الاصطناعي أبواب المسارعة لحل الفجوة القائمة بين سرعة تطور التقنية وبطء التشريعات، بما في ذلك حماية البيانات المفصلة والمجمعة، والمسؤولية القانونية الناشئة عن البيانات ومشاركتها، ومتطلبات الشفافية والحوكمة المؤسسية، وتمكين الأدوات الرقابية، وحوكمة المسؤوليات المشتركة التنظيمية والتشغيلية. ومن هذا المنطلق، ظهرت الحاجة الماسة إلى تبني إطار قانوني مرن وشامل يستند إلى الالتزام التنظيمي الاستباقي، والرقابة الديناميكية، والتنسيق الدولي، وذلك لتحقيق الاستخدام المسؤول والآمن لهذه التقنيات.

واهتبالًا للسعي الحثيث في مواءمة البنية التحتية التنظيمية مع البنية التحتية الرقمية، فإنه ينبغي على المطبخ التشريعي المعني بتنظيمات الالتزام والحوكمة والرقابة التنظيمية والتشغيلية أن يمتلك القدرة على استشراف مستقبل التقنية في ضوء المعطيات الحالية لها. كما ينبغي أن تتسم مشروعات التنظيمات بقدر عال من المرونة وقدر ناضج من الثقة، وذلك لتتمكن الجهات التشغيلية من الاستفادة المثلى من هذه التطبيقات بالشكل الذي يمكنها من أداء أدوارها بالشكل الأمثل. وبناء عليه، فينبغي على المطبخ التشريعي أن يكون أسرع من السوق وأكثر وعيًا من مستثمريه.

ومما لا شك فيه أن بناء التنظيمات والالتزام التنظيمي بها هو حجر الأساس في الاستخدام المسؤول والآمن لتقنيات الذكاء الاصطناعي في أي قطاع. ومصطلح "الالتزام التنظيمي" هو من جملة المصطلحات المستجدة من الناحية التنظيمية العملية، التي تختلف باختلاف سياقاتها، وبالموائمة بين التعريفات، نجد أن الالتزام التنظيمي هو مصطلح مركب يجمع بين لفظي (الالتزام) و(التنظيمي)، وبدمج هذين المصطلحين، يظهر أن المقصود بها التزام الكيان القانوني (سواء كان شركة أو غيرها) بالقوانين، واللوائح، والمبادئ التوجيهية، والمعايير التي تضعها الهيئات الحكومية أو التنظيمية في ما يتعلق بعملياتها ونشاطاتها التجارية، ويهدف الالتزام التنظيمي إلى ضمان موثوقية العمليات التشغيلية كما نظمتها التنظيمات والتشريعات ذات العلاقة، وحماية البيانات، وتقليل المخاطر القانونية، وبناء الثقة مع أصحاب المصلحة في السوق.

وبتأمل التطور العملي، فقد أعاد الذكاء الاصطناعي تشكيل المشهد التنظيمي والتشغيلي لقطاع الطاقة، حيث أصبح محورًا لتحليل البيانات وقياس الأداء، وأداة رئيسة للتنبؤ بالطلب والأحمال المستقبلية، وركيزة فعالة لتحسين دمج الطاقة المتجددة بالطاقة التقليدية، وعاملًا مهمًا لتمكين الصيانة التنبؤية. ومع ذلك، يرافق هذا التقدم مجموعة من المخاوف القانونية والتنظيمية تدور في تحقيق التوازن بين تشجيع الابتكار وضبط المخاطر، أجملها فيما يلي:

أولًا: القدرات التنبؤية والتحليلية للبيانات المولدة عن طريق الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة

أحدث الذكاء الاصطناعي ثورة في قطاع الطاقة من خلال قدراته التنبؤية، التي تساعد على تحسين الكفاءة والموثوقية والاستدامة، كالصيانة التنبؤية بدلًا من إجراء الصيانة بناء على جدول زمني ثابت على العنفات والمحولات، وبالمثل أيضًا ما تقوم به خوارزميات الذكاء الاصطناعي من تحليل للبيانات التاريخية، وأنماط الطقس، لغرض التنبؤ بالطلب على الطاقة، بما يمكن من التحكم في الإنتاج والتوزيع لضمان استقرار الشبكة وتجنب الهدر أو الانقطاعات، وغيرها من التطبيقات الأخرى في إدارة الشبكات الذكية، عن طريق تحليل تدفقات البيانات من العدادات الذكية وأجهزة الاستشعار في الشبكة لاكتشاف نقاط الضعف المحتملة أو الأعطال.

ونظرًا للعمق الإستراتيجي والتشغيلي لهذه التقنيات، فإنها تستصحب مخاطر يجب إدارتها بعناية، فيظهر أثر الالتزام التنظيمي للمتطلبات الأمنية والسيبرانية، بما يحفظ البنية التحتية الحيوية للطاقة ضد أي هجوم سيبراني قد يؤدي إلى تعطيل شبكات الطاقة، مما قد يتسبب في انقطاعات واسعة النطاق أو حتى أضرار جسيمة للمعدات، كما أن الاعتماد الكامل على البيانات وتحليلاتها بالذكاء الاصطناعي في قطاع حيوي كقطاع الطاقة لا يتناسب مع الدقة المطلوبة التي تتطلع لها الجهات التنظيمية، مما قد يؤثر في جودة القرار المتخذ، ولذلك، كان العبء على الجهات التنظيمية كبيرًا في بناء تنظيمات توائم بين الجودة والسرعة في التطبيق، وهو ما سينعكس على الجهات المشغلة بضرورة الالتزام بهذه التنظيمات.

ثانيًا: أهمية المتابعة الدورية للأثر التشريعي لتنظيمات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة

تمتاز تقنيات الذكاء الاصطناعي بقدرتها على التطور بشكل سريع وكبير، وهذا يمكنها من التحول والتطور في بيئة العمل والتشغيل في هذا القطاع الحيوي باستمرار، مما يتطلب تحديثًا دوريًا ومواكبة حثيثة ومتابعة واعية لهذه التغيرات، بما يضمن تطوير التنظيمات واللوائح بالشكل الذي يتحقق معه الالتزام بها، إذ إن الغاية من هذه التنظيمات إنما هو الالتزام بها. ولن تؤتي الغاية ثمرتها بالالتزام بتنظيمات غير فعالة أو عدم الالتزام بالتنظيمات الفعالة. فالهدف من الالتزام التنظيمي الفعال إنما يتأتى بالالتزام بتنظيمات قابلة للتطبيق، وفعالة، ويمكن الالتزام بها.

وهذه المتابعة الدورية ليست مجرد عملية إجرائية، بل هي ضرورة حيوية لضمان التوازن بين الابتكار والرقابة والمحترزات القانونية والتنظيمية والتشغيلية. حيث يمثل تطور الذكاء الاصطناعي حقولًا جديدة من المخاطر التي ينبغي الوعي بها واستصحابها في دراسة الآثار التشريعية، بما يحمي المستهلكين والشركات والمنظومة ككل.

ومن أبرز التحديات التي قد تصاحب عملية تحييد الآثار التشريعية الضارة عن التنظيمات، السرعة مقابل الدقة، إذ إنه من الصعب وضع تشريعات شاملة ودقيقة في وقت قصير، وقد يؤدي التعجل في إصدار القوانين إلى عواقب غير مقصودة، بينما يؤدي البطء إلى تأخر الاستفادة من هذه التقنيات وزيادة المخاطر التشغيلية بالطرق التقليدية، فتبرز الحاجة إلى التوازن بين التنظيم والتحفيز، كما يبرز التساؤل عن قدرة التنظيمات على حماية الجمهور دون أن تكون عبئًا على الشركات، الذي قد يحد من استثماراتها في الذكاء الاصطناعي أو تأخر مواكبتها لتقنياته.

وعليه، فإن منهجية اليقين القانوني وتعزيز الثقة لا تتأتى إلا بقوانين واضحة ومرنة تواكب تطلعات المنظومة التنظيمية والتشغيلية على حد سواء، وتضمن تحييد الآثار التشريعية وتسهل الالتزام التنظيمي وتقلل المخاطر.

ثالثًا: حوكمة الإشراف على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة

بالاطلاع على ماهية هذه التطبيقات، نجد أنها تتناول العديد من الحقول في الاتصالات والبيانات والطاقة والتنظيمات الأمنية التي تحكم هذه الأطر، وهو ما يتقاطع مع أعمال العديد من الجهات الرقابية والإشرافية. وحوكمة الأدوار والمسؤوليات بين هذه الجهات لتحديد نطاق إشراف كل جهة هو ضرورة تنظيمية لتحقيق التكامل التنظيمي في عمليات استخدام الذكاء الاصطناعي، فالنضج المعرفي والتنظيمي متفاوت بحسب اختصاص كل جهة، وهذا التكامل سيضمن الاستفادة من قدرات الجهات بالشكل الأمثل.

وتتجاوز حوكمة الذكاء الاصطناعي مجرد وضع قواعد تنظيمية؛ فهي إطار عمل شامل يضمن أن تكون أنظمة الذكاء الاصطناعي آمنة، وموثوقة، وعادلة، وشفافة، ومسؤولة، ومحددة للمساءلة. وباستصحاب طبيعة القطاع الحيوية والحرجة، وتعدد الجهات الفاعلة فيه من شركات إنتاج الطاقة إلى المشغلين والجهات التنظيمية، فإن هذا يتطلب تنسيقًا كبيرًا على المستوى التنظيمي يتواكب مع سرعة تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي، لكيلا تفقد الأطر التنظيمية القدرة على مواكبتها.

يمثل الذكاء الاصطناعي فرصة نوعية للتطبيقات العملية في قطاع الطاقة، وذلك من خلال تحسين الكفاءة، وتعزيز الاستدامة، وإعادة تشكيل أنماط الاستهلاك والإنتاج وفق أفضل التحليلات التنبؤية. بيد أن هذه الفرصة قد تتحول إلى مخاطر في غياب تنظيمات ممكنة، وأطر تنظيمية موثوقة، والتزام تنظيمي تام بها من قبل الشركات المختلفة. ومن ثم، فإن التحدي التنظيمي يكمن في تحقيق التوازن بين تشجيع الابتكار وضمان المساءلة وحماية المصلحة العامة. كما أن بناء إطار قانوني مرن، متكامل، ومتوائم دوليًا يعد حجر الأساس لمستقبل آمن ومستدام لتكامل الذكاء الاصطناعي مع قطاع الطاقة.

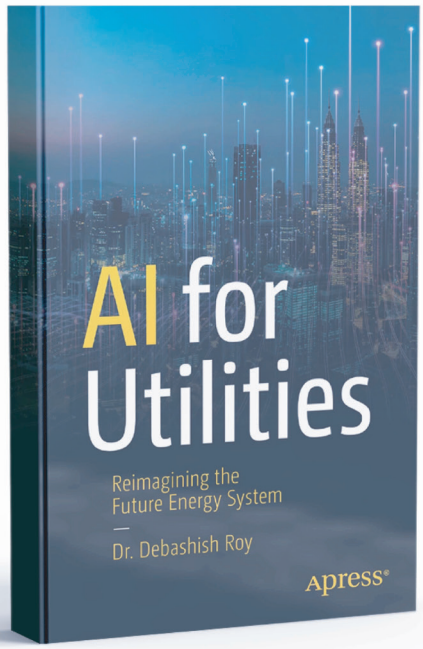
وأوصي في خاتمة هذه المقالة بدعم وتفعيل عمليات الاستشراف في مستقبل تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وذلك بإنشاء مراكز بحثية متقدمة، ودعم الدراسات الإستراتيجية التي تعنى باستشراف مستقبل التقنيات وبحث آثارها النظامية والتنظيمية، كما أنه من المهم الاستفادة من عقول الشباب المنفتحة على التقنية، وذلك عن طريق فعاليات اجتماعية تقنية تعنى باستلهام الأفكار وتطويرها، وبالموازاة مع هذا، فينبغي بناء قواعد الأطر التنظيمية التي تدرس هذه الأفكار، وتحلل المخاطر التنظيمية والقانونية فيها، ومن ثم تخلص لأفضل تنظيم لها وفق أفضل الممارسات، مع استصحاب أهمية الالتزام التنظيمي التام لهذه الأطر وفق محترزاتها التنظيمية.

قائمة المراجع:

- نظام إمدادات الطاقة الصادر بالمرسوم الملكي رقم (م/80) وتاريخ 04/06/1444هـ وقرار مجلس الوزراء رقم (374) وتاريخ 14/05/1442هـ .
- نظام الكهرباء الصادر بالمرسوم الملكي رقم (م/44) وتاريخ 03/06/1444هـ وقرار مجلس الوزراء رقم (262) وتاريخ 14/05/1442هـ .
- تنظيم الهيئة السعودية لتنظيم الكهرباء الصادر بقرار مجلس الوزراء رقم (263) وتاريخ 14/05/1442هـ والمعدل بقرار مجلس الوزراء رقم (918) وتاريخ 28/10/1445هـ .
- معالم النظرية العامة للالتزام (مصادر الالتزام – أحكام الالتزام) للأستاذ الدكتور محمد جبر الألفي – مكتبة القانون والاقتصاد الطبعة الثانية 2023م.
- International Organization for Standardization (IOS). 2021. ISO 37301:2021 – Compliance Management Systems: Requirements With Guidance for Use. https://www.iso.org/standard/75080.html.
- Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO). 2017. Enterprise Risk Management – Integrating With Strategy and Performance. https://www.coso.org/erm-framework.

مسار الترجمة

فئة الترجمة التلخيصية



المرتبة الأولى:
الدكتور إبراهيم بن عبدالرحمن الفريح

المرتبة الثانية:
الدكتورة ريام بنت خالد المقرن

المرتبة الثالثة:
الدكتور عامر بن عبدالله قبطي

المرتبة الثالثة مكرر:
الدكتور عبدالله بن سليمان نور الدين

المرتبة الخامسة:
المهندس بندر بن سليمان الشريف،
الدكتور حسن بن زهير القرني

الدكتور إبراهيم بن عبدالرحمن الفريح
جامعة الملك سعود

الذكاء الاصطناعي وتحول المرافق قراءة نقدية في كتاب AI for Utilities

صدر كتاب الذكاء الاصطناعي في المرافق: إعادة تخيل نظام الطاقة المستقبلي (AI for Utilities: Reimagining the Future Energy System) في عام 2024م، وهو من تأليف ديباشيش روي (Debashish Roy) الخبير في التحول الرقمي للطاقة وإستراتيجيات الابتكار في قطاع المرافق، ودمج التقنيات المتقدمة -لا سيما الذكاء الاصطناعي- ضمن البنى التحتية الحيوية. ويندرج الكتاب ضمن سعي مؤلفه إلى تقديم أطر عملية لصناعة المرافق في مواجهة تحديات غير مسبوقة يفرضها القرن الحادي والعشرون، من تحولات الطاقة إلى الرقمنة والذكاء الاصطناعي.

يؤكد المؤلف أن قطاع المرافق كان وما يزال العمود الفقري للحضارة الحديثة؛ إذ تعتمد عليه جميع القطاعات الأخرى في عملها اليومي، غير أنه يواجه اليوم مزيجًا معقدًا من الضغوط، منها: البنى التحتية المتقادمة، النمو السكاني المتسارع، تصاعد الطلب على الطاقة، التحديات البيئية والمناخية، تفاوت القدرة على الوصول إلى الخدمات الأساسية. ويرى المؤلف أن العقد المقبل سيعرف بـ"العقد الكهربائي"، إذ تتسارع كهربة قطاعات النقل والصناعة والمباني، ويشتد الانتقال من الوقود الأحفوري إلى مصادر متجددة، بالتوازي مع توسع الرقمنة والأتمتة في إدارة الطاقة. ويطرح المؤلف ضمن هذا السياق مفهوم "تحول المرافق 4.0" الذي يجعل الذكاء الاصطناعي أداة محورية لتحويل المرافق إلى أنظمة أكثر كفاءة ومرونة واستدامة، ويسهم في إعادة ابتكار نماذج أعمالها. ويؤكد الكتاب أن دمج الذكاء الاصطناعي لم يعد خيارًا تكميليًا، بل أصبح ضرورة إستراتيجية لتحديث القطاع ورفع جاهزيته لعصر الثورة الصناعية الرابعة.

يضم الكتاب اثني عشر فصلًا مرتبة في مسار تصاعدي يربط بين الواقع والتطلعات المستقبلية لقطاع المرافق؛ ويمكن إيجاز أبرز أفكارها في ما يلي:

الفصل الأول: الذكاء الاصطناعي في المرافق

يستهل المؤلف بالتأكيد على أن الطاقة ركيزة الحضارة الحديثة؛ فالكهرباء تحرك كل تفاصيل حياتنا من الإضاءة والتدفئة إلى الهواتف ومراكز البيانات. وبعد لمحة عن تطور الشبكات وصراع إديسون وتيسلا، يعرف قطاع المرافق بأنه يشمل إنتاج الكهرباء وتوزيعها، إضافة إلى خدمات الماء والغاز والاتصالات وإدارة النفايات، ويصفه بأنه ذو طبيعة احتكارية يخضع لتنظيم الحكومات لكنه في الوقت ذاته أساس النمو الاقتصادي والحياة اليومية.

ويرى ضمن هذا الإطار أن دمج الذكاء الاصطناعي لم يعد ترفًا، بل أداة حيوية لتحسين إدارة الأصول والتنبؤ بالأعطال وضبط الطلب وتخصيص تجربة العملاء. ويضع هذه الرؤية في سياق تحديات بيئية واقتصادية؛ فالاستهلاك المتزايد رفع الانبعاثات إلى مستويات غير مسبوقة،

والسوق تشهد منافسة من الطاقة المتجددة والمستهلكين المنتجين، مما يضغط على نماذج الاحتكار التقليدية. كما يذكر بأن فقر الطاقة (أي عدم قدرة الأفراد أو المجتمعات على الحصول على خدمات طاقة حديثة وموثوقة وبأسعار معقولة) ما زال واقعًا قاسيًا يرتبط بالفقر الاجتماعي والصحي، ويقترح حلولًا لامركزية مثل الشبكات المصغرة المعتمدة على المتجددات لتوسيع الوصول إلى الكهرباء بعدالة.

ويتناول التحول نحو الطاقة النظيفة مع تراجع تكاليف الطاقة المعتمدة على الشمس والرياح، رغم استمرار عقبات الكلفة والتخزين والنفايات. ويختتم بالتأكيد أن الذكاء الاصطناعي قادر على إحداث نقلة نوعية عبر الصيانة التنبؤية وتحليلات الاستهلاك وتعزيز أمن الشبكات، لكن نجاحه يقتضي حوكمة بيانات قوية واستعدادًا تنظيميًا ومهارات بشرية قادرة على مرافقة التحول.

الفصل الثاني: مرافق المستقبل

يطرح المؤلف رؤية تصورية لـ"مرفق المستقبل" بوصفه نظام طاقة ذكيًّا تتكامل فيه البنى التحتية الحديثة، والتخزين، والقياس الذكي، والتحليلات اللحظية، بما يتيح إدارة مرنة للطلب والعرض وتسعيرًا أكثر كفاءة. ويستند إلى حقيقة كون العالم يدخل في "العقد الكهربائي" مع تسارع كهربة النقل والمباني، والحاجة إلى بيانات فورية وشبكات قادرة على استيعاب تقلبات المصادر المتجددة. ويؤطر الفصل التحول عبر أربعة محاور رئيسة: كوكب مستدام (استدامة بيئية واقتصادية واجتماعية مع مواجهة ندرة الموارد والنمو السكاني)، ونظام طاقة ذكي (شبكة تتعلم وتتكيف ذاتيًا متجاوزة مفهوم "الشبكة الذكية" التقليدية)، وطلب مجتمعي جديد (صعود المستهلك-المنتج ومبادرات التجميع المجتمعي للطاقة)، وابتكار نماذج أعمال (من الطاقة بوصفها خدمة EaaS إلى الشبكات الصغيرة بوصفها خدمة MaaS). ويفرق المؤلف بين "الشبكة الذكية" التي تكتفي بالرصد والضبط، و"الشبكة العقلانية" القادرة على التعلم والاستجابة والتعافي ذاتيًا بالاعتماد على الاستشعار والذكاء الاصطناعي. وفي محيطها تنمو المصادر اللامركزية كالطاقة الشمسية والبطاريات وشواحن المركبات الكهربائية، ما يعزز مرونة الإمداد ويخلق تحديات تشغيلية وتنظيمية جديدة.

كما يبرز المؤلف دور كفاءة الطاقة وخفض الانبعاثات بدفع الانتقال الطاقي المدعوم بتراجع تكاليف الشمس والرياح والتقدم التقني. ويختتم الفصل بأن نجاح مرافق المستقبل مرهون برقمنة البنية، وابتكار نماذج أعمال مرنة، وبناء شراكات مجتمعية، مع توظيف الذكاء الاصطناعي لرفع الاعتمادية، وتسريع استعادة الخدمة، ودمج المتجددات على نطاق واسع لتحقيق طاقة أنظف وأكثر عدالة.

