Journal of Al-Farabi for Humanity Sciences

ISSN: 2957-3874 (Print)
Journal of Al-Farabi for Humanity Sciences (JFHS)
https://iasj.rdd.edu.iq/journals/journal/view/95
مجلة الفارابي للعلوم الإنسانية تصدرها جامعة الفارابي

تقييم فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التخفيف من ظاهرة التغير المناخي في العراق لعام ٢٠٢٤م

م. د. علي سليم حماد عبد الكريم
وزارة التربية / مديرية تربية بغداد الكرخ الاولى

Evaluating the Effectiveness of Artificial Intelligence Applications in Mitigating Climate Change in Iraq by 2024

Dr. Ali Salim Hammad Abdul Karim
E-mail: Ali.Saleem1104h@ircoedu.uobaghdad.edu.iq

المستخلص :

يُعد العراق من الدول الأكثر عرضة لتأثيرات التغير المناخي عالميًا، حيث يواجه تحديات حادة تتمثل في الجفاف، والتصحر المتسارع، ونقص الموارد المائية، وارتفاع درجات الحرارة، وتكرار العواصف الترابية , وفي ضوء هذه التحديات الملحة، برزت الحاجة الى تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) كأداة واعدة ذات إمكانات تحويلية لدعم جهود التكيف والتخفيف من الآثار المناخية , وبالتالي يهدف هذا البحث إلى تقييم فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في العراق لعام ٢٠٢٤، مع التركيز على الفرص المتاحة والتحديات الهيكلية التي تعيق التبني الكامل. ويُمكن القول إن فعالية الذكاء الاصطناعي في التخفيف من التغير المناخي في العراق تقع في مرحلة "الإمكانات العالية ذات التفعيل الجزئي". بينما تُظهر المشاريع التجريبية نتائج واعدة، فإن التوسع في تطبيق هذه الحلول على المستوى الوطني لا يزال محدودًا بسبب القيود الهيكلية , كما وتُظهر تطبيقات الذكاء الاصطناعي (AI) إمكانات نظرية عالية ومحورية لمعالجة الأزمات المناخية الحادة التي يواجهها العراق، من خلال إدارة الموارد المائية عبر التنبؤ الدقيق بالجفاف وتفعيل أنظمة الري الذكية؛ وتحسين نماذج المناخ وأنظمة الإنذار المبكر للعواصف الترابية والفيضانات؛ وزيادة كفاءة الطاقة ودمج مصادر الطاقة المتجددة؛ ورصد تدهور الأراضي ومكافحة التصحر من خلال تحليل صور الأقمار الصناعية. ومع ذلك، فإن الفعالية الحقيقية للذكاء الاصطناعي في العراق لا تزال محدودة وتواجه تحديات هيكلية كبيرة، أبرزها ضعف البنية التحتية الرقمية وعدم توفر مجموعات البيانات البيئية الموحدة والموثوقة المطلوبة لتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي، إلى جانب نقص الكوادر البشرية المؤهلة وغياب الاستراتيجيات الوطنية المتكاملة التي تضمن التمويل والاستدامة. وبناءً عليه، يمكن تقييم فعالية الذكاء الاصطناعي في العراق بأنها في مرحلة "الإمكانية العالية ذات التفعيل الجزئي"، حيث يتطلب الانتقال إلى التبني الكامل استثمارًا عاجلاً ومكثفًا في البنية التحتية للبيانات وبناء القدرات المحلية لتمكين العراق من تحويل هذه التقنيات الواعدة إلى أداة فاعلة للصمود المناخي.

الكلمات المفتاحية : التغير المناخي , الذكاء الاصطناعي , مناخ العراق.

Abstract:
Iraq is among the countries most vulnerable to the impacts of climate change globally, facing severe challenges including drought, accelerating desertification, water scarcity, rising temperatures, and frequent dust storms. In light of these pressing challenges, the need for artificial intelligence (AI) technologies has emerged as a promising tool with transformative potential to support climate adaptation and mitigation efforts. Therefore, this research aims to evaluate the effectiveness of AI applications in Iraq by 2024, focusing on the available opportunities and the structural challenges hindering full adoption. It can be concluded that the effectiveness of AI in mitigating climate change in Iraq is currently at a stage of "high potential with partial activation." While pilot projects show promising results, the nationwide rollout of these solutions remains limited due to structural constraints. Artificial intelligence (AI) applications demonstrate significant theoretical potential for addressing the severe climate crises facing Iraq. This potential includes managing water resources through accurate drought forecasting and the activation of smart irrigation systems; improving climate models and early warning systems for dust storms and floods; increasing energy efficiency and integrating renewable energy sources; and monitoring land degradation and combating desertification through satellite image analysis. However, the actual effectiveness of AI in Iraq remains limited and faces significant structural challenges. These include weak digital infrastructure, the lack of standardized and reliable environmental datasets required to train AI models, a shortage of qualified personnel, and the absence of integrated national strategies that ensure funding and sustainability. Therefore, the effectiveness of AI in Iraq can be assessed as being at a "high potential with partial activation" stage. Transitioning to full adoption requires urgent and intensive investment in data infrastructure and local capacity building to enable Iraq to transform these promising technologies into an effective tool for climate resilience.

Keywords: Climate change, artificial intelligence, Iraq's climate.

