استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال الهندسة البيئية– محطات التنقية – مراجعة

AI Applications in Environmental Engineering–Purification Plants, Review

د. ربا دحام السعيد

مدرس في كلية الهندسة المدنية

كرم السعيد — طالب في كلية الهندسة المدنية

أحمد معطي — طالب في كلية الهندسة المدنية

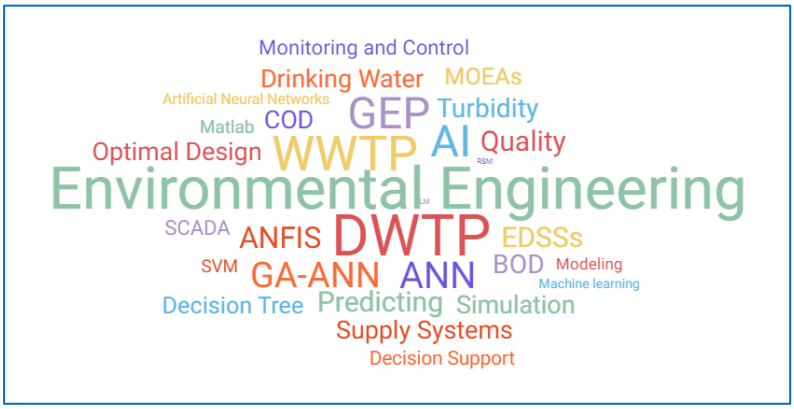
براء التتان — طالب في كلية الهندسة المدنية

الملخص:

يعتبر الذكاء الاصطناعي واحداً من أهم التطورات التكنولوجية التي تؤثر على مختلف المجالات، ومن بين تلك المجالات يأتي دوره البارز في مجال الهندسة البيئية. حيث يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم في حل العديد من المشاكل البيئية. أحد المجالات الرئيسية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في الهندسة البيئية هو التنبؤ بالتلوث ومراقبته. فباستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي يمكن تحليل البيانات المتعلقة بالتلوث البيئي والتنبؤ بمستوياته المستقبلية وتحديد مصادره وتأثيراته. كما يمكن باستخدامه تطوير نظم مراقبة بيئية ذكية تعمل على مدار الساعة للكشف عن أي تغييرات غير طبيعية في جودة الهواء أو المياه أو التربة.

يستخدم الذكاء الاصطناعي في مجال محطات تنقية المياه بطرق متعددة لتحسين كفاءة عمليات التنقية وضمان جودة المياه المعالجة. من بين أهم استخداماته في هذا المجال :تحسين عمليات مراقبة الجودة، تشغيل أنظمة مراقبة ذكية، تحسين عمليات التصميم والتشغيل، تحسين عمليات التنبؤ والصيانة الوقائية تطوير نظم تنبؤ وتحليل البيانات. وبالتالي يمكن تحسين كفاءة عمليات التنقية وضمان جودة المياه المعالجة، مما يسهم في توفير مياه نظيفة وصحية وحماية البيئة من التلوث.

الكلمات المفتاحية:

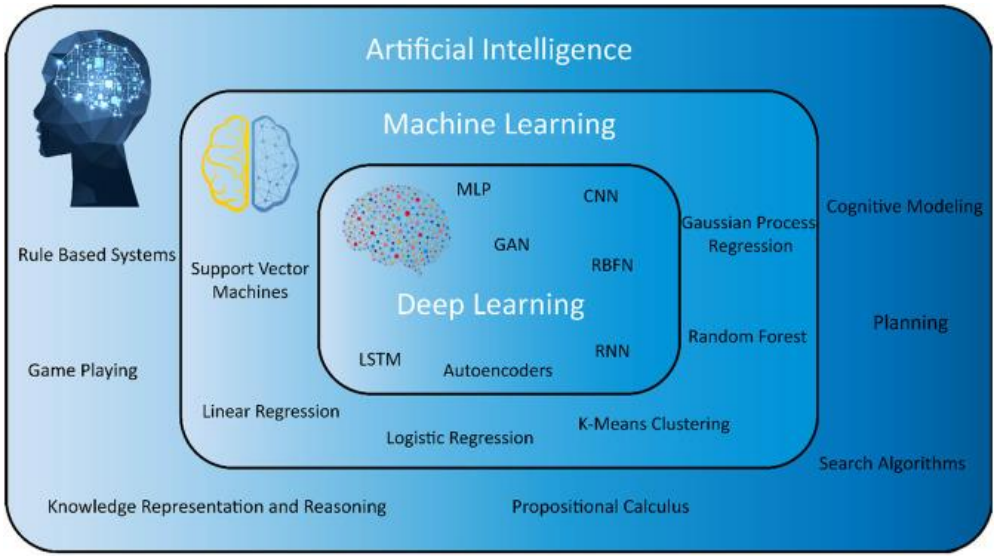


Word Cloud Chart

المقدمة:

يعد الذكاء الاصطناعي (AI) مجالاً واسعاً يشمل العلوم والهندسة والرياضيات والفيزياء والطب والكيمياء والتسويق الرقمي والعلوم الاجتماعية وغيرها. وقد أصبحت أدوات الذكاء الاصطناعي شائعة في مختلف المجالات والبحوث بسبب تطورها السريع وحلولها الفعالة. تقدم أدوات الذكاء الاصطناعي فوائد كبيرة في العديد من التخصصات، بما في ذلك العلوم البيئية والهندسة. وبعد ظهور خوارزميات التعلم العميق في عام 2010، زاد الاهتمام باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في مهام البيئة بشكل كبير.

يمكن لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي أن يعود بفوائد كبيرة على مجالات علوم البيئة والهندسة البيئية. أحد المزايا الرئيسية لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي هو قدرتها على تحليل ومعالجة كميات كبيرة من البيانات بكفاءة. تمتلك تقنيات الذكاء الاصطناعي القدرة على التفكير واتخاذ القرارات والتعلم من البيانات. كما يمكنها تحويل المعلومات الحقيقية إلى معرفة قابلة للفهم من قبل الآلة وقابلة للاستخدام واتخاذ القرارات من خلال مسارات مخططة للتحسين والبحث عن حلول. يمكن للآلات التعلم من البيانات واستخراج المعلومات وحل المشاكل والتكيف مع التغييرات وتوقع السلوك. يمكن أن تستفيد مهام الحفاظ على الطبيعة من خوارزميات تعلم الآلة التي يمكن أن تساعد في رسم البيئات الحيوية ونمذجة توزيع الأنواع ورصد صحة الغابات. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لنماذج تعلم الآلة مساعدة في عمليات اتخاذ القرار لإنشاء مناطق حظر الصيد وتنفيذ تدابير وقائية للحفاظ على التنوع البيولوجي المحلي. يبين الشكل (1) العلاقة بين الذكاء الاصطناعي، خوارزميات التعلم الآلي والتعلم العميق.



الشكل (1) الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي والتعلم العميق

تشهد تخصصات البيئة اليوم اهتماماً متزايداً باستغلال إمكانيات الذكاء الاصطناعي. تم في هذه المقالة مراجعة أحدث تطبيقات أدوات الذكاء الاصطناعي في تخصصات البيئة. يبين الشكل (2) بعض استخدامات تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات الهندسة البيئية.

مراقبة جودة المياه في الوقت الفعلي

- يمكن لأجهزة الاستشعار التي تعمل بالذكاء الاصطناعي مراقبة معلمات جودة المياه باستمرار مثل درجة الحموضة والعكارة والأكسجين المنحل والملوثات في الوقت الفعلي. وهذا يسمح بالكشف المبكر عن أحداث التلوث، مما يتيح الاستجابة في الوقت المناسب للوقاية من الأمراض المنقولة بالمياه والتدهور البيئي.

التحليلات التنبؤية للكشف عن التلوث

- يمكن لخوارزميات الذكاء الاصطناعي تحليل البيانات التاريخية حول جودة المياه ومصادر التلوث للتنبؤ بأحداث التلوث المحتملة. ومن خلال تحديد الأنماط والاتجاهات، يمكن للسلطات اتخاذ تدابير استباقية للتخفيف من المخاطر وحماية إمدادات المياه.

تحسين عمليات المعالجة

- يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين عمليات معالجة المياه من خلال تحليل مجموعات البيانات المعقدة لتحديد طرق المعالجة الأكثر كفاءة وفعالية من حيث التكلفة. يمكن أن يؤدي هذا التحسين إلى تقليل استخدام المواد الكيميائية واستهلاك الطاقة ، مما يؤدي في النهاية إلى تقليل التأثير البيئي العام.

أنظمة دعم القرار

- يمكن لأنظمة دعم القرار التي تعمل بنظام الذكاء الاصطناعي أن تساعد صانعي سياسات إدارة المياه في اتخاذ قرارات مستنيرة تتعلق بجودة المياه واستراتيجيات التنقية. يمكن لهذه الأنظمة النظر في كمية هائلة من البيانات والسيناريوهات للتوصية بالإجراءات الأكثر ملاءمة.