الفصل الثالث: بناء "الحمض النووي الرقمي" للمرافق

يطرح المؤلف مفهوم الحمض النووي الرقمي (Digital DNA) بوصفه إطارًا تحويليًا تمزج فيه شركات المرافق بين التقنيات والعمليات والمهارات لتظل تنافسية وآمنة. هذا التحول ليس حدثًا واحدًا بل رحلة تبدأ بتحديث البنى القديمة، ورفع مهارات العاملين، والانتقال إلى السحابة، واعتماد التحليلات والذكاء الاصطناعي على امتداد سلسلة القيمة.

ويبرز الكتاب أهمية الحوسبة السحابية لمرونتها وقابليتها للتوسع وخفض الكلفة، شرط وجود إستراتيجية واضحة تتضمن تقييم الجاهزية، وتحديد الأهداف، واختيار الشركاء، وخطة تنفيذ فعالة. يلي ذلك تحديث الأنظمة العتيقة أو إعادة بنائها بعمق بصيغة سحابية.

ويصف المؤلف البيانات بكونها كهرباء جديدة، داعيًا إلى إنشاء بنية حديثة لجمع وتحليل بيانات العدادات والمستشعرات بأحجام وسرعات هائلة، مع حوكمة ومعايير تضمن التشغيل البيني. ويطرح نموذج البيانات كخدمة (DaaS) وإمكانات تحقيق الدخل منها عبر تنبؤ الأعطال وتسعير الاستخدام وتحسين الكفاءة. ويحدد ركائز المؤسسة الذكية باشتمالها على: تحديث النظم، حماية البصمة الرقمية، التشغيل الذكي للشبكة، الأتمتة الواسعة، هندسة الموثوقية (SRE) مع نموذج تشغيلي تقني قائم على السحابة والبيانات ومحوره العميل. كما يبرز التحول في المواهب نحو نموذج الإنسان+الآلة بالتركيز على التدريب والشراكات التعليمية.

ويختتم المؤلف الفصل بالتأكيد على أن نجاح المرافق مرهون بتحول متكامل يجمع التقنية والأفراد ونماذج الأعمال في حمض نووي رقمي واحد قادر على الابتكار والصمود في عصر الطاقة الذكية.

الفصل الرابع: تبني الذكاء الاصطناعي في قطاع المرافق

يتناول هذا الفصل تحول شركات المرافق نحو تبني الذكاء الاصطناعي، موضحًا أن القطاع لم يعد حكرًا على شركات التقنية؛ إذ تتسارع المرافق إلى اعتماد حلول تمتد من الأتمتة التشغيلية البسيطة إلى إدارة الشبكات وتحسينها آنيًا. ويستخدم الذكاء الاصطناعي لضبط تشغيل الشبكة، ودمج المصادر المتجددة المتقلبة عبر التنبؤ بالإنتاج، وترشيد الاستهلاك بإدارة الطلب، والكشف المبكر عن الأعطال من خلال تحليل بيانات المستشعرات، بما يرفع الاعتمادية ويخفض الكلفة. بيد أن هذا التبني يواجه عقبات رئيسة، أهمها تفتت البيانات وصعوبة الوصول إليها وغياب المعايير الموحدة، إضافة إلى فجوة المهارات في علم البيانات وتعلم الآلة، وتباين الأطر التنظيمية، إلى جانب تحديات الخصوصية والأمن السيبراني وتصنيف الإنفاق. ويقسم المؤلف عوامل التأثير إلى: اقتصادية (الكلفة مقابل المنافع)، تنظيمية (وضوح استرداد التكلفة وتشجيع الابتكار)، تقنية (جودة البيانات ودمجها مع الأنظمة الموروثة)، مؤسسية (ثقافة التجريب والحوكمة)، وسوقية (ضغط المنافسة ودخول لاعبين جدد).

كما يبرز أهمية التطبيقات الموجهة للمستهلك، مثل تحليل استهلاك الأجهزة المنزلية تفصيليًا، والتسعير الديناميكي، وتقسيم العملاء وفق أنماط السلوك لترشيد الاستهلاك. ويقترح نموذجًا تدريجيًا لنضج التبني من الاستكشاف إلى التحول الكامل، مرورًا بالتجريب والتشكيل والتحسين. ويخلص إلى أن الذكاء الاصطناعي مرشح ليتحول من أداة للأتمتة إلى ركيزة إستراتيجية تعزز الكفاءة وتسرع دمج المتجددات وتحسن تجربة العملاء، مانحًا شركات المرافق قدرة تنافسية مستدامة في عصر الطاقة الذكية.

الفصل الخامس: الاستدامة بوصفها ضرورة ملحة للمرافق

يستعرض هذا الفصل التحول العالمي نحو الطاقة النظيفة وما يفرضه من ضغوط غير مسبوقة على شركات المرافق؛ فلم تعد الاستدامة خيارًا أخلاقيًا أو ميزة تنافسية فحسب، بل أصبحت شرطًا إستراتيجيًا لبقاء هذه الشركات وضمان قدرتها على توفير طاقة موثوقة وميسورة في مواجهة تغير المناخ وتزايد توقعات المجتمع والمستثمرين. ويشير المؤلف إلى التحديات البيئية العميقة، من الاعتماد التاريخي على الفحم وانبعاثاته المرتفعة، إلى الحاجة إلى تنويع مصادر الطاقة وتجنب الاعتماد على وقود واحد، إضافةً إلى تأثير الظواهر المناخية القاسية على الشبكات ومحطات التوليد. كما يبرز الدور الحاسم للتشريعات العالمية مثل اتفاقية باريس وخطط الطاقة النظيفة الأمريكية وتوجيهات الاتحاد الأوروبي والصين في دفع التحول، رغم استمرار عقبات التكلفة والتخزين وتفاوت كفاءة المصادر.

ويتناول الفصل السياسات الطموحة للوصول إلى كهرباء خالية من الكربون، وتوسيع المركبات عديمة الانبعاثات، وتطوير المباني المحايدة كربونيًا، مع الحاجة لبنى تحتية متطورة واستثمارات ضخمة. ويبرز دور الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالطلب، وإدارة الأحمال، وتحسين استهلاك المباني، والصيانة الاستباقية للشبكات، مع تقديمه لأمثلة عملية. كما يتناول ضغط المستهلكين والمستثمرين نحو ممارسات أكثر استدامة، ونمو الاستثمار المسؤول (ESG)، إلى جانب الانخفاض المتسارع في تكاليف الطاقة المتجددة وتطور التخزين الذكي. ويخلص الفصل إلى أن نجاح شركات المرافق مرهون بدمج الاستدامة في نموذج أعمالها واستثمارها في تقنيات ذكية وبنى مرنة مناخيًا، بما يضمن عدالة الوصول إلى الطاقة النظيفة دون خلق فجوات جديدة.

الفصل السادس: توليد الطاقة في الاقتصاد منخفض الكربون

يتناول هذا الفصل التحول نحو الاقتصاد منخفض الكربون في ظل الضغوط المناخية وتراجع الاعتماد على الوقود الأحفوري لصالح مصادر طاقة نظيفة. ويستعرض المؤلف المسار التاريخي للطاقة الشمسية منذ استخدامها في الحضارات القديمة، مرورًا بتفسير أينشتاين للتأثير الكهروضوئي عام 1905م الذي مهد لتطوير الخلايا الشمسية، وصولًا إلى ابتكار أول خلية سيليكون عملية في خمسينيات القرن الماضي. فقد أفسحت هذه التطورات المجال أمام صعود الطاقة الشمسية في مواجهة هيمنة الفحم والنفط والغاز المسببة لمعظم الانبعاثات.

ويشير المؤلف إلى أن شركات المرافق تخوض سباق إعادة الابتكار مع انتشار التوليد اللامركزي، ما يقلل الحاجة إلى بنى تحتية ضخمة ويحقق وفورات مالية ويعزز موثوقية الشبكات. كما يبرز دور الذكاء الاصطناعي في تخطيط محطات التوليد بدقة عبر تحليل البيانات والتعلم المستمر، وفحص الأصول باستخدام الروبوتات والطائرات المسيرة لتقليل الأعطال وإطالة عمر المعدات. ويناقش الانتقال من التشغيل اليدوي القائم على خبرة المشغلين إلى نظم تحكم رقمية وتحليلات تنبؤية تمكن من استباق الأعطال وضبط الأداء بما يرفع الكفاءة ويقلل الكلفة والانبعاثات. كما يوضح كيف يغير الذكاء الاصطناعي إدارة الانبعاثات من متابعة بطيئة إلى مراقبة وتوقع لحظي.

ويخلص الفصل إلى أن توليد الكهرباء منخفضة الكربون أصبح ضرورة إستراتيجية، وأن الرقمنة والذكاء الاصطناعي عنصران حاسمان لجعل المحطات أكثر كفاءة ومرونة وأقل أثرًا بيئيًا، مع دعم نماذج الطاقة اللامركزية واستدامة الشبكات على المدى الطويل.

الفصل السابع: الشبكات المصغرة – أثر واسع النطاق

يستعرض هذا الفصل أثر الشبكات المصغرة (Microgrids) في إعادة تشكيل مشهد الطاقة عالميًا بوصفها نظمًا محلية لتوليد الكهرباء وتوزيعها يمكنها العمل باستقلال عن الشبكة الرئيسة. ويوضح المؤلف أن صعود الموارد الطاقية الموزعة (DERs) أتاح توليدًا واستهلاكًا أقرب إلى المستخدم، مع فرص لرفع الكفاءة وتحسين موثوقية الشبكة ودعم الانتقال إلى منظومة طاقة منخفضة الكربون وأكثر مرونة وأمانًا. ويستشهد المؤلف بأزمة انقطاع الكهرباء في تكساس عام 2021م التي كشفت هشاشة الشبكات التقليدية وأبرزت أهمية الشبكات المصغرة في تزويد المستشفيات والخدمات الحيوية بالكهرباء عند انهيار الشبكة. ويشدد على أن هذه النظم -خصوصًا المعتمدة على الطاقة المتجددة- تقلل الانبعاثات والكلفة مقارنة بالمحطات المركزية الكبيرة، وتمنح مرونة أكبر وتوزيعًا أكثر كفاءة للطاقة.

كما يناقش دورها في مكافحة فقر الطاقة عبر أمثلة من نيجيريا، حيث يساعد الذكاء الاصطناعي على تحديد المناطق الأشد حاجة للكهرباء وتحسين تشغيل هذه الشبكات، إضافة إلى مبادرات أمريكية لربطها بسياسات العدالة الاقتصادية وتوجيه الاستثمار نحو المجتمعات المهمشة. ويعرض نماذج من القرى الهندية التي اعتمدت شبكات شمسية ذكية تتنبأ بالأحمال وتكتشف الأعطال تلقائيًا لتوفير طاقة آمنة ورخيصة بدل الوقود التقليدي.

ويخلص الفصل إلى أن الشبكات المصغرة ليست مجرد حل تقني، بل أداة تنموية واجتماعية تعزز أمن الطاقة وعدالتها، وتزيد مرونة الشبكات في مواجهة الأحوال الجوية القاسية والهجمات السيبرانية، ممهدةً الطريق لنظام طاقة أكثر استدامة وأمانًا في عصر التحول منخفض الكربون.

الفصل الثامن: منظومات النقل والتوزيع الذكية

يتناول الفصل كيف يعيد الذكاء الاصطناعي تشكيل منظومتي النقل والتوزيع الكهربائي لرفع الكفاءة والسلامة والاعتمادية. ينطلق من واقع شبكات متقادمة لم تصمم لاستيعاب تنوع مصادر الطاقة وظهور المنتج-المستهلك، ما يفاقم كلفة محطات الاحتياط لتغطية ذروة الطلب ويزيد الانبعاثات. ويرى أن الحل يكمن في الانتقال من الشبكة الذكية التقليدية إلى "شبكة ذكية متعقلة" قادرة على التعلم واتخاذ القرار في الزمن الحقيقي عبر تحليل تدفقات ضخمة من بيانات العدادات والمستشعرات.

وفي إدارة الأصول، يضيف الذكاء الاصطناعي طبقة متقدمة لتحليل الأداء، فيتنبأ بالعمر المتبقي للمعدات، ويضع جداول صيانة استباقية قائمة على المخاطر، وينمذج تدهور الأعمدة ومؤشر صحتها طويل المدى، مع مراقبة بيئية وتشغيلية واستخدام الطائرات المسيرة لفحص الخطوط والأبراج وتقليل المخاطر وفترات التوقف وتكاليف التأمين.

أما سلوكيًا، فتوظف النماذج لفهم أنماط الاستهلاك والاستجابة للطلب بدقة، واستهداف البرامج التحفيزية بكفاءة، وكشف الشذوذ في العدادات الذكية لرصد الأعطال أو محاولات الاحتيال، مع تصنيف الأسر والتنبؤ بأحمال المباني وضبط التشغيل آنياً. ويتناول الفصل كذلك جوانب أمنية

من نحو كشف سرقة الطاقة والتسلل عبر منظومة العدادات، ورصد هجمات "حقن البيانات المضللة"، وإدارة الاتصالات والأمن السيبراني بإنذارات فورية وتحليل سببي للهجمات، إلى جانب تقدير مخاطر سقوط الأشجار أو الأعمدة وتنسيق الاستجابة للطوارئ بوعي جغرافي لحظي.

ويخلص الفصل إلى أن هذه القدرات تقود إلى شبكة كهربائية أكثر ترابطًا ومرونة، قادرة على دمج المتجددات والمركبات الكهربائية والتوليد الموزع بكفاءة أعلى وتكلفة أقل وموثوقية أكبر.

الفصل التاسع: إعادة ابتكار التجربة التجارية في قطاع المرافق

يركز هذا الفصل على التحول العميق في علاقة شركات المرافق بعملائها مع صعود الذكاء الاصطناعي، إذ تصبح التجربة التجارية أكثر تفاعلية وذكاءً. ويبرز الذكاء الاصطناعي في خدمة العملاء عبر المعالجة الطبيعية للغة والتعلم الآلي لفهم استفساراتهم من النصوص والمكالمات وتوجيههم مباشرة للحلول أو الأشخاص المناسبين، والتنبؤ بالاحتياجات لتقليل فقد العملاء ورفع الرضا. وتستخدم روبوتات المحادثة لتقديم خدمة فورية، وتبسيط الدفع، أو تغيير المزود، مع متابعة المنصات الاجتماعية لرصد المشكلات مبكرًا. ويتيح التعلم الآلي الموزع كذلك تدريب النماذج على بيانات ضخمة موزعة، ما يحسن التنبؤ بالسوق ويسرع بناء إستراتيجيات التداول. ويساعد الجمع بين التعلم العميق والتوزيع الحوسبي على معالجة بيانات معقدة كالأسعار والطلب والمصادر المتجددة.

كما تدعم الحلول الرقمية إدارة القوى الميدانية، وتحسين جداول العمل، واستباق الأعطال، وجمع بيانات الاستخدام لتحديد الشرائح وتقليل الانسحاب وتوجيه مبادرات الترشيد. أما في الامتثال التنظيمي، فيعد الذكاء الاصطناعي بأتمتة الفحص والتنبؤ بالمخاطر، رغم تحديات جودة البيانات وتجزئتها.

ويخلص المؤلف إلى أن شركات المرافق تتحول إلى مزودات خدمات طاقة متصلة، تبني قراراتها على البيانات، وتمكن العملاء، وتفتح مسارات دخل جديدة عبر حلول أكثر ذكاءً واستدامة.

الفصل العاشر: تحول التنقل بالمركبات الكهربائية والذكاء الاصطناعي

يتناول الفصل التحول المتسارع نحو المركبات الكهربائية ودور الذكاء الاصطناعي في دعمه؛ إذ أصبحت هذه المركبات خيارًا اقتصاديًا ونظيفًا مع تراجع كلفة البطاريات وحوافز السياسات، فيما يوفر الذكاء الاصطناعي طبقة ذكية لإدارة تجربة السائق والشبكة عبر توصيات شخصية، تحسين المسارات، ودعم القيادة المؤتمتة. يركز المؤلف على البنية التحتية للشحن كتحد رئيس، من توسيع الشبكات وإدارة الأحمال لحظيًا إلى التسعير الديناميكي وقابلية التشغيل البيني ودمج الشحن مع الشبكات الذكية. ويبرز دور الصيانة التنبؤية للبطاريات وتحليلات إدارة الأساطيل لتقليل الأعطال وتحسين التوزيع الجغرافي. كما يناقش الأمن والامتثال وحوكمة البيانات، مع مقارنة بين أسواق متقدمة وأخرى نامية تواجه فجوات التمويل والبنية. ويخلص إلى أن الانتقال الكهربائي يتطلب منظومة متكاملة قائمة على البيانات والشحن الذكي والذكاء الاصطناعي لخفض الانبعاثات وتحقيق الجدوى الاقتصادية.

الفصل الحادي عشر: عصر مصادر الطاقة اللامركزية - دمج الذكاء الاصطناعي في مستقبل الشبكات الكهربائية

يناقش هذا الفصل التحول المتسارع نحو عصر مصادر الطاقة اللامركزية (DERs)التي كانت في الماضي خيارًا مكلفًا وغير مستقر، وأصبحت اليوم بديلًا موثوقًا وفعالًا من حيث الكلفة والاستدامة. وتشمل هذه المصادر الألواح الشمسية المنزلية والمزارع الكهروضوئية الكبيرة

والبطاريات والمصانع الصغيرة والشبكات المصغرة، وهي تغير جذريًا طريقة إنتاج الطاقة واستهلاكها وتخزينها. وتتعزز مكانة هذه المصادر بانخفاض تكلفتها وتطور معايير الربط، لكن انتشارها يفرض تحديات على شركات الكهرباء التقليدية المعتادة على أنظمة مركزية مستقرة.

ويوضح المؤلف أن هذه المصادر تدعم خفض الانبعاثات، وتحسين أمن الطاقة ومرونتها عبر تقليل الاعتماد على محطات مركزية قد تتعرض للأعطال، كما تحقق عوائد اقتصادية محلية ووظائف جديدة. وتؤدي المركبات الكهربائية دورًا محوريًا من خلال الشحن بطاقة متجددة أو إعادتها للشبكة عبر تقنيات المركبة إلى الشبكة (V2G) لتحقيق التوازن والاستقرار. كما يبرز دور الذكاء الاصطناعي في هذا التحول عبر التنبؤ بالأعطال، والتحكم اللحظي بالموارد الموزعة، وتحسين استغلال الأسطح للطاقة الشمسية، وبناء شبكات ذاتية التعلم والتكيف. ويؤكد الفصل أن دمج هذه المصادر مع الذكاء الاصطناعي يمهد لشبكة أكثر كفاءة ومرونة واستدامة، قادرة على مواجهة عدم اليقين ودعم مستقبل منخفض الكربون.

الفصل الثاني عشر: المرافق في عالم الميتافيرس[1] (Metaverse)

يتناول هذا الفصل دخول شركات المرافق إلى عالم الميتافيرس بوصفه فضاءً افتراضيًا ثلاثي الأبعاد يتيح تفاعلًا غامرًا وحرًا بين المستخدمين، ويمكن أن يغير طريقة تشغيل المرافق وتدريب كوادرها والتواصل مع العملاء. لم يعد الميتافيرس مجرد فكرة خيالية، بل بيئة رقمية تتطور سريعًا وتمنح فرصًا لتقديم خدمات أكثر كفاءة وأمانًا وبتكاليف أقل.

يبرز المؤلف إمكانات الواقع الافتراضي (VR) في تدريب موظفي المرافق ضمن بيئات محاكاة آمنة وواقعية، خصوصًا للأعمال عالية الخطورة مثل محطات التحويل عالية الجهد، إذ يتيح هذا التدريب تجربة عملية واقعية للأدوات والمواقف دون تعريض العاملين للمخاطر، ويمكن من تدريب أعداد كبيرة بتكلفة وزمن أقل مع تحسين الاحتفاظ بالمعلومات والاستجابة للطوارئ. كما يناقش دور الواقع المعزز (AR) في دعم فرق الصيانة عبر عرض بيانات حية وإرشادات بصرية مباشرة أثناء العمل، مما يقلل الأخطاء ويزيد الكفاءة، ويعرض كذلك استخدام الميتافيرس بوصفها منصة لتسويق خدمات المرافق عبر بيئات تفاعلية تسمح للعملاء بتجربة محطات الكهرباء أو المياه قبل الاشتراك.

الخاتمة ونقد الكتاب

يقدم الكتاب رؤية طموحة ومتفائلة عن مستقبل قطاع المرافق في عصر التحول الطاقي والرقمي، ويشكل إضافة مهمة للنقاش العالمي في هذا المجال، فقد نجح المؤلف في بناء سردية متماسكة تربط بين التحديات التاريخية والضغوط الراهنة والتطلعات المستقبلية، مستندًا إلى رؤية إستراتيجية تجعل الذكاء الاصطناعي محورًا لتحويل البنية التحتية ورفع كفاءتها ومرونتها واستدامتها. وتكمن قيمة الكتاب في تبسيط قضايا تقنية معقدة مثل الحوسبة السحابية وتحليل البيانات والشبكات المصغرة، وربطها بأبعاد اقتصادية وتنظيمية واجتماعية واضحة؛ مما يجعله مرجعًا عمليًا لصناع القرار والباحثين.