المقدمة

شـهدت الارض عبر تاريخها الطويل تغيرات مناخية كبيرة تتابعت عليها العصـور الجليدية والفترات الدفيئة بيد ان تلك التغيرات التي حدثت في الماضـــي اختلفت عن التغيرات المناخية التي تحدث في الوقت الحاضـر لكونها تمت بشـكل طبيعي والتغيرات الحديثة سـببها النشـاط البشـري لاسـيما بعد الثورة الصناعية التي ادت الى تطور كبير في الالة وزيادة النمو السكاني السريع الذي تطلب المزيد من الانتاج والاستهلاك مما ادى ذلك الى تفاقم تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون في الجو من ٢٨٠ جزء بالمليون قبل الثورة الصـناعية الى ٣٨٠ جزء بالمليون مطلع العقد الاول من القرن الحالي ، مما ادى ذلك الى ظاهرة الاحتباس الحراري التي اثرت على مختلف الانظمة الحيوية وحدوث الكوارث البيئية المدمرة , ويشـــهد

العالم والعراق على وجه الخصـــوص، تفاقماً لظاهرة التغير المناخي، والذي يتجلى في ارتفاع درجات الحرارة، الجفاف، العواصف الترابية المتزايدة، وشح الموارد المائية. تفرض هذه التحديات بيئية واقتصادية واجتماعية ضخمة، تتطلب حلولاً مبتكرة وسريعة. في الآونة الأخيرة، برز الذكاء الاصطناعي (AI) كأداة تكنولوجية واعدة قادرة على معالجة البيانات الضـخمة، التنبؤ بالأنماط المناخية المعقدة، وتحسـين كفاءة اســتخدام الموارد. تســعى هذه الدراســة إلى تقييم مدى فعالية وكفاءة هذه التطبيقات المحددة للذكاء الاصـطناعي (مثل نماذج التعلم الآلي والشـبكات العصـبونية) عند تطبيقها في السـياق العراقي للحد من آثار التغير المناخي خلال عام ٢٠٢٤.

مشكلة الدراسة

على الرغم من الإمكانات النظرية للذكاء الاصطناعي في مجالات مثل إدارة المياه، تحسين كفاءة الطاقة، ورصـد انبعاثات الغازات الدفيئة، فإن هناك فجوة معرفية حول مدى فعالية تطبيقات الذكاء الاصـطناعي الحالية والمحتملة في التخفيف الفعلي والملموس من آثار التغير المناخي في البيئة العراقية المعقدة، والمليئة بالتحديات اللوجستية، والبنية التحتية المتقلبة، وشح البيانات النوعية , وتمثلت المشكلة بالسؤال الآتي:**(ما مدى فعالية تطبيقات الذكاء الاصــطناعي في التخفيف من ظاهرة التغير المناخي في العراق خلال عام ٢٠٢٤، مع الأخذ في الاعتبار خصوصية التحديات المحلية؟)**

فرضية الدراسة

تمثلت الفرضــية الرئيســية بالآتي يســاهم تطبيق حلول الذكاء الاصــطناعي الموجهة (مثل نماذج التنبؤ بالطقس المتطرف، والري الذكي، وتحسين مسارات الطاقة) بدرجة فعالة وملموسة في تحسين إدارة الموارد وتقليل المخاطر المرتبطة بالتغير المناخي في العراق خلال عام ٢٠٢٤، خاصــة في قطاعي إدارة المياه والزراعة وكفاءة الطاقة.

حدود الدراسة

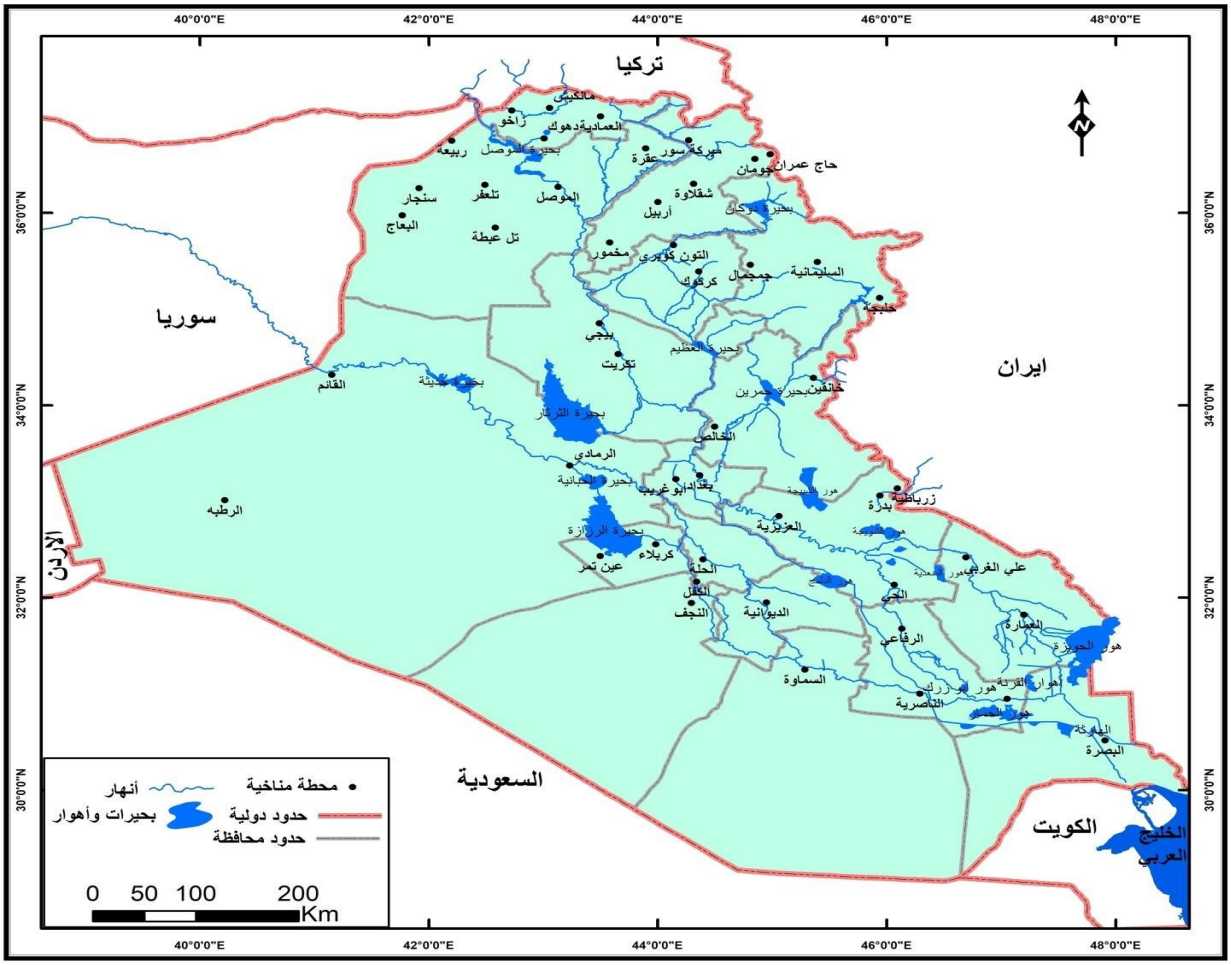
تمثل منطقة الدراســة بمســاحة العراق الكلية والتي تمتد احداثيا بين دائرتي عرض (٢٩,٢٧°) – (٣٧,٢٣ °) شمالا وخطي طول (٣٨,٤٢ °) – (٤٨,٤٥ °) شرقا وهو بهذا يقع ضمن القسم الجنوبي من المنطقة شـبه المدارية الشـمالية (١). اما جغرافيا فيقع في الجزء الجنوبي الغربي من قارة اسـيا . ومن خلال ذلك تم اختيار ثماني محطات مناخية تغطي معظم مسـاحة العراق ضـمن أقسـامه المختلفة, ينظر الخريطة (١). وتتمثل بالمدة الزمنية للبحث ما بين عامي (٢٠٠٥–٢٠٢٥م) حسـب مدة تسـجيل البيانات لمحطات المنطقة مع الرجوع لبعض الفترات القديمة لمعرفة تاريخ مناخ العراق الماضي بشكل مختصر.