ورغم طرح المؤلف لبعض القضايا الثقافية والمؤسسية المصاحبة للتحول الرقمي، يبقى طرحه عامًا ووصفيًا، إذ يكتفي بإبرازها بوصفها توجهات مستقبلية دون تحليل معمق يربطها بتجارب واقعية أو نماذج تطبيقية واضحة. كما أن البعد الاجتماعي لتحولات الطاقة -مثل أثر الأتمتة على الوظائف أو قضايا العدالة الطاقية- يأتي مقتضبًا مقارنة بالتفصيل التقني والاقتصادي الواسع.

ويتسم الكتاب أحيانًا بتفاؤل تقني مفرط؛ فهو يفترض جاهزية البيانات والبنى الرقمية والتشريعات دون أن يقدم أطر حوكمة عملية أو خططًا واضحة للانتقال من التجارب المعملية إلى التشغيل واسع النطاق، فنجاح الذكاء الاصطناعي يعتمد على جودة البيانات وحوكمتها وتكامل الأنظمة الموروثة ومعايير التشغيل البيني. كما يقتصر الحديث عن الأمن السيبراني على المخاطر العامة، دون طرح إطار واضح يشمل

[1] الميتافيرس فضاء رقمي افتراضي تفاعلي وغامر، يمكن المستخدمين من الاجتماع والعمل والتعلم والتسوق والترفيه عبر تمثيلات افتراضية ومنصات متصلة بالإنترنت. يمزج الميتافيرس بين تقنيات الواقع الافتراضي (VR) والواقع المعزز (AR) والذكاء الاصطناعي والبلوك تشين، ليخلق بيئات رقمية مستمرة يمكن للأشخاص والشركات التفاعل والعمل والتجارة بداخلها كما لو كانت عوالم موازية للعالم الحقيقي. (المترجم)

سيناريوهات فشل آمن وآليات إنذار مبكر وفرق اختبار مستقلة. وفي الاقتصاديات، يطرح الكتاب وعود الكفاءة وخفض الانبعاثات لكنه يغفل عن تقديم مقارنات دقيقة لتكاليف دورة الحياة، ومخاطر الاعتماد على مورد واحد أو على الخدمات السحابية، ولا يقدم نماذج تمويل معيارية أو حلولًا للتحديات التنظيمية.

وتتركز أمثلة الكتاب على الأسواق المتقدمة، في حين أن الأسواق النامية تواجه فجوات تمويل وتشريع وبنية تحتية؛ وكان من المهم تقديم سيناريوهات "الحد الأدنى المجدي" وخطط توسع تدريجي. كما أن إدخال الميتافيرس يبدو أقرب إلى أفق استكشافي واعد في التدريب والسلامة، لكنه لم يربط بعائد مثبت أو بتحليل واضح للمخاطر مقابل استثمارات أولى في العدادات والاتصالات والأمن السيبراني.

ورغم هذه التحفظات، يبقى الكتاب مساهمة بارزة؛ إذ يعيد تأطير المرافق بوصفها مزود "خدمات طاقة متصلة" تقودها البيانات، ويمنح صناع القرار لغة مشتركة وخريطة استخدامات عملية. وتكمن قيمته الحقيقية في دعوته إلى تحويل الرؤية الطموحة إلى برامج تنفيذية منضبطة وقابلة للقياس بنتائج تشغيلية ومناخية ملموسة، عبر بناء أساس بيانات محكم، واعتماد حوكمة وأمن، وقياس دقيق للقيمة، وتمكين القوى العاملة بنموذج "الإنسان + الآلة"، وتبني تجريب متدرج وعدالة مضمنة. بهذه المقاربة، تتحول الرؤية من طرح وصفي طموح إلى إطار عملي للتغيير المتوازن بين التقنية والبشر.

الدكتورة ريام بنت خالد المقرن
جامعة المجمعة

الترجمة التلخيصية والنقدية لكتاب
الذكاء الاصطناعي في قطاع المرافق: إعادة تصور منظومة الطاقة المستقبلية

في عالم يتسارع فيه التطور التقني وتشتد فيه تحديات الاستدامة، يأتي كتاب "الذكاء الاصطناعي في قطاع المرافق: إعادة تصور منظومة الطاقة المستقبلية" ليقدم قراءةً تحليليةً عميقةً في مستقبل الطاقة العالمي وكيفية إعادة صياغته من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence - AI).

صدر هذا العمل العلمي في عام 2024 عن دار نشر متخصصة في مستقبل الطاقة والسياسات البيئية، ويقع في اثنتين وستين صفحة، مقسمة إلى اثني عشر فصلًا مترابطًا يجمع بين التحليل النظري والرؤية الإستراتيجية والتطبيقات العملية.

يرى المؤلف، الدكتور ديباشيش روي، أن التحول القادم في قطاع الطاقة لن يكون تقنيًا فحسب، بل هيكليًا وفلسفيًا. إذ لن تبقى الطاقة مجرد مورد ينتج ويستهلك، بل ستتحول إلى منظومة ذكية ذات وعي رقمي، تدير نفسها ذاتيًا، وتتنبأ بالطلب، وتتكيف مع التغيرات المناخية والاقتصادية والاجتماعية.

كما يشير إلى أن المرافق (Utilities) لن تكون مجرد بنى تحتية تقليدية، بل كيانات حية مدعومة بخوارزميات قادرة على اتخاذ قرارات لحظية وتحسين الكفاءة التشغيلية والاستدامة.

تنبع أهمية الكتاب من كونه لا يكتفي بوصف التحول، بل يضع خريطة طريق واضحة لصناع القرار والباحثين والمهندسين لفهم كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يغير مستقبل الطاقة عالميًا. كما أنه يتناول الجوانب التنظيمية والسياسية والاقتصادية والأمنية لهذه الثورة، مما يجعله مرجعًا إستراتيجيًا شاملًا.

الفصل الأول: التحولات الكبرى في قطاع الطاقة

يستهل المؤلف كتابه برصد التحولات البنيوية التي يشهدها قطاع الطاقة في العقود الأخيرة، وهي تحولات غير مسبوقة في عمقها واتساعها. ويمكن تلخيص أهمها في ثلاثة محاور رئيسة:

1. **الضغوط البيئية والتغير المناخي:** إذ لم يعد بالإمكان تجاهل الانبعاثات الكربونية وآثارها الكارثية على الكوكب، ما دفع الدول والمؤسسات نحو البحث عن حلول ذكية ومنخفضة الكربون.

2. **الطلب المتزايد على الطاقة:** نتيجة للنمو السكاني والتوسع الصناعي والتحول الرقمي، أصبح الطلب يتزايد بوتيرة تفوق قدرة الشبكات التقليدية على الاستجابة.

3. **التحولات التقنية المتسارعة:** مثل ظهور الشبكات الذكية، والذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والطاقة المتجددة الموزعة.

هذه العوامل مجتمعة جعلت من الضروري إعادة تصور منظومة الطاقة بالكامل، ليس فقط من ناحية البنية التحتية، بل في طريقة التفكير والإدارة. ويشير المؤلف إلى أن الشبكات المركزية القديمة القائمة على تدفق الطاقة في اتجاه واحد (من المنتج إلى المستهلك) لم تعد قادرة على التعامل مع الواقع الجديد، وهو ما يفتح الباب أمام الذكاء الاصطناعي ليكون أداة التغيير المحورية. فالذكاء الاصطناعي قادر على:

- تحليل البيانات الضخمة (Big Data) الناتجة عن محطات الطاقة وأجهزة الاستشعار.
- التنبؤ بالطلب (Demand Forecasting) بدقة عالية.
- اتخاذ قرارات لحظية (Real-Time Decision-Making) في أوقات الذروة.

ويؤكد المؤلف أن هذا الدور لا يقتصر على تحسين الكفاءة التشغيلية، بل يتعداها إلى إعادة تشكيل العلاقة بين العرض والطلب، وتطوير نماذج أعمال جديدة تعتمد على الذكاء والتحليل التنبؤي.

الفصل الثاني: الشبكات الذكية (Smart Grids)

من أبرز التحولات التي يتناولها الكتاب هو ظهور مفهوم الشبكات الذكية (Smart Grids)، التي تمثل نقلة نوعية في طريقة إدارة الطاقة وتوزيعها. هذه الشبكات لا تعمل بشكل سلبي كما في الماضي، بل تستند إلى منظومة متكاملة من الخوارزميات وأجهزة الاستشعار وقواعد البيانات الضخمة، تجعلها قادرة على التفاعل الذكي مع الاستهلاك والإنتاج في الزمن الحقيقي.

1. **إدارة فورية واكتشاف الأعطال:** الشبكات الذكية قادرة على جمع بيانات دقيقة عن الاستهلاك لحظيًا، مما يتيح للشركات معرفة أين ومتى يزداد الطلب، واتخاذ الإجراءات المناسبة فورًا. كما يمكنها اكتشاف الأعطال مبكرًا قبل أن تتسبب في انقطاعات أو خسائر، بفضل خوارزميات الرصد والتنبؤ.

2. **التنبؤ بالأحمال وتوزيع الموارد:** تستخدم الشبكات الذكية تقنيات التعلم الآلي (Machine Learning) للتنبؤ بأوقات الذروة وتوزيع الموارد بشكل استباقي، ما يضمن استقرار الشبكة ويمنع الانقطاعات. كما يمكنها التنبؤ بأثر الظروف الجوية أو الأحداث الاقتصادية على أنماط الاستهلاك.

3. **المحاكاة المستقبلية والتخطيط الإستراتيجي:** من التطبيقات المتقدمة هو استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative AI) لبناء محاكاة واقعية لسيناريوهات مستقبلية، مثل: زيادة غير متوقعة في الطلب، ودمج مصدر جديد للطاقة المتجددة، وتغييرات في اللوائح والسياسات. تسمح هذه المحاكاة لصناع القرار بتجريب الحلول واتخاذ قرارات إستراتيجية مبنية على البيانات قبل تنفيذها في العالم الواقعي.

4. **الشبكات ككيانات "حية":** يرى المؤلف أن الشبكات الذكية لم تعد مجرد بنى تحتية ساكنة، بل أصبحت أنظمة حية قادرة على التفكير والاستجابة والتعلم. وهذا التحول الفلسفي في مفهوم الشبكة هو ما يجعل الذكاء الاصطناعي جوهر مستقبل الطاقة.

الفصل الثالث: موارد الطاقة الموزعة (Distributed Energy Resources - DERs)

يتناول هذا الفصل ثورة أخرى تعيد تعريف مشهد الطاقة العالمي: الانتقال من نموذج الإنتاج المركزي إلى نموذج الموارد الموزعة (DERs)، التي تشمل الألواح الشمسية المنزلية، وتوربينات الرياح الصغيرة، وأنظمة التخزين المحلية.

1. **من الإنتاج المركزي إلى اللامركزي:** في الماضي، كانت محطات الطاقة الكبرى هي المصدر الوحيد للإنتاج. أما اليوم، فآلاف المنازل والمصانع أصبحت أيضًا منتجة للطاقة، ما أضاف طبقة جديدة من التعقيد لإدارة الشبكة.

2. **الذكاء الاصطناعي كمنسق للموارد:** هنا يظهر دور الذكاء الاصطناعي في تنسيق هذه الموارد الموزعة، بحيث يضمن اندماجها في الشبكة دون الإخلال باستقرارها. على سبيل المثال، يمكنه التنبؤ بكمية الطاقة التي ستنتجها الألواح الشمسية في يوم غائم، أو تقدير حجم الفائض المتوقع من محطات الرياح.

3. **التوازن الديناميكي بين العرض والطلب:** تستخدم الخوارزميات الذكية لتحقيق توازن ديناميكي (Dynamic Balancing) عبر توجيه الطاقة الزائدة نحو التخزين أو نحو مناطق تعاني من نقص، وهو أمر كان شبه مستحيل إداريًا في النماذج القديمة.

4. **تحسين الكفاءة وتخفيض الفاقد:** يسهم الذكاء الاصطناعي كذلك في تحسين كفاءة الشبكة من خلال تقليل الفاقد الناتج عن سوء توزيع الطاقة، وتوجيه الموارد إلى الأماكن التي تحتاجها فعليًا، بما يضمن الاستخدام الأمثل لكل كيلوواط منتج. ويخلص المؤلف إلى أن موارد الطاقة الموزعة لن تكون مستقبل الطاقة فحسب، بل ستكون أساسه، وأن الذكاء الاصطناعي هو "المايسترو" الذي سيقود هذه الأوركسترا اللامركزية نحو التناغم والاستدامة.

الفصل الرابع: الصيانة التنبؤية (Predictive Maintenance)

في عالم الطاقة الحديث، حيث تتزايد تعقيدات الشبكات وحجم البيانات، لم يعد نهج الصيانة التقليدية القائم على "الإصلاح بعد العطل" كافيًا. وهنا يبرز أحد أعظم تطبيقات الذكاء الاصطناعي: الصيانة التنبؤية.

1. **من الاستجابة إلى الاستباق:** يشرح المؤلف كيف غير الذكاء الاصطناعي قواعد اللعبة، إذ أصبح بالإمكان التنبؤ بالأعطال قبل وقوعها عبر تحليل البيانات التشغيلية بشكل مستمر. على سبيل المثال، قد تكشف تغيرات طفيفة في درجة الحرارة أو الاهتزاز عن احتمال حدوث عطل خلال أسابيع، مما يتيح التدخل المبكر.

2. **تقليل التكاليف وزيادة الموثوقية:** يسهم هذا النهج في خفض تكاليف الصيانة بشكل كبير، لأنه يوجه الموارد فقط عند الحاجة الفعلية، بدلًا من الصيانة الدورية المكلفة أو الإصلاحات الطارئة. كما أنه يرفع من موثوقية الشبكة (System Reliability)، إذ يقلل من الأعطال المفاجئة والانقطاعات غير المخطط لها.

3. **إطالة عمر المعدات:** من خلال التنبؤ بالأعطال مبكرًا ومعالجتها قبل تفاقمها، تزداد مدة خدمة الأصول (Asset Lifespan) بشكل ملحوظ، ما يحقق عائدًا اقتصاديًا كبيرًا على الاستثمارات في البنية التحتية.

4. **أنظمة ذاتية التحسين:** مع مرور الوقت، تتعلم خوارزميات الصيانة التنبؤية من البيانات السابقة، وتصبح أكثر دقة في التنبؤ. وهكذا يتحول النظام إلى منظومة ذاتية التطوير (Self-Optimizing System)قادرة على اتخاذ قرارات ذكية دون تدخل بشري.

الفصل الخامس: التخطيط الإستراتيجي المستقبلي (Strategic Planning)

لا يقتصر دور الذكاء الاصطناعي على التشغيل والصيانة، بل يمتد ليشمل أفقًا أوسع: التخطيط الإستراتيجي للطاقة على المدى الطويل.

1. **النمذجة والمحاكاة المستقبلية:** من خلال بناء نماذج محاكاة (Simulation Models) تعتمد على الذكاء الاصطناعي، يمكن للشركات والحكومات استكشاف تأثير مختلف السيناريوهات المستقبلية. على سبيل المثال:
    - ما أثر زيادة الطلب بنسبة 30% خلال العقد القادم؟
    - كيف سيؤثر فرض ضريبة كربون جديدة على مزيج الطاقة؟
    - ما نتائج الاستثمار في تقنيات تخزين جديدة؟
2. **التحليلات التنبؤية لاتخاذ القرار:** تتيح أدوات التحليلات التنبؤية (Predictive Analytics) اتخاذ قرارات مبنية على البيانات حول مواقع الاستثمار، وأنواع التقنيات الواعدة، والتغيرات المحتملة في الأسعار والسياسات.
3. **التوجيه الذكي للاستثمارات:** يستطيع الذكاء الاصطناعي تحديد أفضل مواقع بناء محطات الطاقة، وتقدير العائد الاقتصادي والبيئي من كل مشروع، وتقديم توصيات حول الأولويات الاستثمارية.
4. **المرونة في التخطيط:** من أهم خصائص التخطيط الذكي أنه ديناميكي وقابل للتكيف. فإذا طرأ تغيير مفاجئ -كابتكار تقني جديد أو أزمة جيوسياسية- يمكن للنظام تحديث خطط الطاقة بسرعة بناءً على البيانات الجديدة.

الفصل السادس: التكامل مع الطاقة المتجددة (Integration with Renewable Energy)

تعد الطاقة المتجددة العمود الفقري لمستقبل الطاقة، لكنها تواجه تحديات جوهرية أهمها التقطع (Intermittency) وعدم القدرة على التنبؤ الدقيق بالإنتاج. وهنا يأتي الذكاء الاصطناعي ليقدم حلولًا عملية لهذه المعضلة.

1. **تحسين التنبؤ بالإنتاج:** بفضل تحليل بيانات الطقس والغيوم وسرعة الرياح وأنماط الإنتاج السابقة، يمكن للذكاء الاصطناعي بناء نماذج تنبؤية دقيقة لتقدير حجم الطاقة المتجددة المتوقع إنتاجها في كل ساعة من اليوم.
2. **تحسين إدارة التخزين:** يستخدم الذكاء الاصطناعي في إدارة أنظمة التخزين (Energy Storage Management) من خلال تحديد أفضل أوقات الشحن والتفريغ لتحقيق أقصى كفاءة ممكنة.
3. **التكامل الذكي مع الشبكات التقليدية:** يساعد الذكاء الاصطناعي في دمج مصادر الطاقة المتجددة بالشبكات التقليدية بطريقة سلسة، حيث يحدد متى يتم الاعتماد على الطاقة التقليدية لتعويض النقص، ومتى يمكن تقليلها لخفض الانبعاثات.
4. **مواجهة تقلبات السوق:** من خلال التنبؤ بتقلبات الإنتاج والطلب، يمكن للشركات التكيف مع ظروف السوق المتغيرة وضبط إستراتيجيات التسعير والإمداد.

الفصل السابع: تمكين المستهلك (Prosumer Empowerment)

أحد أكثر التحولات ثورية في عالم الطاقة هو تغير دور المستهلك. لم يعد المتلقي النهائي مجرد مستهلك للطاقة، بل أصبح منتجًا ومشاركًا نشطًا في السوق, ما يعرف بمفهوم المنتج المستهلك (Prosumer).

1. **من المتلقي إلى الشريك:** بفضل تقنيات الذكاء الاصطناعي، أصبح بإمكان الأفراد والمؤسسات إنتاج الطاقة عبر الألواح الشمسية وبيع الفائض إلى الشبكة العامة. هذا التحول يجعل المستهلكين شركاء في القيمة بدلًا من كونهم متلقين سلبيين.

2. **أدوات ذكية لإدارة الاستهلاك:** توفر تطبيقات الذكاء الاصطناعي للمستخدمين أدوات تسمح لهم بمراقبة استهلاكهم لحظيًا، وتحديد الأوقات المثلى للبيع أو التخزين، وتحسين إستراتيجيات الطاقة المنزلية.

3. **اقتصاد الطاقة التشاركي:** يبرز المؤلف مفهوم اقتصاد الطاقة التشاركي (Energy Sharing Economy)، الذي يسمح للمستهلكين بتبادل الطاقة فيما بينهم عبر منصات ذكية تعتمد على الذكاء الاصطناعي، ما يخلق أسواقًا محلية صغيرة داخل المدن.

4. **تحديات تنظيمية وأمنية:** هذا التحول يحتاج إلى تحديث شامل في الأطر التنظيمية والقانونية لحماية المستهلكين وضمان التنافسية ومنع الاحتكار. كما يتطلب تعزيز الأمن السيبراني لحماية البيانات الشخصية وعمليات التداول.

الفصل الثامن: الأمن السيبراني (Cybersecurity)

كلما ازدادت منظومة الطاقة ذكاءً واتصالًا، ازدادت هشاشتها أمام التهديدات السيبرانية. فالشبكات الحديثة لم تعد معزولة، بل ترتكز على أجهزة الاستشعار وإنترنت الأشياء (IoT) والمنصات السحابية، مما يجعلها هدفًا مغريًا للهجمات الإلكترونية.

1. **التهديدات المتزايدة:** يتحدث المؤلف عن التهديدات التي قد تعصف بالقطاع، مثل سرقة البيانات، أو تعطيل محطات التوليد، أو التلاعب بأنظمة التسعير، أو حتى الهجمات التي تهدف لإحداث انهيار في الشبكة. وتعد هذه التهديدات أخطر مما قد يبدو، إذ إن أي اختراق يمكن أن يؤدي إلى شل البنية التحتية الوطنية للطاقة.

2. **الذكاء الاصطناعي كخط دفاع أول:** يبرز الذكاء الاصطناعي كأداة دفاعية قادرة على رصد الهجمات مبكرًا وتحليل أنماط السلوك المشبوه. فعلى سبيل المثال، إذا لاحظ النظام سلوكًا غير معتاد في عمليات الدخول أو تدفق البيانات، يمكنه تنبيه المشغلين أو حتى اتخاذ قرارات فورية مثل عزل النظام المستهدف.

3. **الأنظمة ذاتية التعلم:** من ميزات أنظمة الأمن المبنية على الذكاء الاصطناعي أنها تتعلم ذاتيًا (Self-Learning Systems)، فتتحسن مع كل محاولة اختراق سابقة، وتطور قدراتها على اكتشاف التهديدات الجديدة دون الحاجة لتحديث يدوي.

4. **التحديات المستقبلية:** رغم التقدم الكبير، لا تزال هناك تحديات كبرى، مثل استخدام القراصنة أنفسهم للذكاء الاصطناعي في هجماتهم، أو محاولات "تسميم البيانات" لإرباك الخوارزميات.

ويخلص المؤلف إلى أن التقنية وحدها لا تكفي، بل يجب دعمها بسياسات أمنية قوية وأطر تنظيمية متطورة.

الفصل التاسع: إدارة الأسواق (Market Operations)

في هذا الفصل، يسلط المؤلف الضوء على التحول الجذري الذي أحدثه الذكاء الاصطناعي في أسواق الطاقة. إذ لم تعد السوق مجرد مساحة

لتبادل العرض والطلب، بل نظامًا حيًا يتفاعل لحظيًا مع البيانات ويدار بالخوارزميات.

1. **التحليلات التنبؤية:** تساعد التحليلات التنبؤية (Predictive Analytics) على قراءة اتجاهات السوق بدقة غير مسبوقة. يمكن للنظام التنبؤ بتغيرات الأسعار، والتقلبات الموسمية في الطلب، وأثر السياسات البيئية الجديدة على تكاليف الطاقة.

2. **التسعير الديناميكي:** بفضل الذكاء الاصطناعي، أصبح من الممكن تطبيق التسعير الديناميكي (Dynamic Pricing) الذي يتغير في الزمن الحقيقي بناءً على حالة السوق. هذا الأسلوب لا يحقق فقط أرباحًا أعلى، بل يساهم أيضًا في إدارة الطلب عبر تحفيز المستهلكين على تغيير أنماط استهلاكهم.

3. **الأسواق اللامركزية:** يشير المؤلف إلى بروز نماذج الأسواق اللامركزية (Decentralized Markets)، حيث يتم تبادل الطاقة مباشرة بين المنتجين والمستهلكين من دون وسطاء تقليديين. وتدار هذه الأسواق بالكامل بواسطة خوارزميات تطابق العرض بالطلب وتحدد الأسعار اللحظية.

4. **تأثير السياسات:** يظهر الذكاء الاصطناعي قدرته على تحليل تأثيرات القرارات السياسية والتنظيمية –مثل ضرائب الكربون أو دعم الطاقة المتجددة– على الأسعار والطلب، ما يمنح الشركات أداة قوية للتكيف الإستراتيجي مع البيئة التنظيمية.

الفصل العاشر: تحسين إدارة البيانات (Data Management)

تعد البيانات قلب التحول الرقمي في قطاع الطاقة. فكل قرار، وكل عملية، وكل خوارزمية تعتمد على جودة البيانات وكفاءتها.

1. **البيانات كمورد إستراتيجي:** تشكل البيانات اليوم موردًا لا يقل أهمية عن النفط أو الغاز، لأنها تمكن الشركات من اتخاذ قرارات دقيقة في الوقت المناسب. من خلال تحليل بيانات الاستهلاك والإنتاج، يمكن للنظام تحديد الأنماط الخفية والتغيرات الطفيفة التي قد تشير إلى مشكلات مستقبلية أو فرص استثمارية.

2. **تنظيف البيانات وتحسين الجودة:** من التحديات الرئيسة التي يناقشها الكتاب مسألة تنقية البيانات (Data Cleaning). فالبيانات المليئة بالأخطاء أو القيم الشاذة قد تؤدي إلى قرارات كارثية. تستخدم خوارزميات الذكاء الاصطناعي في اكتشاف هذه الأخطاء وتصحيحها، وتوحيد البيانات القادمة من مصادر متعددة.

3. **التحليل اللحظي:** تتيح أنظمة الذكاء الاصطناعي التحليل في الزمن الحقيقي (Real-Time Analytics)، مما يسمح للمشغلين باتخاذ قرارات فورية –مثل إعادة توجيه الطاقة أو تغيير أولويات التشغيل– استنادًا إلى أحدث المعلومات.

4. **النمذجة المستقبلية:** من خلال تحليل الاتجاهات طويلة الأجل، يمكن للذكاء الاصطناعي مساعدة الحكومات والشركات على وضع خطط طاقة لعقود قادمة، وتحديد مواقع المحطات المستقبلية، وتقدير الاستثمارات المطلوبة.

الفصل الحادي عشر: الابتكار والتقنيات الناشئة (Innovation and Emerging Technologies)

في هذا الفصل، يوسع المؤلف نطاق التحليل ليشمل التكامل بين الذكاء الاصطناعي وتقنيات أخرى تحدث ثورة في الطاقة.

1. **سلاسل الكتل (Blockchain):** توفر سلاسل الكتل مستوى غير مسبوق من الشفافية والأمان في المعاملات الطاقوية؛ إذ يمكن تسجيل كل عملية بيع وشراء في سجل لا مركزي غير قابل للتلاعب، مما يزيد من الثقة في الأسواق.

2. **إنترنت الأشياء (IoT) والحوسبة الطرفية:** تمكن أجهزة إنترنت الأشياء من جمع بيانات دقيقة عن الاستهلاك والإنتاج والصيانة. وتتيح الحوسبة الطرفية (Edge Computing) معالجة هذه البيانات في أماكن جمعها، ما يقلل زمن الاستجابة ويحسن أداء الشبكة.

3. **التوأم الرقمي (Digital Twin):** يستخدم "التوأم الرقمي" لإنشاء نسخة افتراضية من الشبكة، يمكن من خلالها اختبار سيناريوهات مختلفة قبل تنفيذها في العالم الحقيقي، ما يقلل المخاطر ويرفع الكفاءة.

4. **نماذج أعمال جديدة:** يفتح الدمج بين الذكاء الاصطناعي وهذه التقنيات الباب أمام نماذج أعمال مبتكرة مثل الشبكات اللامركزية التي تنتج فيها المجتمعات طاقتها الخاصة وتتبادلها مباشرة.

الفصل الثاني عشر: الرؤية المستقبلية لقطاع الطاقة (Future Vision)

يختتم المؤلف كتابه بنظرة شاملة إلى المستقبل، مؤكدًا أن الذكاء الاصطناعي لن يكون مجرد تقنية مساعدة، بل البنية التحتية الأساسية التي يقوم عليها نظام الطاقة في العقود المقبلة.

1. **الذكاء الاصطناعي بوصفه قلب المنظومة:** سيتولى الذكاء الاصطناعي إدارة الشبكات بالكامل –من الإنتاج والتوزيع إلى التسعير والتنبؤ– دون تدخل بشري يذكر.

2. **الطاقة المتجددة في الصدارة:** لن تكون الطاقة المتجددة خيارًا تكميليًا، بل ستصبح المصدر الرئيس للطاقة، معتمدة على خوارزميات ذكية لمعالجة التقطع وتحسين الكفاءة.

3. **المستهلك كمشارك فاعل:** سيتحول المستهلك إلى عنصر محوري، يشارك في الإنتاج والتوزيع واتخاذ القرارات من خلال منصات رقمية.

4. **الأسواق اللحظية واللامركزية:** ستهيمن الأسواق اللحظية التي تدار بالخوارزميات على المشهد، وستتراجع الأسواق التقليدية لصالح منصات أكثر مرونة واستجابة.

5. **البحث والسياسات:** يؤكد المؤلف أن الاستثمار في البحث والتطوير وصياغة سياسات ذكية هو الشرط الحاسم لضمان الانتقال السلس إلى هذه المرحلة الجديدة.

الخاتمة

حين نغلق صفحات هذا الكتاب، نجد أنفسنا أمام عمل يتجاوز كونه دراسة تقنية في مجال الطاقة؛ إنه رؤية مستقبلية شاملة تعيد صياغة علاقة الإنسان بالطاقة، وتحول الذكاء الاصطناعي من مجرد أداة مساعدة إلى عقل إداري مفكر يعيد هندسة القطاع من الجذور.

لقد نجح المؤلف د. ديباشيش روي في رسم لوحة بانورامية تجمع بين العلم والرؤية، بين التقنية والسياسة، بين التحليل والخيال المستقبلي. فهو لا يكتفي بسرد المعلومات، بل يبني سردية معرفية متكاملة ترى في الطاقة ركيزةً للتنمية، وفي الذكاء الاصطناعي مفتاحًا لإدارة هذه الركيزة بأعلى درجات الكفاءة والمرونة.

تكمن القيمة الفكرية للكتاب في أنه يقدم تصورًا لتحول فلسفي عميق: لم تعد الطاقة مجرد سلعة تنتج وتستهلك، بل منظومة ذكية تتنبأ وتتكيف وتتطور. لم يعد المستهلك فيها طرفًا سلبيًا، بل فاعلًا مشاركًا يصنع جزءًا من السوق ويؤثر في قراراته. ولم تعد الشبكات مجرد بنى تحتية صماء، بل أنظمة حية قادرة على التعلم والاستجابة وإدارة ذاتها.

ومن خلال اثني عشر فصلًا مترابطًا، يغوص الكتاب في تفاصيل دقيقة تشمل كل جوانب المنظومة: من الصيانة التنبؤية والتخطيط الإستراتيجي إلى التكامل مع الطاقة المتجددة، ومن تمكين المستهلك إلى تسعير الأسواق اللامركزية، ومن الأمن السيبراني إلى التحليل اللحظي للبيانات. كل ذلك يبنى على فرضية أساسية مفادها أن مستقبل الطاقة لن يصاغ في محطات التوليد أو مراكز التوزيع، بل في الخوارزميات ونماذج التعلم الآلي التي تدير المنظومة بأكملها.

وإذ يربط المؤلف التحول الرقمي بالتحولات السياسية والاقتصادية والاجتماعية، فإنه يضع الطاقة في قلب مشروع عالمي أكبر: مشروع يسعى لتحقيق الاستدامة والعدالة والابتكار في آن واحد. هذا التكامل بين التقنية والرؤية يجعل الكتاب مرجعًا لا غنى عنه لصناع القرار والباحثين والمهندسين والمشرعين، ولكل من يسعى إلى فهم معادلة الطاقة في القرن الحادي والعشرين.

نقدي البناء للكتاب

ولئن كان هذا الكتاب منارة فكرية في ميدان الطاقة والذكاء الاصطناعي، فإن تمام الفضل لا يكتمل إلا بالنقد، وكمال الفكرة لا يبلغ ذروته إلا بالمراجعة والتقويم. ومن هذا المنطلق، يأتي النقد البناء هنا لا لينتقص من قيمة العمل، بل ليتم حلقته المعرفية ويعزز رسالته.

نقاط القوة:

1. الشمولية والاتساع: يمتاز الكتاب بشمول طرحه وتناوله لكل عناصر المنظومة الطاقوية –من الإنتاج إلى التوزيع ومن المستهلك إلى السوق– في سياق متكامل يجمع بين التقنية والسياسة.

2. العمق التحليلي والاستشراف المستقبلي: لا يكتفي المؤلف بوصف الواقع، بل يتجاوزه إلى قراءة مآلاته، ورسم سيناريوهات متعددة للمستقبل.

3. الربط بين الإنسان والتقنية: يضع الكتاب الإنسان –المستهلك والمجتمع والدولة– في قلب التحول، فلا يجعل الذكاء الاصطناعي بديلًا عنه؛ بل أداة لتمكينه.

4. إبراز التحولات البنيوية: من أعظم إنجازاته تسليطه الضوء على التحولات الجذرية في دور الشبكات والمستهلكين والأسواق.

مواطن القصور:

1. غياب البيانات الكمية والتطبيقات الميدانية: رغم ثراء التحليل النظري، فإن الكتاب كان سيغتني أكثر لو أرفق بأمثلة رقمية ودراسات حالة من الواقع الصناعي.

2. هيمنة التجربة الغربية: ركز المؤلف على تجارب أمريكا وأوروبا واليابان، فيما ظل الحديث عن تجارب الدول النامية محدودًا ومقتضبًا.

3. الجوانب الأخلاقية والقانونية: أشار إليها المؤلف بإيجاز، لكنها تستحق تناولًا أعمق نظرًا لحساسيتها في عصر الذكاء الاصطناعي.

وختامًا، إن هذا الكتاب ليس مجرد بحث في مستقبل الطاقة، بل بيان معرفي لعصر جديد ستتولى فيه الخوارزميات زمام قيادة القطاع، كما تولى البخار قيادة الثورة الصناعية قبل قرنين.

إنه دعوة للتفكير في الطاقة لا كمورد اقتصادي فقط، بل كمجال يتقاطع فيه العلم بالسياسة، والتقنية بالقيم، والاقتصاد بالاستدامة.

وهو في جوهره، كما أراده مؤلفه، دليل لصياغة إستراتيجية عالمية تجعل من الذكاء الاصطناعي أداةً لتحقيق كوكب أكثر كفاءة وعدلًا وأمنًا.

وهكذا، يظل هذا العمل منارةً فكرية لكل من يريد أن يفهم كيف سيعاد رسم خريطة الطاقة في العقود القادمة، وكيف سيصبح الذكاء الاصطناعي البنية التحتية غير المرئية التي تقوم عليها الحياة الحديثة.

أبيات عن الترجمة (من نظمي)

طابَ المقامُ وطابَ فيهِ بيانُ وشدا بما يحوي الضميرَ لسانُ

لولا التواصُلُ بالمعارفِ والنُّهى أنّى سَما عن غيرِهِ الإنسانُ

إنَّ الحضارةَ في زِمامِ مُترجِمٍ يَعلو بخطِّ يمينِهِ البُنيانُ

نهرٌ تفيضُ بهِ كنوزُ معارفٍ اللؤلؤُ الكلماتُ والمرجانُ

حَمَلَتْ معارفَ أمّةٍ في فلكِها طابتْ وطابَ بحملِها الجَريانُ

إنَّ المُترجِمَ كالسفيرِ لأمّةٍ عَلَمٌ تُحَفُّ بسيرِهِ الألوانُ

العلمُ قلبٌ والمعارفُ قلبُهُ والتُرجماتُ بجوفِها شِريانُ

الدكتور عامر بن عبدالله قبطي
جامعة الملك خالد

ترجمة تحليلية لكتاب الذكاء الاصطناعي للمرافق: إعادة تصور منظومة الطاقة المستقبلية

إن قطاع المرافق العالمي يشهد اليوم تحولات كبرى لم يعرف لها مثيلًا منذ قرن من الزمان؛ إذ تدق على أبوابه ثورة رقمية يقودها الذكاء الاصطناعي، وتحيط به ضرورات بيئية واقتصادية تلزمه بخلع ثوبه القديم، كما تبدل موقع المستهلك من كونه منفذًا أخيرًا للتيار إلى فاعل أصيل داخل المنظومة. وفي خضم هذا التحول الجارف، تجد القيادات نفسها إزاء سؤال العصر، كيف تستولد رؤية جديدة توفق بين متطلبات التقنية وأعباء الاستدامة وحقوق المستهلكين؟ في محاولة للإجابة عن هذا السؤال، يأتي كتاب الذكاء الاصطناعي للمرافق: إعادة تصور منظومة الطاقة المستقبلية للدكتور ديباشيش روي، الصادر عن دار أبريس التابعة لمجموعة سبرينغر نيتشر. ينبسط هذا العمل على مئتي صفحة، تنتظم مباحثه في اثني عشر فصلًا. ويصطحب فيه مؤلفه القارئ في استعراض منهجي يستشرف آفاق قطاع المرافق، ويعد فيه، لا سيما أهل الخبرة، برؤية شاملة وواضحة المعالم.

تتأسس أطروحة الكتاب على فرضية مركزية، مؤداها أن مسيرة قطاع المرافق التاريخية، التي انطلقت مع فجر الكهرباء في نموذج "المرافق 1.0"، وعبرت مرحلة الأتمتة المبكرة في "المرافق 2.0"، ولامست بدايات الشبكات الذكية في "المرافق 3.0"، قد بلغت اليوم مفترق طرق حاسمًا. فالتحول نحو نموذج "المرافق 4.0"، القائم على اللامركزية وإزالة الكربون والرقمنة، قد تجاوز مرحلة الترف الاختياري ليصبح قدرًا محتومًا، تسيره في هذا الاتجاه خمس قوى دافعة حددها المؤلف تتمثل في حتمية إزالة الكربون، وزخم التحولات التنظيمية، وضراوة المنافسة، وسطوة المستهلك الممكن، وطوفان التقدم التقني. وعلى هذا الأساس، ينصب هدف الكتاب على تمكين القارئ من فهم هذه القوى بعمق، وتسخير الذكاء الاصطناعي بوصفه أداة حاسمة في رحلة التحول، لتحقيق الاستدامة والارتقاء بكل مفاصل القطاع، شاملة توليد الطاقة والشبكات المصغرة، وتجارة التجزئة، وثورة المركبات الكهربائية.

وتكمن القيمة الحقيقية لهذا العمل في منظور مؤلفه؛ فالكاتب لا يخاطبنا من برج عاجي أكاديمي، وإنما تأتي رؤيته من خنادق الممارسة التنفيذية بصفته مديرًا أول في شركة أكسنتشر العالمية. فهو فارس مخضرم في ميدان التحولات التقنية، صقلته خبرة تمتد لأكثر من خمسة عشر عامًا في قيادة دفة التغيير لدى عمالقة الشركات المدرجة في قائمة فورتشن 500. من هنا، فإن رؤيته ليست نتاج نظريات مجردة، بقدر ما هي خلاصة تجارب تصهر في بوتقة المعترك العملي، وتصقل في خضم إدارة المشروعات المليونية وتصميم الحلول التي تشمل السحابة والبيانات والذكاء الاصطناعي لقطاع المرافق على وجه الخصوص. وهذا المنظور الميداني هو ما يمنح الكتاب ثقلا إستراتيجيًا لافتًا، لكنه في الآن ذاته يرسم حدوده التي لا يتجاوزها؛ فتتجلى عبقريته في رسم اللوحة الكبرى بألوان زاهية، بينما يترك تفاصيل النقوش الدقيقة باهتة في الظل.

إن سر شخصية الكتاب المزدوجة مرده إلى تحديده الدقيق للفئتين من القراء اللتين يخاطبهما؛ فهو يتوجه في المقام الأول إلى أهل الميدان من المهنيين وصناع القرار في قطاع المرافق، أولئك التواقين إلى تسخير تقنيات الذكاء الاصطناعي. وفي الآن ذاته، يمد جسور التواصل مع أهل النظر من الباحثين والأكاديميين والطلاب في حقول هندسة الطاقة والعلوم البيئية وتحليلات البيانات. وهذا التحديد الواضح لبوصلة الخطاب هو ما يفسر طبيعته المزدوجة؛ فهو في جوهره وثيقة تأسيسية لا غنى عنها للمجموعة الأولى، ترسم لهم خريطة الطريق الإستراتيجية. أما المجموعة الثانية، فقد تجد نفسها بعد قراءته ظمأى إلى تفاصيل تقنية أعمق وغوص منهجي أبعد غورًا.

يبرز هذا العمل وثيقةً إستراتيجيةً رفيعة المستوى، تفتح أمام القادة وصناع السياسات كوةً يطلون منها على مستقبل تنسج فيه خيوط الذكاء الاصطناعي أدق تفاصيله. وتظهر فيه مقدرة المؤلف الفائقة على لم شتات الاتجاهات المعقدة والمتشابكة ونظمها في عقد سردي متماسك، ليقدم حجة تجارية تظهر أن قطاع المرافق، بما عرف عنه من جمود وتوجس غريزي من المخاطر، لا مفر له من اعتناق هذا التحول الجذري. وعلى ذلك يسمو الكتاب بمرامه عن كونه مجرد دليل تقني، ليصبح محاولة جادة لتأسيس أبجدية مشتركة يتخاطب بها أهل القرار مع أهل الخبرة التقنية. فهو في جوهره وثيقة إستراتيجية، لا تهدف إلى تقديم حلول جاهزة، بقدر ما تسعى إلى بناء الإجماع وحشد الهمم نحو فجر جديد للطاقة.

بيد أن هذه الرؤية الشامخة، على ما تنطوي عليه من سحر وقوة، ما تزال تحلق في سماوات التفاؤل، من غير أن تغرس جذورها عميقًا في تربة الواقع العملي المتشابك. فالكتاب، وإن أبدع في خط معالم الغاية المرتجاة، فإنه لا يقدم لنا إلا خريطةً سماويةً تعوزها التضاريس الأرضية؛ إذ يقفز متعجلًا فوق جبال التركات الإدارية الراسيات، ويغضي الطرف عن تلك الأغوار السحيقة التي تحف بمسالك التغيير. ومن هنا يجيء هذا التحليل ليسير مع الكتاب فصلًا فصلًا، كاشفًا عن مواضع قوته في صياغة النهج الرؤيوي، ومبينًا في الوقت نفسه ما يكتنفه من فجوات عملية قد تعترض القارئ ساعة يهم بالنزول إلى ميدان التنفيذ.