جدول (1) المحطات المناخية العراقية وموقعها الفلكي وارتفاعها فوق مستوى سطح البحر

المحطة	الموقع الفلكي		ارتفاع المحطة عن سطح البحر (م)	المحطة	الموقع الفلكي		ارتفاع المحطة عن سطح البحر (م)
	دائرة العرض	خط الطول			دائرة العرض	خط الطول	
مانكيش	37.03	43.08	1003	خانقين	34.13	45.14	202
ازخو	37.08	42.41	442	الخالص	33.3	44.19	44
العمادية	37.05	43.24	1195	بغداد	33.11	44.14	31.7
دهوك	36.53	43.02	860	أبو غريب	33.32	44.23	45
عقرة	36.44	43.53	600	الرمادي	33.16	43.11	45.1
ميركة سور	36.5	44.1	625	الرطبة	33.5	40.1	630.8
جومان	36.38	44.52	2665	بدرة	33.4	45.34	64
حاج عمران	36.4	45.02	3000	زرباطية	33.26	45.91	21
شقلاوة	36.04	44.19	975	كربلاء	32.2	44.2	29
اربيل	36.12	44.04	420	عين تمر	32.58	43.46	27
مخمور	35.45	43.36	270	الكفل	32.30	44.39	35
الموصل	36.11	43.5	223	الحلة	32.16	44.16	27
ربيعة	36.47	42.06	382	الحي	32.5	46.1	17
تلعفر	36.22	42.34	273	الديوانية	31.34	44.34	20
سنجار	36.19	41.50	550	النجف	31.34	44.11	53
تل عبطة	35.55	42.34	200	العمارة	31.3	47.6	9.5
البعاج	36.02	41.48	321	العزيزية	32.55	45.04	32
السليمانية	35.33	45.25	843	علي الغربي	32.45	46.50	15
جمجمال	35.31	44.50	110	الناصرية	31.1	46.8	5
حلبجة	35.23	45.56	900	الرفاعي	31.43	46.06	15
كركوك	35.5	44.14	331	الجبايش	30.94	47.07	17
التون كوبري	35.73	44.15	344	السماوة	31.1	45.1	11
بيجي	34.35	43.17	115.5	البصرة	30.19	47.28	2
القائم	34.14	41.1	177.5				

المصـدر : بالاعتماد على جمهورية العراق , وزارة النقل, الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصـد الزلزالي في العراق قسـم المناخ , بيانات غير منشورة 2024.

خريطة (١) موقع العراق بالنسبة لدول الجوار



المصدر: الهيأة العامة للأنواء الجوية العراقية، قسم المناخ , ٢٠٢٤م.

هدف الدراسة

١. تقييم مستوى الإسهام الفعلي والكفاءة التشغيلية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي المطبقة أو المقترحة في التخفيف من ظاهرة التغير المناخي في العراق خلال عام ٢٠٢٤.

٢. تحديد ورصد أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستخدمة حالياً أو التي هي قيد التجريب في القطاعات العراقية الحيوية المتأثرة بالمناخ (الزراعة، المياه، الطاقة).

٣. قياس مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لفعالية هذه التطبيقات، مثل نسبة توفير المياه، خفض استهلاك الطاقة، أو دقة التنبؤ بالكوارث الجوية مقارنة بالأساليب التقليدية.

٤. تحليل وتحديد أبرز المعوقات التقنية، الاقتصادية، والسياساتية التي تواجه عملية تبني وتوسيع نطاق تطبيقات الذكاء الاصطناعي في السياق العراقي.

٥. تقديم توصيات عملية لواضعي السياسات والمستثمرين لتعظيم الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في الاستراتيجية الوطنية للتكيف والتخفيف من آثار التغير المناخي.

منهجية الدراسة

تعتمد الدراسة على المنهجين الوصفي والتحليلي، حيث سيتم وصف الوضع الراهن لتطبيقات الذكاء الاصـــطناعي في العراق، ثم تحليل البيانات المتوفرة (أو المحاكاة) لتقييم مدى فعاليتها وإمكانية تحقيقها لأهداف التخفيف.