مخاض عالم جديد وتأسيس صرح رقمي

يعد القسم الافتتاحي من الكتاب أشد فصوله تماسكًا وأقواها إقناعًا، إذ يحسن المؤلف أن يضع الإطار العقلي الذي يجيب عن السؤال الجوهري وهو لم غدا التغيير ضرورةً لا محيد عنها؟ يفتتح الدكتور روي عرضه باسترجاع تاريخ الكهرباء في سرد مشوق، ومن أجل ذلك يستل من غمد التاريخ حكايةَ "حرب التيارات" بين إديسون وتسلا، ليضع ثورتنا التقنية الراهنة في نصابها الصحيح، مثبتًا أن مخاض العصر لا يقل عن سابقه هولًا ولا أثرًا. ثم يعرج بحدة على ما يواجه القطاع في زمننا هذا من ضغوط متراكمة، فيفصل القول في الأخطار البيئية الناجمة عن تضخم إنتاج الطاقة، ويكشف أثر الداخلين الجدد إلى السوق وما أحدثوه من زعزعة وتحد، حتى يبلغ بحديثه ذروةً أخلاقيةً حين يتوقف عند الواجبين الملحين، وهما مواجهة تغير المناخ ومعالجة فقر الطاقة الذي يثقل كواهل الملايين حول العالم.

وأما عرضه لمفهوم الذكاء الاصطناعي، فعلى جلاء عبارته، يبقى عامًا لا يبلغ ما ينتظر منه من تعميق، إذ يهمل فرصة مبكرة لتأطير دور هذه التقنية في إطار القيود الصارمة التي تحكم قطاع المرافق؛ وهو عالم مثقل ببنى تحتية عملاقة تمتد آجالها لعقود طوال، وتطوقه تشريعات تنظيمية مشددة، وتكبحه اشتراطات السلامة العامة التي لا تقبل المساومة. وهي قيود تجعل من فلسفة المجازفة والتعثر السريع التي يلهج بها وادي السيليكون ترفًا لا يحتمل وخطيئةً لا تغتفر.

ويجيء الفصل الثاني فيوسع ما بني من أساس ليصوغ منه مشهدًا رؤيويًا لمستقبل الطاقة، مرتكزًا إلى ما يسميه المؤلف "النظام البيئي الذكي". ويضع في هذا الفصل حدًا بين نمطين من الشبكات الحديثة؛ فالأولى لا تتجاوز أن تكون شبكةً تجاوبيةً تلتقط البيانات وتتيح التحكم من بعيد، وأما الثانية، وهي مراده الأعمق، فترتقي إلى منظومة حية تستبق الخلل وتعيد اتزانها إذا اضطربت، مزودة بقدرة على استشراف تقلبات العرض والطلب والتأهب لها قبل وقوعها. ويمضي الفصل في تفكيك أبجديات هذا الاقتصاد الوليد، فيشرح بوضوح مصطلحات مثل موارد الطاقة الموزعة، والشبكات المصغرة المترابطة، وتكتلات الاختيار المجتمعي، حتى يبلغ التحول الجوهري في موقع المستهلك، إذ يغادر خانة الاستهلاك المحض ليدخل رحاب المشاركة في الإنتاج وصياغة المسار الطاقي ذاته.

ولكن ما إن يتجاوز الناظر بريق الواجهة الخارجي لهذا التصور، حتى تتكشف له مواطن الوهن في أساساته. فالمأخذ الجوهري هو أن الكاتب يطرح ابتكارات من قبيل تحويل الطاقة من سلعة تباع بالوحدة إلى خدمة تشترى بالمنفعة، متغافلاً عن أنها تحمل في طياتها معاول هدم لنموذج العمل الذي طالما ارتزقت منه المرافق. ويتجلى هذا القصور أشد ما يكون حين يمر المؤلف مرور الكرام على ذكر "اللوائح التنظيمية المتطورة"، متجاهلاً بذلك المعضلة الكبرى. فتلك الهيئات التنظيمية كيانات عتيدة، جبلت طبيعتها على هدف واحد، هو إبقاء الأسعار منخفضة ومستقرة. فكيف السبيل إلى إقناعها بتبني هياكل تسعيرية مغايرة تمامًا في تعقيدها وتغيرها؟ إن الإحجام عن الخوض في غمار هذه المعضلة يترك في خريطة الطريق التي يرسمها الكاتب بياضًا شاسعًا؛ منطقة محفوفة بالمخاطر تركت دون دليل، قد يضل فيها السائر إذا حاول أن يهتدي بخطاه. وعند هذا المنعطف، تنكشف أولى الشروخ في بنية هذا العمل؛ فالمؤلف يقطع على نفسه عهدًا صريحًا في مستهل كتابه بتقديم "خريطة طريق واضحة"، ويؤكد مأموله بأن يضع بين يدي قارئه "خريطة للمستقبل". بيد أن هذا الوعد يظل معلقًا في سماء التجريد، لا تمتد جذوره إلى أرض الواقع التنفيذي. على أن النقد الموجه إليه لا يأخذه بجريرة طابعه الإستراتيجي، بل يحتكم في تقييمه إلى المحك الذي نصبه هو لنفسه.

وتجد هذه الرؤية ما يرسخها في الفصول التالية، حيث ينتقل المؤلف إلى الخطوات العملية لبناء ما يسميه "الحمض النووي الرقمي" في الفصل الثالث، ثم إلى مراحل تبني الذكاء الاصطناعي في الفصل الرابع. وتغدو استعارة "الحمض النووي الرقمي" إطارًا بليغًا للتحول المؤسسي، إذ تشدد على أن التغيير لا بد أن يتغلغل في أعماق هوية المرفق وجوهر بنيته، لا أن يبقى طلاءً سطحيًا على جدرانه. ثم يشرع الكاتب في تفصيل "جينات" هذا الحمض، فيعدد منها النسيج السحابي الممتد الذي يمنح المرونة، واعتبار البيانات شريانًا حيويًا يغذي أنظمة الذكاء، وتشييد "المؤسسة الذكية" لتكون النواة الصلبة للعمليات، وأخيرًا بث روح الاستجابة السريعة في ثقافة العمل اليومي.

وعلى الرغم مما يتضمنه فصل "تآزر العقل والآلة" من رؤى مستقبلية واعدة، فإن التفاؤل التقني فيه سرعان ما يرتطم بصخرة الواقع الإنساني الصلب. إذ يغفل المؤلف عن التحديات الثقافية العميقة التي تشكل لب المعضلة، متجاهلًا الصعوبة البالغة في إعادة صقل مهارات قوى عاملة متجذرة في إرثها المهني، ومحصنة بأطر تنظيمية وهياكل وظيفية تراكمت عبر عقود. وهذه البنى المترسخة قد تتحول إلى سد منيع يحول دون إدخال أساليب العمل المرنة. ويشتد المشهد تعقيدًا مع اندلاع حرب المواهب المحتدمة، حيث تستقطب عمالقة التقنية أبرع العقول في علوم البيانات ببريق الرواتب السخية وجاذبية بيئات العمل، في معركة غير متكافئة تعجز المرافق عن مجاراتها.

ثم ينتقل الكتاب من رسم معالم الوجهة إلى تقديم بوصلة إرشادية، فيعرض في الفصل الرابع ما يسميه "نموذج نضج تبني الذكاء الاصطناعي". وتكمن قيمة هذا النموذج في كونه أداة تشخيصية نافذة، تمكن المؤسسات من معرفة موطئ أقدامها على درب التحول عبر خمس مراحل متدرجة تبدأ بالاستكشاف، وتمضي إلى التجريب، ثم ترسيخ القواعد، ويليها التحسين المستمر، حتى تنتهي بالتحول الجذري. وتبرز أهمية هذا النموذج في أنه يتيح استشراف منعطفات الأزمات الحتمية التي قد تعترض الطريق، سواء أكانت أزمة خريطة الطريق في البدايات أم أزمة الابتكار في المراحل المتقدمة. ويعرض الكتاب عوامل شتى تنظيمية وبيئية وتقنية تؤثر في هذه المسيرة، غير أنه يقف عند حدود التشخيص، فهو يحدد الوجهة ببراعة، لكنه لا يرسم الطريق إليها.

وفي الفصل الخامس، يطوق المؤلف مشروعه الفكري بإطار يسميه "حتمية الاستدامة"، فيبسط حجة راسخة مفادها أن التشريعات الصارمة، وضغط المستثمرين الساعين وراء معايير البيئة والمجتمع والحوكمة، وتراجع كلفة مصادر الطاقة المتجددة من شمس ورياح وحرارة أرضية ومياه ومحيطات وكتلة حيوية، إلى جانب تعاظم المسؤوليات المجتمعية، قد غدت جميعها وقودًا رئيسًا لعجلة السوق ودافعًا لقرارات الاستثمار. غير أن هذا التحليل، على وجاهته، لا يخلو من هنة دقيقة؛ إذ إن الكتاب، وإن أشاد بحراك المستثمرين، يغفل التحدي المزدوج الذي يواجه هذا المسار، فهو من جهة يتجاهل صعوبة إعداد تقارير صادقة وجوهرية عن تلك المعايير، ومن جهة أخرى يتغاضى عن المخاطر المتنامية للوقوع في فخ "الإيهام البيئي"، حيث تستغل شعارات الاستدامة لتلميع الصورة فيما يبقى الجوهر على حاله.

الذكاء الاصطناعي في معترك التطبيق

يمضي الكتاب في قسمه الأوسط بخطى منهجية على امتداد سلسلة القيمة في قطاع المرافق، كاشفًا عن ثروة من التصورات العملية التي يفتحها الذكاء الاصطناعي أمام هذا الميدان، حتى ليغدو معينًا لا ينضب لكل مخطط أو صانع قرار يتطلع إلى آفاق التحول. ويستهل المؤلف بالتوليد ثم بالشبكات المصغرة، في الفصلين السادس والسابع، مبينًا كيف يحكم الذكاء الاصطناعي تخطيط البنية التحتية ويعظم مردود الأصول، ويسعى في الآن ذاته إلى تقليص الأثر الكربوني الذي يرهق الكوكب. ثم ينتقل إلى البعد الاجتماعي لهذه الشبكات، فيظهر قدرتها، إذا نظمت بخوارزميات ذكية، على أن تتحول إلى أداة فاعلة في محاربة فقر الطاقة وتعزيز العدالة البيئية. ويعضد حديثه بشواهد حية منها كهربة القرى النائية في الهند، وكذلك أزمة الطاقة في نيجيريا، مؤكدًا أن التقنية إذا وجهت بحكمة تنير المصانع كما تضيء معارج الحياة.

بيد أن هذا النور الذي يبثه الكاتب في حديثه عن إمكانات التقنية يجنح إلى المثالية وسرعان ما تخبو جذوته حين يواجه بعتمة الواقع العملي. فلا يقدم بيانًا كافيًا للمعضلة الهندسية المتمثلة في كيفية فطم الشبكة المصغرة عن شبكتها الأم ثم إعادتها آمنة إلى أحضان الشبكة الرئيسة ولا يبين القول في كلفة هذا التحول ومن ينهض بكلفتها وكيف توزع الأعباء على المستهلكين كافة. ناهيك عن الهاجس الأمني الأخطر؛ فانتشار آلاف الشبكات المصغرة يفتح أبواب المخاطر السيبرانية على مصاريعها، وهو تحد جسيم يستوجب بحثًا أعمق مما خصه المؤلف بذلك.

وأما الفصل الثامن، الذي خصص للنقل والتوزيع الذكي، فيتقدم سائر الفصول بوفرة مادته وعمق طابعه العملي. فقد حفل بأمثلة واقعية وشواهد تطبيقية تتيح للمشغلين أن يتلمسوا الفائدة بوضوح. وفيه يبسط المؤلف القول في توظيف الذكاء الاصطناعي لخدمة الصيانة الاستباقية وتحليل الأصول، فيعرض كيف يستشرف العمر النافع للمعدات، وترسم نماذج لتدهور أعمدة المرافق، وتتابع سلامة الأعمدة الخشبية. ثم يعرج على سلوك المستهلك مبرزًا ما تكشفه النماذج التفاعلية للشبكة الذكية وتقنيات رصد الاختلال في أنظمة القياس المتقدم. وبعد ذلك ينتقل إلى أمن الشبكات في بسط وافر، فيعرض جهود كشف سرقة الطاقة، ورصد الهجمات السيبرانية عبر أنظمة الاستشعار والإنذار، وتحليل التوافقيات في شبكات التوزيع، وتشخيص الأعطال التي تصيب العدادات الذكية. وعلى وفرة ما يحمله هذا الفصل من ثراء، فإنه مؤسس على فرضية ضمنية لم يتناول الكاتب كلفتها الباهظة بالقدر الكافي؛ إذ يشترط نجاح هذه التطبيقات توفر بيانات تاريخية نقية موسومة بالدقة. وقد أحسن المؤلف حين شبه البيانات بالكهرباء الجديدة، غير أنه لم يقف طويلًا عند حقيقة أن هذه الكهرباء لا تنبثق من العدم، وإنما تقتضي استحداث "محطات توليد" لها. وهي محطات عسيرة المراس، عليها أن تستقبل سيول البيانات الخام المتدفقة من أنظمة التحكم العتيقة، ثم تنقيها من شوائبها، وتصقلها، وتوسمها بعلامات دقيقة، حتى تتحول في نهاية المطاف إلى وقود نقي تقتات عليه نماذج الذكاء الاصطناعي. وتجاوز هذا التحدي إنما هو العقبة الكأداء التي تعترض الميدان، وتجعل الحلول التي يعرضها الكتاب تبدو للوهلة الأولى أيسر وأقل كلفة مما هي عليه على أرض الواقع.

استشراف آفاق المستقبل

يأتي الثلث الأخير من الكتاب، فيعرض في فصوله التاسع والعاشر والحادي عشر مجال المستهلك وأطراف الشبكات الذكية، مظهرًا ملامح مستقبل تستعاد فيه مكانة المستهلك شريكًا فاعلًا في توجيه مسار الطاقة. ففي الفصل التاسع يبين كيف يعيد الذكاء الاصطناعي صياغة تجارة التجزئة في قطاع المرافق، عبر محاورات آلية ذكية تبنى على معالجة اللغة الطبيعية، وتحسين تجارب التفاعل مع العملاء، وتمكين الكوادر الميدانية بأدوات رقمية متقدمة. أما الفصل العاشر، فيتصدى للتحول الذي تحدثه المركبات الكهربائية، موضحًا كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يحسن تخطيط الشحن المرن، ويتنبأ بحالة البطاريات، ويتيح تقنيات تحقق متطورة تصل إلى التعرف على السائق. ويأتي الفصل الحادي عشر مكرسًا لعصر موارد الطاقة الموزعة، حيث يكشف كيف يتيح التعلم الآلي استشراف إمكانات الطاقة الشمسية فوق الأسطح، ويدعم بناء شبكات محلية أكثر استقلالًا ورسوخًا. غير أن الفرصة الأثمن التي ربما فوتها الكتاب هي التساؤل عن حكمة هذه البراعة التقنية، لا

سيما حين يصل الحديث إلى مسألتي الخصوصية والثقة. ففي الفصل العاشر، يبدي المؤلف إعجابًا بقدرته على تحليل أنماط شحن المركبات وتحويل بياناتها إلى سلع، وهي أفكار قد تكون وجيهة في ميزان الجدوى التجارية، لكنها تظل حبلى بالأسئلة الأخلاقية الشائكة. فالمعرفة الدقيقة بأنماط حياة الناس، تلك الكاشفة لأسرار غدوهم ورواحهم، هي معرفة تتجاوز حدود الخدمة لتلامس حرمة حياتهم الخاصة. وهنا تفرض الأسئلة نفسها؛ فمن هو المالك الشرعي لهذه المعرفة المستنبطة؟ وأي ضمانات تحول دون استغلالها في التسويق الموجه أو تحويلها إلى أداة للرقابة والتعقب، وهو الخطر الأدهى؟ عند هذه النقطة يختل الميزان؛ إذ تغلب كفة البراعة التقنية على كفة البصيرة الأخلاقية. لقد أسهب المؤلف في وصف ما هو ممكن تقنيًا، لكنه أغفل النقاش الضروري حول ما هو جائز أخلاقيًا.

ويأتي الفصل الثاني عشر الختامي مختلفًا في طبيعته عن سائر فصول الكتاب، إذ يغدو بمثابة وقفة تأمل عند شرفة المستقبل، لا فصلًا تحليليًا على النسق السابق. ففي صفحاته الثماني الموجزة، يطل المؤلف على آفاق بعيدة، مستعرضًا رؤى استشرافية أكثر منها معالجات واقعية، جاعلًا من الفضاء الافتراضي المترابط أو ما يسمى بالميتافيرس وتقنيات الواقع الافتراضي والمعزز ميدانًا لاحتمالات الغد. ويبين، في منظوره، كيف يمكن لهذه الوسائل أن تحدث نقلة نوعية في تدريب الفنيين وإسناد القوى العاملة الميدانية، مستشهدًا بأمثلة حية، من أبرزها اعتماد شركة سان دييغو للغاز والكهرباء على محاكاة الواقع الافتراضي لتجسيد بيئات العمل الخطرة. إن تناول الكتاب لعالم "الميتافيرس" في فصله الأخير يظل أقرب إلى الخيال العلمي منه إلى الواقع الملموس، إذ يغض الطرف عن ظلاله القاتمة على أرض الواقع؛ فيتجاهل هاجس الخصوصية المتعاظم، والعقبة المالية المتمثلة في تكلفته الحاسوبية الباهظة، وما قد يترتب عليه من تعميق الهوة الرقمية بين من يملكون أدواته ومن حرموا منها. وكان الأجدر بالمؤلف أن يختتم كتابه بخاتمة تجسر الهوة بين الحلم النظري والواقع العملي؛ خاتمة تكرس صفحاتها الأخيرة لرسم السياسات والتنظيمات الضرورية، فتحول الكتاب في نهايته من مجرد رؤية ملهمة إلى خريطة طريق قابلة للتنفيذ.

الخاتمة

يوفق الكتاب في بلوغ غايته الكبرى التي انتصب لها؛ أن يكون منارة هادية لقطاع يتلمس خطاه نحو مستقبل محتوم ومغاير في جوهره. فقد أحسن الدكتور ديباشيش روي في رسم رؤية رحبة ومتماسكة، وجمع خيوط التقنية والاستدامة ونماذج الأعمال المتشابكة في نسيج واحد متين وواضح المعالم. وبذلك يثبت الكتاب صدق وعده في مستهله، إذ يقدم زادًا فكريًا لا غنى عنه لقادة الرأي وصناع القرار وهم يتهيأون لعصر التحول، حتى وإن كانت خريطة الطريق التي رسمها للوصول إلى هذه الرؤية لا تزال بحاجة إلى كثير من التفصيل.

غير أن ما سبق أن أشرنا إليه في مطلع هذا التحليل ما زال قائمًا؛ فهذه الرؤية المحلقة ما تزال جذورها بعيدة عن تربة التنفيذ العملي. إن الفجوة بين طموح التصور وواقع التطبيق هي السمة الأبرز التي تكشف قيمة الكتاب وحدوده في آن واحد. فعلى امتداد فصوله الاثني عشر، وبينما يحتفي المؤلف بوعود الذكاء الاصطناعي، يتغافل مرارًا عن العقبات العاتية التي تعترض الطريق قبل جني الثمار، من معضلة هندسة البيانات الضخمة التي لا بد منها لإطعام الخوارزميات، إلى الجمود التنظيمي الذي يكبل الابتكار، مرورًا بالممانعة الثقافية العميقة إزاء التغيير، وانتهاءً بالألغام الأخلاقية الكامنة في ميدان خصوصية البيانات وغياب الأطر الضابطة لممارسات التعلم الآلي. وهذا القصور لا يعزى إلى ضعف في الرؤية، وإنما هو ثمرة المنظور الذي كتب منه الكتاب، إذ يتحدث بلسان القائد التنفيذي الإستراتيجي الذي يحسن بيان ما يراد تحقيقه ولماذا ينبغي السعي إليه، ويترك سؤال الكيفية الشائك معلقًا لغيره. ومن هذا المنطلق، فإن الكتاب بوصلة القادة، لا خريطة المنفذين؛ فهو يغدو زادًا لا غنى عنه لأعضاء مجالس الإدارة ونواب الرؤساء للشؤون الإستراتيجية وصناع السياسات، أولئك الذين تقع على عواتقهم مسؤولية رسم المسار وحشد الإجماع حول وجهة التحول. أما من وكل إليهم عبء التنفيذ، من أمثال مديري التقنية الأوائل، ورؤساء أقسام علوم البيانات، ومشرفي عمليات الشبكات، فلن يكون هذا الكتاب غايتهم الأخيرة، إنما فاتحة طريق تحتاج إلى استكمال بأدلة فنية ودراسات تطبيقية.