الدراسات السابقة

للدراسات السابقة اهمية كبيرة في كتابة البحث اذ انها ترسم صورة او خلفية نظرية عن مشروع البحث والاطلاع على اهم المصـادر التي تناولت او قد تكون متشـابهة لهذه الدراسـة من جانب ما. كما انها تغني الباحث عن التكرار والاستمرار في منهجية وموضوعية تختلف عما سبق من الدراسات ومعرفة ما توصلت اليه هذه الدراسات من النتائج , ونظرا لأهمية التغيير المناخي الذي اصبح يشكل الموضوع الاول في الدراسات المناخية لأنه يعد مشكلة عالمية شغلت الكثير من الباحثين، لذا عالجت هذا الموضوع الكثير من الدراسـات بشـكل مختصـر ولاسـيما تلك التي اشـارت الى التذبذب والاتجاه والتغيير في مناخ العراق و تتضـمن هذه الدراسـات الرسـائل والاطاريح العلمية الجغرافية والبحوث والدراسـات الجغرافية لذا سوف نتناول استخدام الذكاء الاصطناعي في معالجة ظاهرة التغير المناخي في العراق مع الاشارة الى دراستين تناولت التغير المناخي وعلى النحو الاتي:

١- **دراســـة احمد طه شـــهاب الجبوري:** حول تغير المناخ في العراق واثاره على انتاجية المحاصـــيل الزراعية , اذ وجد ان مناخ العراق شهد تذبذبا بين مدة واخرى كانت تتوافق مع التغييرات العالمية ففي المدة من الميلاد الى ٨٠٠ م كانت مدة باردة ذات امطار غزيرة وثلوج في شمال العراق . اما المدة الممتدة من ٨٠٠ م – ١٢٠٠ م ، اذ تعد ادفأ فترة في النصف الشمالي من الكرة الارضية والمدة من ١٢٠٠ – ١٥٥٠ كانت مدة باردة ورطبة ومن ١٨٠٠– ١٩٠٠ كانت باردة ورطبة. **(الجبوري، ١٩٩٦)**

٢- **دراســـة يوســـف محمد علي الهذال:** التي ركزت على التذبذب والاتجاه في عناصـــر وظواهر مناخ العراق خلال مدة التسـجيل المناخي الذي وجد فيها بان مناخ العراق خلال مدة التسـجيل المناخي قد استقر بدون تغير منذ ٥٠٠٠ سنة ولحد الان وان ما يحصـل هو تذبذب في احوال الطقس والمناخ، كما وجد بان التذبذب والتغير في نشاط الشمس هو المسؤول عن حالة التذبذب المناخي في اقل من ١٠٠ عام . ولاحظ بأن اهم العوامل والضوابط المناخية المتغيرة زمانيا التي تؤثر في مناخ العراق هي (اعداد البقع الشـمسـية , تكرار الكتل الهوائية , تكرار المنخفضـات الجوية , وتكرار التيار النفاث). **(الهذال، ١٩٩٩)**

مفهوم التغير المناخي اسبابه وآثاره

يشـــير التغير المناخي إلى التحولات طويلة الأجل في درجات الحرارة وأنماط الطقس. على الرغم من أن هذه التحولات قد تكون طبيعية (بسبب تغيرات في النشاط الشمسي أو الانفجارات البركانية الكبيرة)، فإن الأنشطة البشرية هي المحرك الرئيسي للتغير المناخي منذ القرن التاسع عشر (**الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ، ٢٠٠٧، ص١٤٥**).

الأسباب الرئيسية للتغير المناخي

السبب الأساسي والأكبر للتغير المناخي هو الأنشطة البشرية التي تؤدي إلى زيادة انبعاثات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، ما يحبس حرارة الشـــمس ويؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض (الاحتباس الحراري) (**سلامة، ٢٠١٠، ص٤٥**):-

١. **حرق الوقود الأحفوري:** يعتبر حرق الفحم والنفط والغاز لتوليد الكهرباء والحرارة وتشـغيل وسـائل النقل أكبر مصدر لانبعاثات غازات الدفيئة، خاصة ثاني أكسيد الكربون (CO_2).
٢. **إزالة الغابات:** تساهم إزالة الغابات في إطلاق ثاني أكسيد الكربون المخزن في الأشجار عند قطعها وحرقها. فالأشجار تلعب دوراً حيوياً في امتصاص CO_2.
٣. **الأنشـطة الزراعية:** تُطلق ممارسـات الزراعة وتربية الماشـية غازات دفيئة قوية مثل الميثان (من الجهاز الهضمي للمواشي) وأكسيد النيتروز (من استخدام الأسمدة).
٤. **الأنشطة الصناعية:** تنتج العديد من العمليات الصناعية غازات دفيئة كجزء من عمليات التصنيع.

الآثار المدمرة للتغير المناخي

تتعدد آثار التغير المناخي وتؤثر على جميع جوانب البيئة وصحة الإنسان والمجتمعات (**جبور، ٢٠٠٣، ص٣١**):-

١. **ارتفاع درجات الحرارة:** تتزايد موجات الحر والأيام الحارة في جميع مناطق اليابســـة، ما يزيد من الأمراض المرتبطة بالحرارة ويسهم في انتشار حرائق الغابات.
٢. **عواصـــف وفيضـــانات أشـــد:** مع ارتفاع درجات الحرارة، يزداد تبخر المياه، مما يؤدي إلى تفاقم هطول الأمطار الغزيرة وزيادة حدة وتكرار العواصف المدمرة والأعاصير.
٣. **تأثيرات على المياه والجليد:** يؤدي ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى ذوبان الأنهار الجليدية والصفائح الجليدية وارتفاع مستوى سطح البحر، ما يهدد المناطق الساحلية المنخفضة.
٤. **تهديد الأمن الغذائي:** تؤثر التغيرات في أنماط الطقس، مثل الجفاف والفيضـــانات، على إنتاجية المحاصيل الزراعية وتقلص مساحات الرعي، مما يزيد من أزمات الغذاء وسوء التغذية.

٥. **المخاطر الصحية:** يزيد تغير المناخ من انتشار الأمراض المنقولة بالنواقل (مثل الملاريا وحمى الضنك) ويؤثر على جودة الهواء والماء، ما يزيد من مشاكل الجهاز التنفسي والهضمي.

جدول (٢) معدل درجة الحرارة وكمية الامطار السنوية ونوع المناخ حسب تصنيف (Coppen 1936) في منطقة الدراسة ما بين (٢٠١٠-٢٠٢٤م)

المقياس	الفترة الزمنية	اعلى معدل سنوي	ادنى معدل سنوي
متوسط درجة الحرارة السنوية	٢٠١٠-٢٠٢٤	٢٤.٤٧ م	٢٣.٨٥ م
متوسط الهطول السنوي	٢٠١٠-٢٠٢٤	٢٠٣.٩١ ملم	١٩٤.٢٥ ملم

(بيانات المناخية لمحطة الارصاد الجوية في بغداد, ٢٠٢٤م).

يُصنَّف مناخ العراق بشكل عام ضمن مجموعة المناخات الجافة (B) وفقًا لتصنيف كوبن، ويتوزع على الأقاليم التالية: **(محمد والشطاوي، دون سنة، ص٢٠١)**

١. **المناخ الصحراوي الحار (BWh):** وهو السائد في الأجزاء الوسطى والجنوبية الغربية، ويتميز بصيف شديد الحرارة وجاف وشتاء معتدل وقليل الأمطار.

٢. **مناخ السهوب الحار (BSh):** يوجد في المناطق الانتقالية، ويتميز بأمطار شتوية أعلى قليلاً من المناخ الصحراوي.

٣. **مناخ البحر الأبيض المتوسط (Csa / Csb):** يوجد في المنطقة الشمالية والشمالية الشرقية (كردستان)، ويتميز بصيف حار وجاف (Csa) أو معتدل وجاف (Csb) وشتاء بارد وممطر.

ويبرز تصنيف كوبن التباين الكبير في العراق بناءً على عنصري الحرارة والأمطار عبد، ٢٠١٩, ص٣٤٢:

١. المناخ الصحراوي (BWh, BSh):

- **الحرارة:** معدلات حرارة سنوية مرتفعة جدًا، خاصة في الصيف حيث تصل درجات الحرارة العظمى في تموز/يوليو وآب/أغسطس إلى approx 50^\circ C\ في بعض المحطات الجنوبية.
- **الأمطار:** شحيحة جدًا، يتراوح معدلها السنوي بين ٥٠ و ٢٠٠ ملم، وتتركز في أشهر الشتاء.

٢. مناخ البحر المتوسط (Csa / Csb):

- **الحرارة:** صيف حار أو معتدل، وشتاء بارد تنخفض فيه درجات الحرارة إلى ما يقارب التجمد.
- **الأمطار:** أكثر غزارة، حيث قد تصل معدلاتها السنوية إلى ٤٠٠ - ٦٠٠ ملم، وقد تتجاوز \mathbf{1000}\ ملم في بعض المناطق الجبلية، وتكون على شكل أمطار وثلج.

استخدام الذكاء الاصطناعي كأداة لمواجهة التغير المناخي

أولاً : ماهية الذكاء الاصطناعي

يُعرَّف الذكاء الاصطناعي (AI) بأنه ذلك الفرع من علوم الحاسوب الذي يهدف إلى تطوير أنظمة وبرامج قادرة على محاكاة القدرات الذهنية والسلوك الذكي الذي يتميز به الإنسان، وتوظيف هذه القدرات لأداء مهام معقدة. وبشكل أساسي، يسعى الذكاء الاصطناعي لجعل الآلات قادرة على "التفكير" والتعلم والاستنتاج والتعامل مع الغموض، بدلاً من مجرد تنفيذ التعليمات المبرمجة بشكل صريح (**Smith, 2019, p.4**).

ثانياً : ابرز التطبيقات المستخدمة للذكاء الاصطناعي لمواجهة التغير المناخي

١. تحليل البيانات وتوقيع الظواهر الجوية

تعتمد تطبيقات الذكاء الاصطناعي على تقنيات مثل التعلم الآلي (Machine Learning) والشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks) لمعالجة كميات هائلة من البيانات الجوية، مما يسمح لها بالتعرف على الأنماط المعقدة وغير الخطية التي يصعب على النماذج التقليدية رصدها من خلال: (**New study finds most communities will encounter heavy rainfall, 2023, net**)

- تحليل البيانات الضخمة (Big Data Analysis):

يقوم الذكاء الاصطناعي بمعالجة وتصنيف البيانات الواردة من مصادر متعددة مثل الأقمار الصناعية (لمراقبة حركة السحب ودرجات الحرارة والرطوبة)، والرادارات (لتحديد شدة واتجاه الأمطار والعواصف)، ومحطات الرصد الأرضية، والبيانات المناخية التاريخية (الأرشيف). هذه القدرة تزيد من سرعة وكفاءة التحليل.

- التنبؤات الدقيقة والسريعة:

يمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي، مثل Pangu-Weather وGraphCast و2 WeatherNext من Google، توليد توقعات جوية دقيقة على المدى القصير والمتوسط بسرعة أكبر بكثير وبتكلفة حوسبة أقل من النماذج العددية التقليدية التي تتطلب حواسيب عملاقة.