الدكتور عبدالله بن سليمان نور الدين
الجامعة الإسلامية بالمدينة المنورة

الذكاء الاصطناعي في المرافق العامة: إعادة تصور منظومة الطاقة المستقبلية

مقدمة المترجم

استفرغت الجهد في أن أترجم ترجمةً تمزج العراقة بالحداثة؛ لئلا أورد نصًا ثقيلًا يمجه قراء هذا العصر، أو كلامًا ركيكًا ينفر منه الذوق السليم، رغم وعورة هذه الطريق المليئة بالمعاني التقنية الدقيقة التي يصعب نقلها إلا لمترجم ذي دربة، فكانت غايتي أن أخرج هذه الترجمة في لباس العربية الفصيحة الميسرة، هاجرًا قدر وسعي وحشي الكلام وركيك العبارة، ومتوخيًا إضافة نافعة تعين من يعنى بشؤون المرافق العامة من كهرباء وماء واتصالات وغيرها، وتبصره بما استجد من تقنيات حديثة في هذا الميدان، والله المستعان، وعليه التكلان، وقد راعيت فيما ألخص وأترجم، تناسب الأبواب الأصلية في طول كلماتها أو قصرها؛ ليتم ذلك بحسبان، ولئلا يطغى باب على باب، فأطغى في الميزان.

صدر الكتاب

شهد عام 2024م صدور كتاب (الذكاء الاصطناعي في المرافق العامة: إعادة تصور منظومة الطاقة المستقبلية AI for Utilities: Reimagining the Future Energy System) الذي صنفه الدكتور ديباشيش روي الذي وظف بحثه في الدكتوراه في الذكاء الاصطناعي والاستدامة، وهو صاحب باع طويل في قيادة الابتكار في قطاع المرافق الخدمية زهاء عقدين من الزمن، فقد ولي فيهما زمام قيادة العمل التقني في شركة مرموقة في قائمة الشركات الخمسمئة الكبرى في العالم (فورتشن 500)، وطور براءات اختراع مبنية على الذكاء الاصطناعي، فجاء هذا الكتاب ثمرة لخبرته الأكاديمية والمهنية.

وإن هذا المصنف يروم كشف الغطاء عن سبل تضافر الذكاء الاصطناعي والتحول المؤسسي؛ لإعانة قادة المرافق العامة على نقل مؤسساتهم إلى طور جديد من أطوار تحول المرافق العامة، أسماه (المرفق الرابع Utility 4.0)، ويعني بذلك الأخذ بأسباب الذكاء الاصطناعي لتجويد المرافق العامة، وتحقيق الاستدامة فيها. وقد تصدى الكاتب لمواجهة مسائل جسام منها التحول إلى الطاقة النظيفة، وعدم توفر الطاقة، وابتكار نماذج اقتصادية تلائم المستقبل.

وقد جاء هذا السِّفْرُ في اثني عشر بابًا، بدأها بذكر أسس التحول الرقمي وتبني الذكاء الاصطناعي، ثم تدرج إلى تفصيل تطبيقاته في الشبكات الصغيرة، ونقل الكهرباء الذكي، والمركبات الكهربائية، وموارد الطاقة الموزعة، واختتم بما استجد من تقنيات العالم الافتراضي. وقد أحكم المؤلف بناء كل باب بأن أسسه على دراسة حالة من واقع الحياة، مازجًا التنظير بالتطبيق، وهذا مما يقرب العلم إلى الأفهام.

الباب الأول: الذكاء الاصطناعي في المرافق العامة

يذكر هذا الباب أن قطاع المرافق العامة يشمل الكهرباء والماء والاتصالات، وأن الكهرباء غدت من ضرورات الحياة، ثم يسرد تطور الكهرباء بدءًا من نموذج التيار المباشر لإديسون، ووصولًا إلى نموذج تيسلا للتيار المتردد الذي ينقل الكهرباء إلى مسافات بعيدة مع فقد قليل. والطاقة تسهم بستين في المائة من انبعاث الغازات الحابسة للحرارة في العالم، والكهرباء وحدها تولد سبعة وعشرين في المائة من الانبعاثات في أمريكا. وقطاع المرافق اليوم في مأزق، فالقطاع يشهد منافسين جددًا، وموارد طاقة متفرقة، وتحولًا رقميًا، وتقويضًا لنماذج الاحتكار الاقتصادية، والمناطق الريفية تعاني من عدم توفر الطاقة. لكن الذكاء الاصطناعي يتنبأ بالأعطال قبل وقوعها، ويحسن إدارة الشبكات، ويدير الأصول، ويدرس أنماط استهلاك العملاء فيجد لهم سبل التوفير، بيد أن استخدامه يستوجب التصدي للمخاطر الأمنية الإلكترونية، والامتثال للأنظمة، وإعادة تدريب الموظفين.

الباب الثاني: مستقبل المرافق العامة

يناقش الباب تحول قطاع المرافق في أربعة محاور: الكوكب المستدام، ومنظومة الطاقة الذكية، ومطالب المستهلكين، والنماذج الاقتصادية الجديدة. وقد أضحت الاستدامة في الأرض ضرورة ملحة؛ إذ اضطرب مناخها، ونزفت مواردها، وتلوث ماؤها وهواؤها، ويتوقع أن يبلغ سكانها تسعة مليارات وسبعمئة مليون عام 2050م، مما سيعرض مواردها للاختلال.

وقد أشار الباب إلى أن الانتقال من الطاقة التقليدية إلى المتجددة يتسارع؛ لتكاليفها المنخفضة، والتقدم التقني، والضرورات المناخية، والطاقة الشمسية وطاقة الرياح تزدهران ازدهارًا سريعًا، لا سيما في سوق الصين الناشئ، وأن تحول المركبات وأنظمة المنازل وغيرها إلى الكهرباء تبدل ما استقر من أنماط الطلب للكهرباء، وتؤذن ببدء حقبة أسماها المؤلف (العشرية الكهربائية).

ثم يناقش الباب تحسن كفاءة الطاقة بنسبة ثلاثين في المئة منذ الثمانينات، ويتوقع تحسنًا آخر بنسبة ثلاثين في المائة في العقد المقبل، وأن تخفيض الانبعاثات إلى الثلث يسهم في تحقيق أهداف اتفاقية باريس، أما الشبكات الذكية فقد نشأت بعدها منظومة الطاقة الذكية، التي تحوي أنظمة تتعلم بنفسها، وتعتمد على الذكاء الاصطناعي لضبط توزيع الطاقة لحظة بلحظة. ومصادر الطاقة المستقلة كالألواح الشمسية وبطاريات تخزين الطاقة الكهربائية وتوربينات الرياح تخفف العبء على الشبكة، وتمنح المستهلكين حرية في توليد طاقتهم وإدارتها، ويصبحون بها مستهلكين ومنتجين في آن واحد، ويعيدون ما فاض من طاقة إلى الشبكة.

ثم يتحدث الباب عن مرونة الشبكات الدقيقة المتصلة أثناء الانقطاعات، وأنها تـمكن المجتمعات من الانتقال من نظم مركزية إلى نظم موزعة للطاقة. ثم عرج على ذكر نماذج اقتصادية جديدة تعمل بالذكاء الاصطناعي، نحو نموذج الطاقة خدمة لا منتجًا، ونموذج الشبكة الدقيقة خدمة لا سلعة، ونموذج الشراء الجماعي للطاقة، وفيه تمكن المجتمعات من التفاوض على مصادر أنظف للطاقة وأقل ثمنًا. وإن هذه النماذج تصحح مسار أنظمة قطاع المرافق وأساساته، وتعيد تعريف العلاقة بين المــرافق والمستهلك، وترسم إطارًا اقتصاديًا يوازن بين الربح، والاستدامة، والعدالة الاجتماعية.

الباب الثالث: بناء الحمض النووي الرقمي في المرافق العامة

يناقش هذا الباب حاجة شركات المرافق العامة إلى بناء ما أسماه (الحمض النووي الرقمي) أو (الهوية الرقمية) حتى تسابق في المضمار الرقمي الذي لا يتوقف، داعيًا إلى إعادة النظر في الأنظمة والأساسات القديمة، وإعادة تأهيل الموظفين، واعتماد تقنيات الحوسبة السحابية؛ لتحسين الكفاءة وإرضاء المستهلكين. ثم ينتقل الباب إلى بيان مفهوم (الاستفادة المستمرة من الحوسبة السحابية) وكيف أنها تصلح سير العمل وتضاعف إنتاجه، وتحمي البيانات، وتؤيد مقاصد الاستدامة.

ثم يبرز الباب الحاجة إلى وضع خطة سحابية منضبطة، تراعى فيها مراحل التهيئة، وتحديد الأهداف، وانتقاء الشركاء، وتفصيل الخطة وتطبيقها. ثم يتابع الحديث عن ضرورة تحديث الأنظمة والأساسات القديمة، واستقطاب الكفاءات، وتدريب الموظفين، والشراكة مع من سبق إلى التحول السحابي.

ثم يعرض الباب سبل تجديد ما تقادم من تطبيقات، إما بتحسينها لتتوافق مع التطبيقات السحابية الجديدة، وإما بإعادة بنائها؛ لزيادة الأداء، والاقتصاد في الموارد. ثم يذكر أن البيانات هي الكهرباء الجديدة، فهي تضبط استهلاك الطاقة بمساعدة الذكاء الاصطناعي، وتشرف على الصيانة الوقائية، وإن تأسيس قاعدة للبيانات، وجعلها خدمة لا سلعة، خطوتان في سبيل الاستفادة منها واستثمارها.

ثم يقدم الباب فكرة (المؤسسة الذكية) حيث تطور الأنظمة الإدارية للمرافق العامة، ويشد وثاق أمنها الرقمي، ويعتمد ما أسماه الذكاء التطبيقي الذي يشمل الذكاء الاصطناعي والتحليلات المتقدمة؛ لتمكين التشغيل الذكي والأتمتة الشاملة. ثم أعقب ذلك ببيان طريقتين يحصل بهما استقرار الأنظمة واستمرارها، واتخاذ قرارات يوثق بها، وهما هندسة موثوقية المواقع والتحليلات التشغيلية.

ويختم الباب بعرض النموذج التشغيلي الجديد في تقنية المعلومات القائم أولًا على الحوسبة السحابية، والمرونة، واتخاذ القرارات بالبيانات، والتركيز على المستهلك، مؤكدًا أن مستقبل المرافق العامة هو في تكامل العمل بين الموظف والذكاء الاصطناعي، وأن تكاملهما هو ما سيميز الجيل القادم من المرافق العامة الموصوفة بالاستدامة والتكيف، وأن على المرافق أن تتحول من مزود خدمة إلى منصة تدر دخلًا من خدماتها الذكية وتحليلاتها.

الباب الرابع: تطبيق الذكاء الاصطناعي في المرافق العامة

يستهل هذا الباب حديثه عن الانتشار المتسارع للذكاء الاصطناعي في قطاع المرافق العامة، وقدرته على ترشيد استهلاك الطاقة، والتحكم في الشبكة الكهربائية، ومعرفة الأعطال قبل وقوعها، وتجويد الأداء وخدمة العملاء. ثم انتقل إلى الحديث عن ما يؤثر في تطبيق الذكاء الاصطناعي في المرافق العامة، فذكر منها الثمن، والتشريعات، وقلة الخبرات التقنية، وجودة البيانات وتوفرها، وثقافة المؤسسة، والعائد الاقتصادي. ثم خص الكلام بالمؤثرات المؤسسية والبيئية والتقنية، وقد أعد نموذجًا أسماه (النضج في تطبيق الذكاء الاصطناعي)، وجعله في خمسة أطوار: الاستكشاف، فالتجريب، فالتنظيم، فالتحسين، فالتحول، وهي أطوار تبلغ بها المؤسسات النضج والتمام في تطبيق الذكاء الاصطناعي.

الباب الخامس: ضرورة الاستدامة في المرافق العامة

يستفتح الباب حديثه عن ضرورة الاستدامة في المرافق، وأهميتها في مستقبل القطاع. ويذكر العقبات التي تعترض سبيلها من اعتماد على الوقود الأحفوري، وتغير المناخ، والحاجة إلى تنويع مصادر الطاقة؛ لضمان الثبات والاستمرار. ثم يذكر ما شرعته الحكومات من اتفاقيات دولية كاتفاقية باريس، وخطة الطاقة النظيفة، وما تريد أن تبلغه من أهداف في تحقيق الاستدامة والمحافظة على البيئة.

ثم يتناول الباب سياسات الطاقة الخالية من الكربون، وفوائدها في خفض الانبعاثات، وتنويع المصادر، واستحداث وظائف في ميادين الطاقة المتجددة، مع ما يكتنفها من مشاق في الثمن، وبعد المواقع، ولوازم التخزين، وإن أداة كاربون سيم التي أنشأتها مؤسسة الدفاع البيئي هي منصة تمكن الشركات من فهم آليات سوق الكربون الأوروبي والمشاركة فيه؛ بغية خفض الانبعاثات الكربونية.

ثم ينتقل إلى ذكر سياسات المركبات الخالية من الانبعاثات، وأهمية التوازن بين استخدام المركبات الكهربائية وبين مصادر الطاقة التي تولد الكهرباء، بأن تكون من مصادر طاقة نظيفة. ثم استشهد بالشراكة المثمرة بين شركة إنل إكس الخبيرة بالمركبات الكهربائية، وبين شركة أبتيبس الخبيرة بتقنيات الذكاء الاصطناعي، في تسريع تحول أساطيل مركباتها لتكون بلا انبعاثات. وتطرق إلى سياسات الأبنية الخالية من

الانبعاثات، ونظام إدارتها بالذكاء الاصطناعي الذي تسوسه شركة إنجي، والتي تؤكد أهمية التقنية في اكتشاف الخلل قبل وقوعه، وتقليل النفقات، وتحسين الاستدامة.

ثم يشير الباب إلى مفهوم الأنظمة والأساسات القادرة على مقاومة آثار المناخ، ويعرض إلى الشراكة بين مؤسسة ناشونال غرِد وبين شركة إربنت الخبيرة بالذكاء الاصطناعي؛ لتجنب الأضرار وتخفيض المخاطر التشغيلية. ثم أعقب ذلك بذكر حاجة المستهلكين والمساهمين إلى الاستثمار في المؤسسات المستدامة الربحية وغير الربحية، وما يتصل بذلك من مزج المعلومات البيئية والاجتماعية والإدارية بقرارات الاستثمار، حتى جاءت شركة كلاريتي للذكاء الاصطناعي فوفرت للمستثمرين هذه المعلومات، وما يتعلق بحصافة المؤسسة المالية ونزاهتها.

ثم انتهى الباب إلى ذكر انخفاض ثمن مصادر الطاقة المتجددة، وما حققه التقدم التقني والذكاء الاصطناعي والبطاريات الحديثة من أثر في ذلك، وأن المستهلكين المنتجين في ازدياد، والحاجة إلى إقرار تشريعات أشد صرامة، وتراعي تطلع المستهلكين إلى طاقة نظيفة، وتدعم العدالة في الوصول إليها، لا سيما في المجتمعات النامية، كما في مبادرة شركة سان دييغو المجتمعية.

الباب السادس: توليد الطاقة في الاقتصاد الجديد منخفض الكربون

يناقش الباب أثر توليد الطاقة في الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون، وزيادة استخدام الطاقة النظيفة، ويسوق تاريخ الطاقة الشمسية منذ الغرف الشمسية في الحضارات القديمة ومرورًا بتفسير أينشتاين للظاهرة الكهروضوئية، وخلايا السيليكون في مختبرات بيل، حتى الخلايا الشمسية في التاريخ الحديث. ويذكر عقبات محطات توليد الطاقة في تقادم الأنظمة والأساسات، وزيادة الأحمال، وأن الذكاء الاصطناعي يحكم تخطيط الأنظمة والأساسات، ويحسن الكفاءة وإدارة الأصول، ويقلل من أثر الكربون. ثم ذكر ثمرة الذكاء الاصطناعي في العدادات الذكية، والصيانة الوقائية، وتخفيض الانبعاثات. ويختم بأن الرقمنة والذكاء الاصطناعي هما عماد المستقبل في توليد الطاقة النظيفة.

الباب السابع: الشبكة الصغرى وأثرها الأعظم

أبرزت كارثة تكساس في عام 2021م ضعف الشبكة الرئيسة وأهمية الشبكات الصغرى، فهي تواصل تزويد المجتمعات بالطاقة أثناء انقطاع الشبكة الرئيسة. ثم يشير إلى تجارب نيجيريا والهند في استعانتهم بالذكاء الاصطناعي في إيصال الكهرباء إلى مناطق نائية، ويشير كذلك إلى مبادرات بعض مدن الولايات المتحدة الأمريكية في تحديد المناطق المهملة وتشغيلها بشبكات صغرى؛ لتحقيق العدل الاقتصادي والبيئي. ثم يختم ببيان فضل هذه الشبكات في تقليل الانبعاثات، ومزجها بمصادر الطاقة المتجددة، وأن الاستثمار فيها بمساعدة الذكاء الاصطناعي هو سبيل إلى قيام نظام بيئي موثوق ومنخفض الكربون.

الباب الثامن: نقل الكهرباء وتوزيعها بالذكاء الاصطناعي

يتناول هذا الباب أثر الذكاء الاصطناعي في نقل الكهرباء وتوزيعها، وما يورثه ذلك من تحسين في الكفاءة والأمان والوثوق به. ثم يعرض تاريخ صناعة الطاقة في الولايات المتحدة، وما نزل بها من تقادم في محطاتها ومحولاتها وخطوط إمدادها، وما اعترضها من عقبات في توظيف مصادر الطاقة المتجددة. ثم أورد الباب مفهوم الشبكة الذكية، وتحولها إلى شبكة أذكى يتولى فيها الذكاء الاصطناعي زمام معالجة البيانات الضخمة، وتحسين توزيع الطاقة، واتخاذ القرار دون تدخل بشري.

ثم فصل في أمر استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة أصول المرافق، والصيانة الوقائية، وتقدير العمر المتبقي للأصول، وتوصيات الصيانة. ثم ناقش سلامة أعمدة الكهرباء الخشبية، وتصميم نماذج بالذكاء الاصطناعي؛ تراقب سلامتها قبل وقوعها، واستخدام الطائرات المسيرة عن بعد؛ لرصد أعطال المرافق قبل حدوثها، وذلك كله لتقليل الثمن، وتحسين الكفاءة، وضمان السلامة.

ويبسط القول في استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل سلوك مستهلكي الكهرباء في توقع الأحمال، وفهم استخدامات المنازل، وكشف الاختلال في أنظمة عدادات الكهرباء المطورة، وفي تحقيق أمان الشبكات الكهربائية من سرقتها، والهجوم عليها، والتسلل إليها، وتزييف بياناتها، مظهرًا فضله في المراقبة ورصد الاختلال لحظة بلحظة. ثم عمد الباب إلى ذكر وجوه أخرى في استعمال الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرار وسلامة الإجراءات، في إدارة الاتصالات وأمنها، وتحليل اضطراب الموجات الكهربائية، وكشف أعطال عدادات الكهرباء الذكية، وتقويم ما يقع من شدة الاصطدام بين الأشجار وأعمدة الكهرباء، والإدارة المبكرة للطوارئ وتنسيق العمليات، وتحليل البيانات المكانية للمستهلكين. ويخلص الباب إلى أن مزج الذكاء الاصطناعي بشبكات النقل والتوزيع، يجعلها أذكى، وأوثق اتصالًا، وأهيأ لاستخدام الطاقة النظيفة والطاقة المولدة قرب المستهلك، وأقرب إلى استيعاب تزايد المركبات الكهربائية، وأوسع استخدامًا للبيانات وتحليلها.

الباب التاسع: إعادة تصور خدمات المرافق الموجهة للعملاء

يناقش هذا الباب كيف يحدث الذكاء الاصطناعي تحولًا في الخدمات المقدمة للمستهلكين في المرافق، فتتحول من مزود طاقة عادي إلى مزود خدمات طاقة متصلة، ويسهم كذلك في تطوير خدمة العملاء، وترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة التشغيل. ثم يوضح كيف يمكن الذكاء الاصطناعي المستهلكين في تقديم الدعم الفوري، ومراقبة وسائل التواصل الاجتماعي، وأتمتة الإجراءات. ويستعرض الباب سبل تحسين التعامل بين العملاء وممثلي الخدمة عبر تقنيتي المعالجة الحاسوبية للغة البشرية وتعلم الآلة؛ بغية تقليل تناقص العملاء، وزيادة رضاهم. ثم ينتقل إلى الحديث عن زيادة استخدام الدردشة الآلية وأثرها في تحسين الكفاءة والخدمة المصممة حسب رغبة العميل، وكذلك تعلم الآلة الموزع [وهو نموذج معتمد على حواسيب متعددة، ويستخدمه تجار الطاقة لتحليل السوق]، وأثره في معالجة البيانات معالجة واسعة ودقيقة. ويستعرض الباب الحلول الرقمية للقوى العاملة، وتحليل بيانات المستهلكين تحليلًا متكاملًا يحسن اتخاذ القرار. ثم يختم بذكر التحول الرقمي وتمكين العملاء وأنهما ركنان في مستقبل خدمات المرافق الموجهة للعملاء.