٢. التنبؤ بتأثيرات تغير المناخ على البيئة

الذكاء الاصطناعي يمثل ثورة في تحليل البيانات الجوية والتنبؤ بتأثيرات تغير المناخ ويمثل الذكاء الاصطناعي (AI) والتعلم الآلي تحولاً جذرياً في فهمنا للأنظمة البيئية والمناخية، حيث يوفر أدوات غير مسبوقة لتحليل كميات ضخمة من البيانات المعقدة، مما يعزز قدرتنا على التنبؤ الدقيق بالظواهر الجوية ونمذجة التأثيرات المستقبلية لتغير المناخ على البيئة إذ يستخدم الذكاء الاصطناعي لتعزيز قدرات الأرصاد الجوية وتحسين دقة وسرعة التوقعات من خلال معالجة البيانات الضخمة والكفاءة إذ يعمل الذكاء الاصطناعي على معالجة وتصنيف البيانات الواردة بشكل مستمر من الأقمار الصناعية،

الرادارات، ومحطات الرصد الأرضية. هذه القدرة تسمح لنماذج الذكاء الاصطناعي بتحديد الأنماط المعقدة غير الخطية في الغلاف الجوي بسرعة فائقة، متجاوزة حدود النماذج العددية التقليدية , كما يقوم بالتنبؤ بالطقس قصير المدى (Nowcasting): تُستخدم نماذج التعلم العميق لإنتاج توقعات آنية دقيقة للظواهر الحادة، مثل البرَد، الرياح العاتية، وهطول الأمطار الغزيرة، وهي أمور حاسمة لإصدار تحذيرات مبكرة لإنقاذ الأرواح والممتلكات. فضلاً عن التعرف عن نمذجة الظواهر القاسية إذ يساهم الذكاء الاصطناعي في تتبع وتوقع مسار وقوة الأعاصير والعواصف الرعدية بدقة متزايدة، ويساعد في تصحيح الأخطاء المنهجية (Biases) في النماذج الجوية لزيادة موثوقية التوقعات. بالإضافة إلى الطقس اليومي، يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً محورياً في رسم صورة واضحة للتداعيات البيئية طويلة المدى لتغير المناخ من خلال تعزيز النماذج المناخية إذ يساعد الذكاء الاصطناعي في دمج بيانات مناخية وبيئية متعددة المصادر لتشغيل سيناريوهات مستقبلية أكثر دقة (مثل سيناريوهات ارتفاع درجة الحرارة أو زيادة الانبعاثات) **(Abu Rayhan & Rayhan, 2023, net)**، مما يمكّن العلماء من تحسين فهمهم للتفاعلات المعقدة داخل النظام المناخي والتنبؤ بالكوارث وتأثيراتها: يمكن للذكاء الاصطناعي التنبؤ بتواتر وشدة الكوارث المرتبطة بالمناخ، مثل موجات الجفاف التي تهدد الأمن الغذائي، والفيضانات الساحلية الناجمة عن ارتفاع منسوب سطح البحر، مما يسهل عمليات التخطيط والتكيّف , ورصد النظم البيئية إذ يستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل صور الأقمار الصناعية ورصد التغيرات في الغطاء النباتي وإزالة الغابات وذوبان الأنهار الجليدية. وفي البيئات البحرية، يُستخدم للتنبؤ بظاهرة تبييض الشعاب المرجانية ومراقبة التغيرات في درجات حرارة المحيط وحموضتها. كما يتيح الذكاء الاصطناعي إمكانية تتبع ورصد انبعاثات الغازات الدفيئة بشكل شبه فوري من مصادر مختلفة، مما يوفر أدوات قوية للمساءلة ودعم جهود التخفيف العالمية ختاماً، إن القدرة التحليلية الهائلة للذكاء الاصطناعي توفر لصناع القرار والعلماء رؤى عميقة وضرورية لتطوير استراتيجيات تكيّف مستدامة وخطط عمل بيئية فعالة، مما يجعله خط الدفاع التكنولوجي الأول في مواجهة التحديات المناخية والبيئية في القرن الحادي والعشرين. **(World Bank Group Alignment with the Paris Agreement, 2023, net)**

٣. تحسين الطاقة المتجددة

يعد التنبؤ الدقيق بإنتاج الطاقة المتجددة أمرًا بالغ الأهمية بسبب طبيعتها المتقطعة (كالرياح والشمس). يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا حاسمًا من خلال التنبؤ بالطاقة والموارد فيقوم الذكاء الاصطناعي بتحليل مجموعات هائلة من البيانات المناخية والتاريخية (سرعة الرياح، الإشعاع الشمسي، درجات الحرارة) في الوقت الفعلي , كما ان لطاقة الرياح إذ يقوم الذكاء الاصطناعي التنبؤ بسرعة الرياح واتجاهها، مما يسمح

بتوجيه توربينات الرياح ديناميكيًا لتحقيق أقصى قدر من التقاط الطاقة, كما يتوقع مستويات أشعة الشمس وظروف الطقس لـتحسين زاوية وميل الألواح الشمسية باستمرار، مما يزيد من إنتاج الكهرباء بنسبة تصل إلى ٢٥٪ في بعض المزارع المُحسّنة, فضلاً عن ذلك يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات الموقع، والطقس، والتضاريس، وعوامل التكلفة لتحديد أفضل المواقع لإنشاء مزارع الطاقة الشمسية والرياح، مما يحسّن من جدواها الاقتصادية والبيئية. كما يسمح الذكاء الاصطناعي لشركات الطاقة بجدولة الصيانة في الوقت المناسب (بدلاً من الصيانة الدورية أو التفاعلية)، مما يقلل من وقت التوقف غير المخطط له وتكاليف الإصلاحات الطارئة. وقد أفادت بعض التقارير عن خفض فترات التوقف بنسبة تصل إلى ٢٠٪. كما يوفر الذكاء الاصطناعي مجموعة أدوات تحليلية وتشغيلية متقدمة تعمل على تحويل التحديات المرتبطة بالتقطع والتوزيع في الطاقة المتجددة إلى فرص. من خلال تحسين التنبؤات، وأتمتة الصيانة، وإدارة الشبكات بذكاء، يسرّع الذكاء الاصطناعي الانتقال إلى نظام طاقة عالمي أكثر استدامة، وأكثر كفاءة، وأقل تكلفة. **(Abu Rayhan & Rayhan, 2023, net)**