الباب العاشر: المركبات الكهربائية وتغييرها لنمط التنقل

يستهل الباب حديثه عن اندماج المركبات الكهربائية والذكاء الاصطناعي، وما أحدثه من تحول في أساليب التنقل والسفر. ثم ذكر انتشار المركبات الكهربائية لأجل انبعاثاتها المنخفضة، وتكاليفها القليلة، والراحة في استخدامها، وكيف أن الذكاء الاصطناعي ساهم في تحسين مساراتها، وأضاف لها القيادة الآلية، وميزها بخدمات مصممة حسب رغبة العميل. واستعرض تاريخ المركبات الكهربائية وأنها أخفقت في عهد الثورة الصناعية الثانية، لكنها تشهد اليوم انتشارًا محليًا وعالميًا لما تلقاه من دعم حكومي، ولانخفاض ثمن بطارياتها، ولزيادة وعي المستهلكين.

ثم أشار الباب إلى منافع المركبات الكهربائية الاقتصادية والبيئية، وذكر منها انخفاض ثمن وقودها، وسهولة صيانتها ووصولها إلى المناطق النائية، وملاءمتها لذوي الإعاقة، مع إبراز فضل الذكاء الاصطناعي في تحسين شحنها، وإدارة شبكتها ومسارها، وإجراء صيانتها صيانةً وقائية، وجدولة شحنها جدولةً ذكية مبنية على البيانات، والتنبؤ بحالة بطاريتها.

ثم انتقل الباب إلى الحديث عن تحسن أنظمة شحن المركبات الكهربائية وأساساتها، فمن ذلك توفير محطات شحن في المنازل والطرق، والتوفيق بين الأنظمة، والحلول المبنية على الذكاء الاصطناعي لإدارة الطلب، وتقليل الازدحام، وموازنة أحمال الشبكة، والصيانة الوقائية، والخصائص الأمنية نحو التعرف على الوجه للتحقق من السائق، واستثمار بيانات تشغيل المركبات الكهربائية.

كما ناقش فوائد تحليل بيانات المركبات الكهربائية لمعرفة أثرها البيئي، والفرق في استخدامها بين الدول النامية والمتقدمة، وأن استخدامها في الأولى فيه مصاعب نحو توفر الأنظمة والأساسات، وشح مصادر التمويل للشراء والإنتاج والتسويق. ثم ختم الباب بأن استخدام المركبات الكهربائية يتطلب وجود منظومة متكاملة من المركبات، والأنظمة والأساسات، والمرافق، والذكاء الاصطناعي، وتثقيف المستهلكين، وأن هذه المركبات قادرة على خفض الانبعاثات، وتحسين التنقل، وتعزيز النمو الاقتصادي.

الباب الحادي عشر: عصر موارد الطاقة المولدة قرب المستهلك

يتحدث الباب عن بزوغ فجر عصر موارد الطاقة الموزعة، وهي موارد أضحت موثوقة في أدائها، ومستدامة في نفسها، ورخيصة في ثمنها. ثم يمضي إلى بيان هذه الموارد نحو الألواح الشمسية على الأسطح، والشبكات الصغرى، والمركبات الكهربائية، وأثرها في خفض انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة، وتعزيز أمن الطاقة، وتنشيط الاقتصاد المحلي. ثم يشرح الباب كيف يسهم الذكاء الاصطناعي في دعم تلك الموارد بالتنبؤ بالأعطال قبل وقوعها، ومراقبة الشبكات لحظة بلحظة، وضبطها آليًا، وتصميم نماذج لتحليل ما فيها من وجوه لا يتيقن منها، وتطبيق الأنظمة الكهروضوئية، وتوقع الإشعاع الشمسي، وتوزيع الطاقة القائم على تحليل البيانات. ثم يستعرض الباب مفهوم الشبكات الذكية والمستقلة، وأنظمة الحماية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، ويختم بأن مزج الطاقة المولدة قرب المستهلك بالذكاء الاصطناعي ينتج شبكة كهربائية رشيدة ومستدامة ومنيعة.

الباب الثاني عشر: تطبيق الميتافيرس في المرافق العامة

يتحدث الباب عن ازدياد استخدام الميتافيرس [التفاعل مع الواقع الافتراضي الخيالي] في قطاع المرافق، وماله من أثر في تغيير الخدمات تغييرًا كليًا، وتحسين تجربة العملاء، وتحسين الكفاءة، وتقليل الثمن. ثم يبين معنى هذا العالم، وأصول نشأته، وتطبيقاته في التدريب، مستخدمًا الواقع الافتراضي، والواقع المعزز؛ لتحقيق السلامة، وزيادة الإنتاج، والتواصل. ثم يختم الباب بأن الاستثمار في هذا المجال يستلزم أنظمة وأساسات شديدة، وتقويها شبكة ميتافيرس مهيأة، مع تقنيات ذكاء اصطناعي متقدمة.

نقد الكتاب

وبعد، فيحمد للكتاب جمعه بين دقة لغة العلم وسلاسة البيان، فلم يثقل الكتاب بمصطلحات علمية بحتة تنفر غير المتخصص، بل أتبعها بما يكشف الغطاء عنها، ولم يبسط الكلام تبسيطًا مخلًا يصرف المتخصص عنه، بل سار سيرًا وسطًا، بلا إفراط ولا تفريط. كما أنه امتاز بانضباط منهجه؛ إذ يـمهد في صدر كل باب للمفاهيم العامة، ثم يتفرع إلى الجزئيات، فيسهل بذلك إدراك الأفكار، وربط العلاقات بين الأبواب. ومن محاسن الكتاب أنه امتلأ بتطبيقات الذكاء الاصطناعي امتلاء يجعله مرجعًا لا يستغني عنه ذوو الشأن، إلا أنه في خضم ذلك، لم يغفل جانب الإنسان، فجعله شريكًا في ذلك، فتراه يشير في أحيان كثيرة إلى تدريب الموظفين، بل أشار صراحة إلى أن مستقبل المرافق في تكامل العمل بين الموظف والذكاء الاصطناعي، وهذه قرينة أخرى على وسطية المؤلف وحكمته، فلم يغلب جانبًا ويغفل آخرًا. وقد أحسن المؤلف إذ أورد أمثلة واقعية، تربط النظر بالعمل، والعلم بالتجربة، كما أنه فصل في الحلول تفصيلًا، ورتبها خطوة تلو خطوة؛ لتحصل الاستفادة ويسهل التطبيق، وجعلها خطوات عملية مركزة يمكن تطبيقها، ومثال ذلك في الباب الثالث عندما رسم خطوات خمس لتطبيق التقنية السحابية في قطاعات المرافق العامة. وكان الباب الثاني والثالث والخامس والثامن والعاشر من أطول أبواب الكتاب وأكثرها توسعًا؛ نظرًا لقيام موضوع الكتاب عليها. وتميز الكتاب كذلك باستقراء الشراكات الناجحة بين مؤسسات الطاقة والمؤسسات الخبيرة بالذكاء الاصطناعي؛ ليقدم نماذج يقتدى بها، وليدلل على أهمية ذلك، لتسريع التحول وتقليل النفقات، وقد تميز الكتاب بذكر خاتمة في كل باب، يلخص فيها ما تقدم، ويضمنها ما يستصحب من الفوائد، كما أضاف مسردًا جعل فيه أبرز مصطلحات الكتاب؛ ليسهل العودة إليها.

ومما يؤخذ على الكتاب -رغم أهميته وبراعته- تكرار الموضوعات في أحيان قليلة، وعدم استيفاء ذلك الموضوع في موضعه عند ذكره أول مرة، ومثال ذلك عندما تحدث في الباب الثالث عن ضرورة تحديث الأنظمة القديمة، ثم عاد وكرر ذلك بعد صفحتين متحدثًا عن ضرورة تجديد ما تقادم من تطبيقات، وكذلك في الباب الرابع ذكر ما يؤثر في تطبيق الذكاء الاصطناعي في المرافق العامة، وذكر منها ثقافة المؤسسة، ثم أعاد الحديث عنها في فقرة تالية. ومما يؤخذ عليه أيضًا إشارته إشارة عابرة إلى مرافق المياه والغاز والنفايات، وأغفل جانب الاتصالات، وحصر معظم الأمثلة والتطبيقات في مجال الكهرباء رغم أن المرافق -كما عرفها في صدر كتابه- تشمل المياه والاتصالات وغيرها من المرافق العامة. وقد غلب على الكتاب في مواضع منه الجانب الوصفي، ولم ينقد بعض الظواهر أو الفرضيات، فمثلًا في باب (الاستدامة)، اكتفى بذكر التشريعات دون تحليلها وبيان أثرها في الدول النامية. وقد جاء الكتاب مقلًا في الإحالة إلى الدراسات الميدانية أو الأوراق العلمية، معتمدًا في جل كتابه إلى خبراته وتقاريره، وهذا وإن كان من المآخذ على الكتاب، إلا أن رغبته في انتشار كتابه بين جمهور أكبر جعله -في نظري- يحجم عن ذلك. وخلاصة القول أن الكتاب جدير بالقراءة، فهو جهد علمي رصين، اجتمع فيه وضوح منهج المصنف، وسعة مادته، وحسن ترتيبه، وهذا ليس بمستغرب؛ فهو ذو خبرة طويلة في قطاع المرافق العامة.

المهندس بندر بن سليمان الشريف
الهيئة الملكية للجبيل وينبع

الدكتور حسن بن زهير القرني
الهيئة الملكية للجبيل وينبع

ترجمة تلخيصية لكتاب الذكاء الاصطناعي لقطاع المرافق
إعادة تصور نظام الطاقة في المستقبل

تهيئة المرافق الخدمية في مكان ما، من الأسس ذات الأهمية الكبرى، وعليها تعتمد الحضارة الحديثة؛ لأنها تشمل العديد من الخدمات التي لا غنى عنها مثل: الكهرباء والماء والغاز وإدارة النفايات، وبها يتحقق التقدم في الاقتصاد، لكنها تواجه تحديات متعددة مثل وجوب التجديد المستمر للبنية التحتية المتهالكة، والتقليل من التأثيرات على البيئة، والطلب المتزايد على الطاقة، مع العمل على توفير الموارد بطريقة عادلة.

يعد كتاب "الذكاء الاصطناعي لقطاع المرافق" من الكتب التي تشرح ببساطة ويسر، كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يحدث تغييرًا كبيرًا في قطاع المرافق؟ مما يساعد صناع القرار على الانتقال إلى الثورة الرابعة للمرافق، وهذه المرحلة من المراحل التي تعتمد على استخدام البيانات والذكاء الاصطناعي لتطوير وتحسين العمليات وإدارة الطلب والعمل على تعزيز أنظمة الطاقة المستدامة والمرنة.

وعند الانتقال إلى الثورة الرابعة للمرافق، ظهرت عوامل قوية لها تأثير في هذا التحول، على سبيل المثال: إزالة الكربون والتغيرات التنظيمية وزيادة المنافسة لتلبية توقعات المستهلكين نحو الاستدامة والتطور التقني، وعلى الجانب الآخر نجد هناك عوامل قوية إيجابية مثل: وجود إمكانيات هندسية، وتوفر قاعدة عملاء، وتوفر الأنظمة الشبكية الذكية، ووجود البنية التحتية المتقدمة، وتوفر بيانات ضخمة ذات قيمة اقتصادية، ومن خلال كل ما سبق نجد أن الفرص المتاحة متعددة منها: تنوع مصادر الطاقة، وبناء تحالفات اقتصادية لدعم الطاقة المتصلة بالشبكة، والاستفادة من البيانات كأصل إستراتيجي للدخل، واستكشاف أسواق جديدة غير مستغلة.

حديثًا، أصبح الذكاء الاصطناعي هو الوسيلة الفعالة لتحليل البيانات من المستشعرات في المحطات والتنبؤ بأداء الأصول المستقبلية، ومن ذلك وعلى سبيل المثال: نجد أن توقع الذكاء الاصطناعي بأن أحد الأصول سيصبح أقل كفاءة مما يمكن معه اتخاذ قرار تبديل أو صيانة المعدات بشكل استباقي، والعمل على تحسين الأداء، وأيضا يمكن للذكاء الاصطناعي تقليل الانبعاثات البيئية عن طريق ضبط المعدات بطريقة أكثر فعالية.

1. الذكاء الاصطناعي في قطاع المرافق

تعد الكهرباء في العصر الحاضر من أهم أساسيات الحياة اليومية، فتاريخ الكهرباء يسير بالتوازي مع تاريخ العالم الحديث والتطور الحضاري. ومن المظاهر السلبية لتزايد استهلاك الطاقة ارتفاع انبعاثات الغازات الدفيئة المسؤولة عن تغير المناخ، فقطاع إنتاج الكهرباء يعد مصدرًا للغازات الدفيئة، ويأتي في المركز الثاني بنسبة 27% بعد قطاع النقل في العالم؛ لذلك اتجهت الجهود العالمية للتحول إلى السعي في إنتاج الطاقة النظيفة؛ ليقل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وأيضًا لدعم جهود الأهداف المناخية، وهنا تبرز حلول متعددة مثل: الشبكات الصغيرة ومصادر الطاقة المتجددة: كالشمس والرياح والطاقة الكهرومائية، وكلها بدائل فعالة ومستدامة تساعد بنسبة كبيرة في الحد من التغير

المناخي، وأيضًا تعد الطاقة النووية خيارًا مستدامًا يتسم بالخلو من انبعاثات الكربون، لكنها تحتوي على معوقات تتعلق بالتكلفة المرتفعة، وصعوبة إدارة النفايات المشعة. وبالرغم من أن الحلول السابقة تواجه الكثير من التحديات، التي منها التكلفة والتشغيل، إلا أن استخدام الذكاء الاصطناعي يشكل طريقًا جديدًا في مواجهة هذه التحديات.

2. مستقبل المرافق والطاقة

من القطاعات التي تشهد انتقالًا نحو مصادر الطاقة المتجددة قطاع المرافق، وهذا يقوي مفاهيم الاستدامة، ويعين على مواجهة التحديات البيئية لمستقبل أكثر نظافة وكفاءة. وكنتيجة للطلب المتزايد على التحكم في استهلاك الطاقة، فقد أصبح ضروريًا تحسين البنية التحتية للشبكات الكهربائية، والتوسع في قدرات تخزين الطاقة مع استخدام العدادات الذكية والتقنيات الرقمية التي لها دور في جمع البيانات اللحظية؛ مما يعين على تحسين توزيع الطاقة، ويؤدي إلى تلبية احتياجات العملاء بكفاءة وقدرة عالية.

وتعد الاستدامة هدفًا أساسيًا نسعى إليه؛ لتحقيق التوازن بين تلبية احتياجات الأجيال الحالية مع الحفاظ على الموارد للأجيال القادمة. وفي العصر الحديث تزايد الطلب العالمي على الطاقة؛ مما نتج عنه زيادة الحاجة إلى نظام بيئي ذكي يكون متصفًا بالكفاءة والاستدامة. إن هذا النظام الذكي للطاقة يعتبر شبكة مترابطة الأجزاء من مصادر الطاقة التقليدية والمتجددة.

ولنجاح النظام نحتاج لحلول تشمل: تخزينًا وتوزيعًا فعالًا لضمان توافر الطاقة دائمًا، كما أن هذا النظام الذكي للطاقة سيكون جزءًا أساسيًا في المستقبل للبنية التحتية، فمعه سيتم توفير الطاقة اللازمة، وسيحد من تأثيرات التغير المناخي من خلال تقديم مصادر طاقة نظيفة ومستدامة.

وفي ذات السياق تأتي مولدات الطاقة الموزعة سواء كانت متصلة بالشبكة أو تعمل مستقلة عنها بفوائد مثل: تقليل الضغط على الشبكة المركزية وقدرتها على الاستقلالية في توليد الطاقة، كما تساعد في تقليل الاعتماد على الشبكات المركزية وتحسين مرونة النظام، لكنها تواجه تحديات مثل إدارة الأحمال وتحديث البنية التحتية.

إن الشبكة الذكية المتطورة تعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة، وتستطيع التكيف الذاتي مع التغيرات في العرض والطلب، ويمكنها اتخاذ قرارات تلقائية وتحسين أدائها، كما أنها تسهم في تقوية الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة وتقليل الانقطاعات الكهربائية، ولديها قدرة على الاستجابة الأسرع والأدق لأي تغيرات في استهلاك الطاقة.

وفي الفترة الأخيرة ظهر مصطلح المستهلك المنتج، ونقصد به الشخص الذي يستهلك الطاقة وينتجها في الوقت نفسه. فقد ساعد في هذا التطور انتشار الطاقة الشمسية، وتعدد مصادر الطاقة المتجددة، التي ساهمت بشكل كبير في قدرة الأفراد على إنتاج الكهرباء، بل وبيع الفائض إلى الشبكة، إن العمل كمستهلك ومنتج يحقق للشخص فوائد كثيرة من أهمها:

- خفض التكاليف بتقليل فواتير الكهرباء.
- تحقيق دخل إضافي من بيع فائض الكهرباء.
- تقوية استقرار الشبكة وقلة الاعتماد على محطات الطاقة المركزية.
- الاستدامة مع تقليل البصمة الكربونية في حالة استخدام الطاقة المتجددة.

إن قطاع الطاقة يحتاج للتكيف مع التغيرات السريعة؛ فالكثير من النماذج الناجحة كانت تركز على تحسين خدمة العملاء وزيادة رضاهم، والعمل على تقليل التكاليف باستخدام التقنيات الحديثة، وأحيانًا من خلال رفع نسبة الأرباح.

ويأتي الابتكار المستمر كوسيلة فعالة للحفاظ على النجاح في قطاع الطاقة المتغير، ومن الأمثلة الفعالة على هذا الابتكار هو اعتماد الطاقة كخدمة، الذي يهدف إلى التقليل من تكاليف الطاقة النظيفة للعملاء وتقليل حجم الانبعاثات. وهناك مثال آخر للابتكار في هذا القطاع وهو نموذج الشبكة المصغرة كخدمة، الذي يستهدف نشر الشبكات المصغرة كخدمة دون الحاجة إلى رأس مال كبير، وفيه أيضًا يتولى مزود الخدمة إدارة تشغيل وصيانة الشبكة.

3. تطوير البصمة الرقمية لقطاع المرافق

التحول الرقمي في قطاع المرافق يعد من الخطوات الإستراتيجية المهمة؛ لتكوين مستقبل ذي كفاءة واستدامة. كما أن مفهوم البصمة الرقمية يمثل مجموعة من الأهداف والإستراتيجيات التي يمكن من خلالها بناء البنية التحتية التقليدية وتطوير مهارات الكوادر، ثم الانتقال إلى تقنيات الحوسبة السحابية، لأنها توفر ما يحتاج إليه من مرونة وأمان وخفض التكاليف، وأيضًا فهي قاعدة أساسية لتبني الذكاء الاصطناعي.

إن هذا التحول الرقمي يمتد سريعًا ليشمل تحديث التطبيقات التقليدية. وتحتل البيانات موقعًا محوريًا في هذا التحول؛ لأنها تماثل منزلة الكهرباء الجديدة التي تغذي التقنيات الرقمية، وتعد أساسًا محوريًا للتنبؤ بالأعطال وإدارة الشبكات الذكية. حيث أصبح مفهوم البيانات ذا أهمية كبيرة في بناء البيئة الشفافة التي يوثق بها من جميع أطراف منظومة الطاقة. ثم ظهر الدور الكبير للأتمتة واسعة النطاق وهندسة اعتمادية المواقع التي تضمن لنا الاستقرار وتعمل على تقليل الأعطال، بينما يقدم النموذج التشغيلي الجديد لتقنية المعلومات ركائز قوية وأسسًا متينة تشمل السحابة والنهج الرشيق واتخاذ القرار القائم على البيانات والتركيز على العميل. إن نجاح التحولات السابقة يرتبط بشكل كبير برأس المال البشري من خلال إعادة تدريب القوى العاملة، مع تزويدها بالمهارات الحديثة والتعامل مع الذكاء الاصطناعي الذي يعينهم في دعم الإبداع وتخفيف الأعباء الروتينية، وأخيرًا فقد أصبحت المنصات الرقمية محورًا يؤدي إلى تكامل مصادر الطاقة التقليدية والمتجددة.

4. تبني الذكاء الاصطناعي في قطاع المرافق العامة

لقد أصبح الذكاء الاصطناعي من أهم الأسس والأدوات التي تعمل على التحول الجذري في العديد من الصناعات، التي منها قطاع المرافق العامة، ومن أهم استخدامات الذكاء الاصطناعي: التحكم في الشبكات الكهربائية وتحسين استخدام الطاقة والتنبؤ بالأعطال قبل حدوثها. ومع التطور السريع في التقنية يتوقع للذكاء الاصطناعي أن يصبح جزءًا أساسيًا من إستراتيجيات الشركات التي تريد أن تبقى في المنافسة، وقد أشارت تقديرات السوق العالمية إلى أن قيمة الذكاء الاصطناعي في قطاع المرافق يشهد تطورًا ونموًا سريعًا يصل إلى 38.1%، ومع ذلك فإن الشركات تواجه تحديات متعددة مثل: نقص البيانات عالية الجودة وغياب توحيد المعايير وافتقار القطاع إلى الخبرات التقنية.