٤. التعاون العالمي وابحاث المناخ

يُعد الذكاء الاصطناعي (AI) قوة دافعة بالغة الأهمية في تسريع وتعميق أبحاث المناخ العالمية؛ فبفضل خوارزميات التعلم الآلي والشبكات العصبية، يستطيع الذكاء الاصطناعي معالجة وتحليل الكميات الهائلة (Big Data) من البيانات المعقدة التي تُجمع من الأقمار الصناعية، ونماذج المحاكاة، وأجهزة الاستشعار البيئية على نحو يفوق القدرة البشرية والتقليدية، مما يمكنه من تحسين دقة وسرعة النماذج المناخية والتنبؤات الجوية طويلة وقصيرة الأمد. كما يساهم الذكاء الاصطناعي بشكل فعال في اكتشاف الأنماط المعقدة والروابط السببية داخل النظام المناخي التي قد تكون غير واضحة بالتحليل الإحصائي التقليدي، ويُستخدم أيضاً في مراقبة ورصد التغيرات البيئية مثل انبعاثات الغازات الدفيئة، ذوبان الجليد، وحرائق الغابات بدقة عالية، وفي النهاية، يدعم الذكاء الاصطناعي صناع القرار بتوفير توقعات أكثر دقة وواقعية للكوارث الطبيعية (كالأعاصير والفيضانات) وتقديم توصيات مُحسَّنة لتطوير حلول التخفيف (مثل تحسين كفاءة الطاقة في الشبكات الذكية) والتكيف (مثل إدارة الموارد المائية والزراعة المستدامة) مع آثار التغير المناخي. **(AI in Weather Forecasting, Prediction and Communication, 2023, net)**

٥. استراتيجيات التكيف مع تغير المناخ

يلعب الذكاء الاصطناعي (AI) دوراً محورياً وحاسماً في جهود التكيف مع تغير المناخ (Climate Adaptation) من خلال تزويد المجتمعات وصناع القرار بالأدوات والتحليلات المتقدمة اللازمة للتخفيف

من المخاطر البيئية والاقتصادية والاجتماعية المتزايدة. يعتمد هذا الدور بشكل أساسي على قدرة الذكاء الاصطناعي الفائقة في معالجة وتحليل البيانات الضخمة (Big Data) القادمة من الأقمار الصناعية، وأجهزة الاستشعار الأرضية، وسجلات الطقس التاريخية، ونماذج المناخ المعقدة. يتيح ذلك للذكاء الاصطناعي تطوير أنظمة إنذار مبكر أكثر دقة وفعالية للتنبؤ بالظواهر الجوية المتطرفة، مثل الفيضانات، والجفاف، وموجات الحر، والأعاصير، مما يمنح وقتاً أطول للاستجابة والإخلاء وتقليل الخسائر في الأرواح والممتلكات . كما يُسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الموارد الطبيعية؛ ففي قطاع الزراعة، يمكنه تحديد أنسب المحاصيل للمناطق المتضررة، وتوقع الحاجة إلى الري، وتحسين استخدام الأسمدة لتعزيز المرونة الغذائية. وفي قطاع المياه، يُستخدم لتحسين إدارة الخزانات وتوزيع المياه بكفاءة أكبر بناءً على التنبؤات المناخية. علاوة على ذلك، يُمكّن الذكاء الاصطناعي من تخطيط البنية التحتية المقاومة للمناخ من خلال تحليل السيناريوهات المستقبلية وتحديد نقاط الضعف في شبكات الطاقة والمواصلات والمناطق الحضرية، مما يدعم اتخاذ قرارات استثمارية مستنيرة لزيادة صلابة المدن الساحلية المعرضة لارتفاع مستوى سطح البحر أو المناطق المعرضة للفيضانات، ليكون بذلك الذكاء الاصطناعي محفزاً أساسياً للانتقال من الاستجابة السلبية إلى التخطيط الاستباقي لمواجهة التحديات المناخية المتزايدة **(New study finds most communities will encounter heavy rainfall, 2023, net).**

٦. مراقبة ومكافحة إزالة الغابات

يلعب الذكاء الاصطناعي (AI) دوراً محورياً ومتنامياً في مراقبة ومكافحة إزالة الغابات عبر تسخير قدراته الفائقة في تحليل كميات هائلة من البيانات المعقدة بسرعة ودقة لا يستطيعها الإنسان. يتم ذلك بشكل أساسي من خلال الرصد في الوقت شبه الحقيقي (Near Real-Time Monitoring)، حيث تقوم خوارزميات التعلم الآلي بمعالجة وتحليل صور الأقمار الصناعية عالية الدقة وصور الطائرات بدون طيار باستمرار هذا يسمح للنماذج بتحديد ورسم خرائط لمناطق إزالة الغابات وتدهور الغابات وتغيرات الغطاء الأرضي فور حدوثها تقريباً، والكشف عن أنماط القطع غير القانوني وتتبع حركة الآليات والمركبات داخل المناطق المحمية , فضلاً عن الرصد، لذا يوفر الذكاء الاصطناعي أدوات للتنبؤ، حيث يمكنه تحليل البيانات التاريخية والبيئية (مثل أنماط استخدام الأراضي، وتطور البنية التحتية، والكثافة السكانية، والظروف المناخية) لتحديد المناطق المعرضة لخطر إزالة الغابات في المستقبل. هذا التنبؤ الاستباقي يتيح للسلطات ومنظمات الحفاظ على البيئة تخصيص الموارد بشكل أكثر فعالية، واستهداف التدخلات الوقائية، وتعزيز الدوريات في النقاط الساخنة قبل وقوع الضرر , كما يُستخدم الذكاء