توجد عدة مراحل لكي يتم إدخال الذكاء الاصطناعي في المرافق وهي:

- **مرحلة الاستكشاف:** التي يتم فيها استكشاف الحلول المتاحة، ثم اختبار هذه الحلول ضمن مشروعات تجريبية.
- **مرحلة التجريب:** التي يتم فيها تضييق نطاق التجارب؛ ليتم تقييم القيمة التي يمكن تحقيقها من الاستثمار.
- **مرحلة التأسيس:** وهي تأتي لإدماج تقنيات الذكاء الاصطناعي ضمن خطوط الإنتاج لحل المشكلات.
- **مرحلة التحسين:** لتحسين استخدام الموارد والتركيز على التحول الأساسي للأعمال.
- **مرحلة التحول:** التي يتم فيها الاعتماد على الذكاء الاصطناعي كجزء إستراتيجي من النموذج التجاري للشركة.

5. الاستدامة كضرورة ملحة لقطاع المرافق

أصبحت الاستدامة في قطاع المرافق ضرورةً إستراتيجية؛ ليحدث خليطًا من الطاقة المتوازنة الذي يحقق الموثوقية ويحد من الانبعاثات. إن هذه المرحلة تركز على الدور المحوري للسياسات واللوائح الحكومية في الدفع نحو الاستدامة، والعمل على إعادة تشكيل مستقبل قطاع الطاقة، فخطة الطاقة النظيفة في الولايات المتحدة، وتوجيهات الاتحاد الأوروبي والصين؛ لزيادة الاعتماد على مسارات الطاقة المتجددة، أظهرت أهمية سياسات الكهرباء الخالية من الكربون في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وتحقيق فرص عمل جديدة في الصناعات الخضراء.

في ضوء ذلك برز الدور الكبير للأسواق والآليات المبتكرة مثل سوق الكربون الأوروبي، وأداة محاكاة سوق الكربون التي تساعد الشركات على فهم ديناميكيات تداول الانبعاثات، وتساعد في اتخاذ قرارات أفضل من أجل خفض بصمتها الكربونية. وبالمثل تسهم السياسات الداعمة للمركبات عديمة الانبعاثات في تسريع وانتشار السيارات الكهربائية والهجينة من خلال الحوافز الضريبية، وتطوير البنية التحتية لمحطات الشحن. كما تساهم الشركات الإستراتيجية مع منصات الذكاء الاصطناعي في النقل الذكي؛ لكي تسرع بالتحول لأساطيل كهربائية كاملة باستخدام الذكاء الاصطناعي لإدارة العمليات.

مما لا شك فيه أن شركات المرافق عليها عبء كبير والتزام مجتمعي يعتمد على الشفافية وحماية البيانات وخفض البصمة الكربونية، بالتوازي مع مشاركتها القوية في وضع أسس قوية للعدالة الاجتماعية، وضمان استفادة جميع الفئات من فرص الاقتصاد الأخضر.

في هذا الإطار، تظهر زيادة التوسع وتبني مصادر الطاقة الموزعة الحاجة إلى نماذج أكثر شمولية تساهم في منع تفاقم الفجوة بين الفئات الميسورة وذوي الدخل المحدود. كما يشكل إشراك أصحاب المصلحة في القرارات خطوةً كبيرةً وأساسيةً؛ كي يتحقق التوازن بين التنمية المستدامة والإنصاف الاجتماعي. ومن خلال هذا السياق ظهرت الحاجة إلى مبادرات الابتكار الرقمي كأدوات قوية؛ في حين تفتح تقنيات مثل: البلوك تشين وإدارة الأحمال المعتمدة على البيانات آفاقًا جديدة تسهم في تقليل التكاليف وزيادة الكفاءة.

6. توليد الطاقة في الاقتصاد منخفض الكربون

يشهدُ العالم اليوم العديد من التحولات، ومنها التحول في كيفية إنتاج الطاقة واستهلاكها، حيث يتزايد التركيز والاهتمام على بناء اقتصاد عالمي منخفض الكربون، وزاد ذلك مع كثرة المخاوف من التغير المناخي، والحاجة إلى مصادر طاقة مستدامة، فقد أصبح توليد الطاقة بأساليب صديقة للبيئة ضرورة قصوى. ومع التوجه العالمي نحو الطاقة النظيفة أصبحت التقنية وبخاصة تقنية الذكاء الاصطناعي أداةً أساسيةً من أجل العمل على تحسين تخطيط البنية التحتية لتوليد الطاقة.

7. الأثر الكلي للشبكات المصغرة

تعد الشبكات المصغرة بديلاً موثوقًا لمواجهة انقطاعات الكهرباء، وتساعد في تقليل فاقد النقل وتخفيض التكاليف، وتعزز أمن الطاقة وتخفض الانبعاثات. ففي نيجيريا- مثلاً- يعاني ملايين السكان من ضعف وصول الكهرباء؛ لذا فإن الشبكات المصغرة توفر حلولًا محلية، ويمكن للذكاء الاصطناعي أن يساهم في تحسين إنتاج وتوزيع الطاقة في مثل هذه المناطق؛ مما يعمل على تحسين جودة الحياة.

8. التحول الذكي في شبكات نقل وتوزيع الكهرباء باستخدام الذكاء الاصطناعي

الشبكات الذكية هي نظام يعتمد على تقنية المعلومات لإدارة نقل الكهرباء، لكنها ما زالت تحتاج إلى القدرة على اتخاذ القرارات الذاتية. ومن هنا يظهر دور الذكاء الاصطناعي لإيجاد شبكة ذكية متطورة. كما أنه يتيح فرصةً لإدارة الأصول من خلال الصيانة التنبؤية. فيمكن للذكاء الاصطناعي تحليل البيانات التاريخية، لتحديد العمر الافتراضي للأصول. بالإضافة إلى تقديم توصيات دقيقة بشأن مواعيد الصيانة. كما أنه يلعب دورًا أساسيًا في تحسين فهم سلوك المستهلكين، فعلي سبيل المثال: يمكن للشركات استخدام الذكاء الاصطناعي لتحديد الأسر التي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة. كما يلعب دورًا كبيرًا في الكشف عن الأنشطة المشبوهة؛ نتيجة تعرض الشبكات الكهربائية لهجمات سيبرانية؛ مما يسمح باتخاذ التدابير الوقائية.

9. إعادة تصور تجارة التجزئة للمرافق

يمثل الذكاء الاصطناعي محركًا أساسيًا لطريقة تفاعل المستهلكين مع شركات الطاقة، فيمكن للشركات من خلال البيانات المتاحة تحسين مستوى رضا العملاء وخفض التكاليف. إضافةً إلى ذلك يسهم الذكاء الاصطناعي في تقديم خدمات أسرع وتحسين التفاعل بين العملاء وممثلي الخدمة؛ مما يقلل من فقدان عدد العملاء، بل إن المساعدات الحوارية الذكية، تعين على توفير الدعم المتواصل والشخصي لتعزيز تجربة المستهلك ودعم تحول قطاع المرافق نحو خدمات أكثر تفاعلية. كما يظهر جانب آخر من التحولات الرقمية في قطاع الطاقة، وهو تعلم الآلة؛ لإعادة تشكيل أسواق تجارة الطاقة العالمية، من خلال مجموعة بيانات ضخمة؛ ما يساعد على رفع دقة التنبؤات وتسريع عمليات التحليل في سوق سريعة التقلب، ويضاف لذلك سرعة معالجة البيانات المعقدة من حيث النصوص والصور، فتصبح لها ميزة تنافسية في سرعة اتخاذ القرار وزيادة الكفاءة. وبالرغم من كل المزايا السابقة، إلا أن هناك عوائق أساسية مثل: قضايا جودة البيانات وتخصيص الخوارزميات ومستوى الثقة في الأنظمة الذكية، وبذلك فإن مسار التحول الرقمي يمنح الشركات فرصة كبيرة كمصدر جديد لإيرادات الشركات واستدامة القطاع.

10. تحول التنقل عبر المركبات الكهربائية و الذكاء الاصطناعي

ساعد التقدم التقني للمركبات الكهربائية والذكاء الاصطناعي على أن تصبح من أبرز الابتكارات التي تعيد تشكيل تنقل الأفراد، ولهذه المركبات مزايا كثيرة مثل: تقليل الانبعاثات والتكاليف المنخفضة وسهولة الاستخدام. وبالدمج بين التقنيتين يمكن أن ندخل عصرًا جديدًا من التنقل، أكثر كفاءة واستدامة، وسوف تزيد شعبية المركبات الكهربائية؛ بما تقدمه الحكومات من حوافز، بالإضافة إلى انخفاض تكاليف البطاريات. ويعد الشحن المنزلي هو الخيار الأكثر شيوعًا وانتشارًا مع وجود الحاجة إلى محطات شحن عامة تدعم الرحلات الطويلة. ويسهم الذكاء الاصطناعي هنا في تقديم حلول مبتكرة مثل: التنبؤ بالطلب على الشحن واستخدامه في الصيانة التنبؤية لاكتشاف الأعطال في البطاريات أو محطات الشحن. وأيضا الذكاء الاصطناعي له دور كبير في تحديد المواقع المثالية لمحطات الشحن الجديدة، وتحسين تصميم الشبكات وتقديم توصيات للسائقين حول أفضل الأوقات وأماكن الشحن.

11. عصر موارد الطاقة الموزعة

يعد عصر الموارد الموزعة للطاقة محطةً فارقةً في تقديم حلول موثوقة وفعالة اقتصاديًا مثل: الألواح الشمسية على الأسطح والبطاريات والسيارات الكهربائية؛ مما يزيد من مرونة الشبكة وأمنها. كما يؤدي إلى إظهار فرص اقتصادية محلية. ومن مزايا الذكاء الاصطناعي وإسهاماته المتعددة، أن له دورًا كبيرًا في المراقبة اللحظية للشبكة مع التحكم الآلي في الموارد؛ مما يضمن استخدامًا أكثر فعالية للطاقة ويقلل الانقطاعات. وبالرغم من ذلك يواجه دمج الموارد الموزعة للطاقة تحديات تتعلق بالتقلب وعدم اليقين، وتظهر هنا تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل الشبكة العصبية لزيادة الدقة وتقليل الغموض ودعم نظم القرار الجغرافي؛ لتحديد المواقع المثلى للموارد الموزعة، وتقييم أثر مشروعات الطاقة.

وبالإضافة لما سبق، فإن الذكاء الاصطناعي يعين على استغلال الإمكانات الكاملة للطاقة الشمسية الكهروضوئية على الأسطح؛ فيساعد في تحديد أفضل ميل، واتجاه الألواح، وتقليل تأثير الظلال، مع ضبط إعدادات العواكس آليًا لتعظيم الإنتاج. كما يفتح مجال التنبؤ بالإشعاع الشمسي باستخدام خوارزميات التعلم الآلي آفاقًا لجدولة الصيانة وتحسين دمج الأنظمة الكهربائية، وهذه عوامل تؤدي إلى مستقبل منخفض الكربون.

12. المرافق العامة في عالم الميتافيرس: ثورة تقنية جديدة

لقد صاغ الكاتب ميل ستيفنسون، مصطلح الميتافيرس في روايته "تحطم الثلوج"، وهو مصطلح يشير إلى عالم افتراضي يعتمد على تقنية سلسلة الكتل ويتيح للمستخدمين إنشاء محتوى خاص بهم، والتفاعل من خلال شخصيات افتراضية.

ويمكن للميتافيرس أن يكون له دور كبير في المستقبل بما فيه من إمكانات عديدة، فهو يستطيع أن يقدم خدمات كبيرة من خلال تقنية الواقع الافتراضي، ويستطيع توفير بيئة تدريبية آمنة للعاملين وبخاصة مع المعدات الخطرة مثل محطات الكهرباء ذات الجهد العالي. كما يتيح الواقع المعزز تحسين كفاءة العاملين من خلال توفير تصورات بيانات في الوقت الفعلي، وإرشادات مرئية لإجراء الصيانة أو الإصلاحات. ويمكن استخدام العوالم الافتراضية كمنصة تسويقية مبتكرة للخدمات العامة مثل: الكهرباء والمياه، وإدارة النفايات. إن دمج تقنيات الواقع الافتراضي والمعزز، يمكن الشركات من تعزيز الكفاءة وخفض التكاليف.

الخاتمة وقراءة نقدية لكتاب "الذكاء الاصطناعي لقطاع المرافق"

يعد هذا الكتاب من الإصدارات الحديثة التي تسلط الضوء على دور الذكاء الاصطناعي في تطوير قطاعات المرافق مثل الطاقة والمياه وإدارة النفايات، وجاء في توقيت حيوي يتزامن مع التحول الرقمي المتسارع الذي يشهده العالم في ظل الثورة الصناعية الرابعة. يقدم الكتاب رؤيةً شاملةً ومهمةً حول كيفية تسخير تقنيات الذكاء الاصطناعي؛ لإحداث نقلة نوعية في إدارة وتشغيل المرافق؛ مما يسهم في تعزيز كفاءتها وموثوقيتها، وتقليل استهلاك الطاقة والانبعاثات. كما أن انسجام الكتاب مع توجهات الاقتصاد الأخضر وأهداف التنمية المستدامة يعكس وعيًا عميقًا بأهمية استدامة الموارد وتحقيق التوازن البيئي. ومن الطبيعي أن ننظر إليه بعين التقييم النقدي المتوازن.

يتسم الكتاب بأنه يقدم طرحًا شاملًا يغطي جميع نواحي مرافق الكهرباء، مع التركيز على كيفية تسخير الذكاء الاصطناعي لخدمتها. هذه الشمولية تجعله مرجعًا غنيًا للمبتدئين ومتوسطي الخبرة في هذا المجال، حيث يبسط المفاهيم ويشرح العلاقة بين المرافق الكهربائية والتقنيات الحديثة بلغة واضحة وسهلة الفهم. من النادر أن نجد كتابًا يدمج بين هذه الجوانب التقنية والحديثة بهذا الأسلوب الذي يتيح للقارئ فهم الأسس الأولية دون شعور بالغموض أو التعقيد.

على الرغم من القيمة العلمية التي يقدمها الكتاب، إلا أنه يعاني من مشكلة واضحة في حشو الكلام وتكراره. يتضح جليًا للقارئ إعادة بعض الأفكار مع صياغة مختلفة، مما يسبب له إحباطًا، فيجد نفسه يبحث عن الجديد لتجاوز المكرر.

الكتاب يسهل فصله لعدة مقالات مستقله تخدم القارئ للتعرف على عدة مجالات تخص الذكاء الاصطناعي و قطاع مرافق الكهرباء. وفي الجانب الآخر، قد يسبب هذا التنوع في الكتاب تشتتًا للقارئ الخبير لأنه يفتقر إلى الترابط العميق وعدم وجود خيط ناظم يجمع الأفكار في سياق واحد متكامل.

من أبرز إيجابيات الكتاب أنه يخاطب شريحة واسعة من القراء مما يجعله مصدرًا قيمًا لمن يخطو خطواته الأولى في هذا المجال أو لمن يملك معرفةً متوسطةً ويرغب في تعميقها. لكنه يفقد هذه الميزة عندما ننظر إلى شريحة الخبراء والمتخصصين؛ إذ يجدون الكتاب غير كاف لتلبية احتياجاتهم أو تقديم محتوى متقدم يناسب مستوى خبرتهم.

رغم أن الكتاب يركز على تجارب الشركات الأوروبية والأمريكية، فإنه أغفل بشكل كبير التحديات التي تواجه الدول النامية، مثل نقص البيانات وضعف البنية التحتية الرقمية. هذا يمثل نقطة ضعف واضحة، حيث كان من الأفضل تخصيص فصل أو قسم يناقش هذه الجوانب، ويقدم حلولًا عمليةً تراعي الفجوة بين الدول المتقدمة والدول النامية. إدراج مثل هذا المحتوى كان سيعطي الكتاب بعدًا أكثر شمولية وعدالة معرفية، ما يجعله ذا قيمة إضافية لشريحة أوسع من القراء.

على الرغم من كثرة الأمثلة النظرية التي يوردها الكتاب، فإن بعض فصوله تفتقر إلى دراسات حالة واقعية توضح الأثر الفعلي لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة المرافق وتقليل الأعطال. غياب البيانات التجريبية أو نتائج من مشروعات حقيقية يضعف من مصداقية الكتاب ويترك القارئ في حاجة إلى أمثلة ملموسة تدعم الطرح النظري.

وختامًا، لم يمنح الكتاب مساحة كافية لمناقشة القضايا المتعلقة بحوكمة الذكاء الاصطناعي، وحماية البيانات، والاعتبارات الأخلاقية المرتبطة باستخدام هذه التقنية في المرافق العامة. في ظل التوسع الكبير في استخدام الذكاء الاصطناعي، أصبحت هذه الموضوعات محورًا رئيسًا لضمان الاستخدام المسؤول للتقنيات الحديثة؛ نظرًا لأهميتها الكبيرة في تحقيق التوازن بين التطوير التقني والاعتبارات الأخلاقية والقانونية.

شكر وتقدير
لفرق العمل وشركاء التميز

يسر جائزة كابسارك للغة العربية أن تتقدم بخالص الشكر والتقدير لجميع من أسهم في إنجاح دورتها الرابعة، من فرق العمل واللجان العلمية والإدارية في مركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك)، ومجمع الملك سلمان العالمي للغة العربية. فقد كانت جهودهم المشتركة ركيزة أساسية في الارتقاء بأعمال الجائزة، وضمان سلامة إجراءاتها، وتعزيز حضورها المعرفي.

فقد بذلت اللجان المتخصصة -من تحكيم ومراجعة وتدقيق- جهودًا كبيرة اتسمت بالموضوعية والدقة، وأسهمت في اختيار نخبة من الأعمال الجديرة بالفوز. وعملت فرق الجائزة التشغيلية على تنظيم مراحلها كافة، بدءًا من استقبال المشاركات، ومرورًا بعمليات الفرز والتحكيم، وانتهاءً بإخراج هذا الكتيب الذي يبرز جودة ما قدمه المشاركون.

ونحن نؤكد أن ما تحقق في هذه الدورة لم يكن ليتم لولا توفيق الله ثم تكامل الجهود، وإيمان الجميع برسالة الجائزة في دعم اللغة العربية وإثراء المحتوى المتخصص في مجالات الطاقة والاقتصاد والبيئة.

الخاتمة

يأتي هذا الكتيب تتويجًا لجهود المشاركين في جائزة كابسارك للغة العربية في دورتها الرابعة، ومرآة تعكس ما بلغته الأعمال الفائزة من جودة معرفية وعمق بحثي، وقدرة على توظيف اللغة العربية في تناول قضايا معقدة تتصل بالذكاء الاصطناعي وتقنيات الطاقة. ولعل ما تضمنته هذه المشاركات من رؤى وأطر تحليلية وحلول مبتكرة يؤكد أن العربية لغة راسخة البيان، واسعة الآفاق، تواكب التحولات التقنية والفكرية الحديثة.

وبمواصلة كابسارك إصداره السنوي لهذا الكتيب، فإنه يرسخ التزامه بدعم حركة الإنتاج العلمي العربي، وتوفير منبر يبرز الإسهامات النوعية التي يقدمها الباحثون والمتخصصون والطلاب، ويسهم في تشييد مجتمع معرفي يضع اللغة العربية في صلب المشهد العلمي والتقني للمملكة والعالم.

إن الأعمال التي بين يدي القارئ ليست مجرد مشاركات فائزة، بل لبنات تضاف إلى صرح تتعاضد فيه الخبرة العلمية والخيال البحثي والقدرة على الابتكار، وهي دعوة مفتوحة لمواصلة الإبداع والسعي إلى اكتشاف آفاق جديدة تسهم في تقدم قطاع الطاقة وتعزيز دور الذكاء الاصطناعي في مستقبله.

وختامًا، نأمل أن يكون هذا الإصدار إضافة معرفية تثري القارئ وتفتح أمامه مسارات جديدة للتفكير، وتؤكد أن اللغة العربية -بجمالها ومرونتها- قادرة على قيادة الحوار العلمي وصوغ رؤى المستقبل.

عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحوثًا مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بشتى أنواعها بالإضافة إلى الدراسات البيئية المرتبطة بها. وتتمثل مهمة كابسارك في تعزيز فهم تحديات الطاقة والفرص التي تواجه العالم اليوم وفي المستقبل من خلال بحوث غير منحازة ومستقلة وعالية الجودة لما فيه صَالحِ المجتمع، ويقع كابسارك في الرياضِ بالمملكة العربية السعودية.

عن مجمع الملك سلمان العالمي للغة العربية

أسس مجمع الملك سلمان العالمي للغة العربية للمساهمة في تعزيز دور اللغة العربية إقليميًا و عالميًا، وإبراز قيمتها المعبرة عن العمق اللغوي للثقافة العربية و الإسلامية، وليكون مرجعية علمية على المستوى الوطني في اللغة العربية وعلومها، وليسهم إسهامًا مباشرًا في تحقيق أهداف برنامج تنمية القدرات البشرية، أحد أهم برامج تحقيق رؤية المملكة العربية السعودية 2030.

www.kapsrc.org

/kapsarc