الاصطناعي في تحليل البيانات الصوتية المجمّعة بواسطة أجهزة استشعار صوتية توضع في الغابات، للكشف عن أصوات المناشير أو المعدات الثقيلة التي تشير إلى نشاط قطع الأشجار غير القانوني أو الصيد، وإرسال تنبيهات فورية للجهات المعنية لتمكين الاستجابة السريعة والتصدي للمخالفات. كما يمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي أن تساهم في إدارة حرائق الغابات من خلال تتبع جفاف الغطاء النباتي وتقلبات درجات الحرارة والرياح، مما يمكن من التنبؤ باندلاع الحرائق واتخاذ الإجراءات الوقائية. بشكل عام، يعمل الذكاء الاصطناعي على أتمتة وتحسين عملية جمع وتحليل البيانات البيئية، مما يحولنا من مستجيبين سلبيين إلى حماة استباقيين لغابات الكوكب، كما يُمكّن من تقييم الأثر البيئي ومراقبة التنوع البيولوجي. **(New study finds most communities will encounter heavy rainfall, 2023, net)**

النتائج

١. يمتلك الذكاء الاصطناعي إمكانات فعالة جدًا للتخفيف من التغير المناخي في العراق، لا سيما في ترشيد استخدام المياه في الزراعة وتحسين كفاءة الطاقة.
٢. يواجه التطبيق العملي لهذه التقنيات تحديات كبيرة تتمثل في نقص البيانات المتاحة والمنظمة، وضعف البنية التحتية الرقمية والاحتياج إلى تطوير الكفاءات التقنية المتخصصة.
٣. تطبيق الذكاء الاصطناعي لا يساهم فقط في التخفيف من التغير المناخي (خفض الانبعاثات)، ولكنه يساهم أيضًا في التكيف معه (إدارة شح المياه وتوقع الظواهر الجوية المتطرفة).
٤. يتركز الأثر الأكبر للذكاء الاصطناعي في العراق على التكيف مع ندرة المياه أكثر من التركيز على خفض الانبعاثات الكربونية في الوقت الحالي.

التوصيات

١. إنشاء منصة بيانات مناخية وطنية موحدة يجب أتمتة جمع بيانات الطقس، وجودة الهواء، ومستويات المياه، واستهلاك الطاقة في منصة مركزية واحدة (Data Lake) يمكن لخوارزميات الذكاء الاصطناعي الوصول إليها وتحليلها بسهولة.
٢. تشجيع الشركات المحلية والدولية المتخصصة في الذكاء الاصطناعي لإقامة مشاريع تجريبية (Pilot Projects) في محطات الطاقة أو المزارع الكبرى.
٣. تخصيص موارد لتبني تقنيات الزراعة الدقيقة (Precision Agriculture) باستخدام الذكاء الاصطناعي في مناطق السهل الرسوبي لتوفير (20–30%) من مياه الري.

٤. فرض اســـتخدام خوارزميات الذكاء الاصـــطناعي في جميع المشـــاريع الجديدة لجمع الغاز المصاحب (Gas Flaring Reduction) لضمان أعلى كفاءة تشغيلية.

المصادر

أولاً: المصادر العربية

١. البيانات المناخية لمحطة الارصاد الجوية في بغداد. (٢٠٢٤).

٢. جبور، الياس (٢٠٠٣). ***الكوارث المناخية في الجمهورية العربية السورية (الجفاف)***. دمشق: دار الرضا للنشر.

٣. الجبوري، احمد طه شهاب (١٩٩٦). ***تغير المناخ واثره على انتاجية بعض المحاصيل الزراعية في العراق***، اطروحة دكتوراه (غير منشورة). جامعة بغداد: كلية الآداب.

٤. جمهورية العراق. وزارة النقل (2024). الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصـد الزلزالي في العراق. قسم المناخ. بيانات غير منشورة.

٥. سلامة، حسن رمضان (٢٠١٠). ***جغرافية الاقاليم الجافة منظور جغرافي بيئي***. الطبعة الاولى. الأردن: دار المسيرة.

٦. عبد، قصي فاضل (٢٠١٩). التغير المناخي في درجة حرارة وامطار العراق. ***مجلة كلية التربية الاساسية للعلوم التربوية والانسانية***. ع(٤٥).

٧. محمد، سـعد جاسـم، والشـطاوي. دنيا حمزة لفتة (دون سـنة). التغير المناخي واثره على تغير درجات الحرارة في العراق. ***مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية***. ع(٥٤).

٨. الهذال، يوسف محمد علي حاتم (١٩٩٩). ***التذبذب والاتجاه في عناصر وظواهر مناخ العراق ودوريتها خلال مدة التسجيل المناخي***. اطروحة دكتوراه. جامعة بغداد: كلية التربية ابن رشد.

٩. الهيأة العامة للأنواء الجوية العراقية (٢٠٢٤). قسم المناخ.

١٠. الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ (٢٠٠٧). تقرير ***تغير المناخ***. ملخص قاعدة العلوم الفزيائية.

ثانياً: المصادر الأجنبية

1. Abu Rayhan&Shahana Rayhan. (2023). ***The role of Artificial Intelligence In climate change mitigation and adaptation***, July https://www.researchgate.net/publication/372690530_THE_ROLE_OF_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_IN_CLIMATE_CHANGE_MITIGATION_AND_ADAPTATION

2. ***Al in Weather Forecasting, Prediction and Communication***. (2023). The Weather Company. 24 July https://www.ibm.com/weather/industries/broadcast-media/ai-weather-forecasting-prediction-communication
3. Archie Smith Jr. (2019). ***Biopolitics: Look in the Lost and Found for Peace of Mind***, Springer US.
4. ***New study finds most communities will encounter heavy rainfall*** (2023). excessive heat under climate change, American Geo-physical Union, 14 September.https://phys.org/news/2023-09-communities-encounter-heavy-rainfall-excessive.html
5. ***What you need to know about World Bank Group Alignment with the Paris Agreement.*** (2023). 10 July. https://www.worldbank.org/en/news/feature/2023/07/10/what-you-need-to-know-about-world-bank-group-alignment-with-the-paris-agreement