الكشف عن التسرب والوقاية منه

- يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل البيانات من شبكات توزيع المياه للكشف عن التسريبات والحالات الشاذة. من خلال تحديد ومعالجة التسريبات على الفور ، يمكن تقليل خسائر المياه الكبيرة ، والحفاظ على موارد المياه.

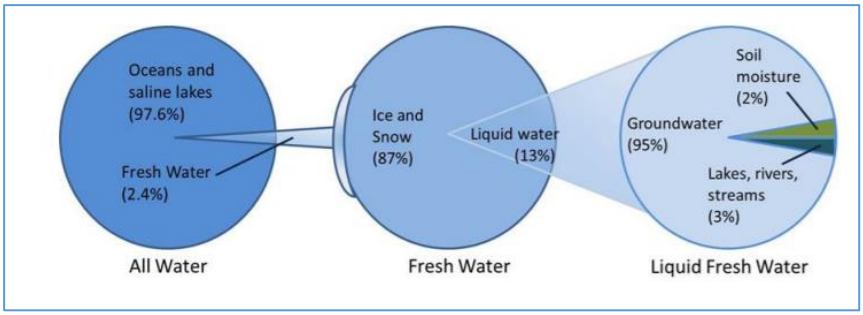
تحسين استخدام المياه

- يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل أنماط الاستهلاك وتقديم رؤى لكل من الأفراد والصناعات حول كيفية تحسين استخدام المياه. هذا يمكن أن يؤدي إلى ممارسات أكثر مسؤولية لاستخدام المياه وتقليل هدر المياه.

الشكل (2) بعض مجالات استخدامات الذكاء الاصطناعي في الهندسة البيئية

أدوات الذكاء الاصطناعي يمكنها تقييم بيانات بيئية أكثر تعقيداً، مثل توقع البيانات البيئية المكانية والزمنية أو تقييم وتوقع جودة المياه. يقوم الباحثون بتطوير خوارزميات العمق التعلم التي يمكنها فهم المعلومات التي تم جمعها بواسطة أجهزة استشعار مختلفة. تؤدي هذه الخوارزميات إلى تقدمات كبيرة في البحث البيئي، بما في ذلك نمذجة المناخ والحفاظ على الطاقة واتخاذ القرارات وأكثر من ذلك بكثير. ركزت الكثير من الدراسات (بشكل رئيسي على استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المياه، ومراقبة الأرض، والاستدامة، وإدارة النفايات [1,2,3].

يغطّي الماءُ في حالته السائلة والصّلبة أربعةَ أخماسِ عالمنا، أقل من 3 % منها صالح لأغراض الشرب [4]. يبيّن الشكل (2) توزعَ المياه على كوكب الأرض. أصبحت قضيةُ ندرة الموارد المائية قضيةً ملحةً في سياسات التنمية المستدامة على مستوى العالم. حيث سبّبت زيادةُ عدد السكان خلال العقودِ القليلة الماضية مشاكلَ حقيقيةً بسبب زيادة استهلاك المياه [5] .



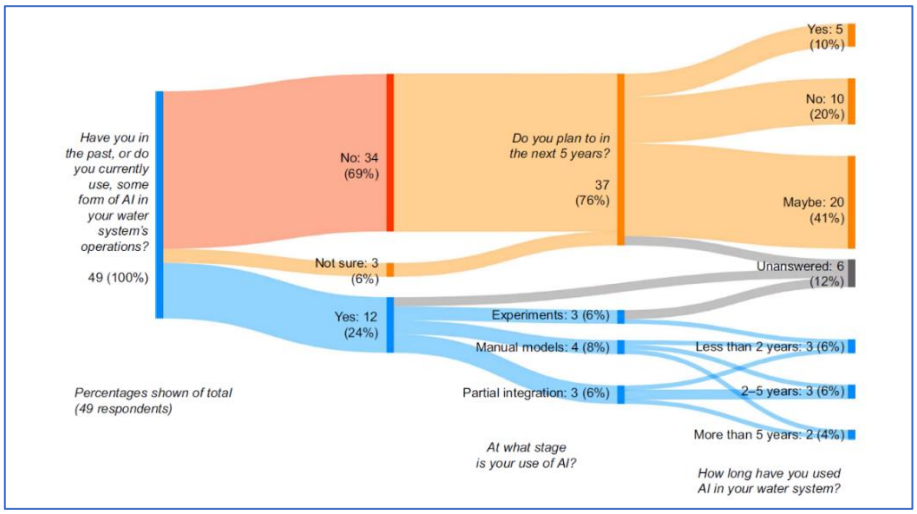
الشكل (3) توزع المياه على سطح الأرض [6]

استخدام تطبيقات الذكاء الصنعي في مجال تنقية مياه الشرب:

حظيت تطبيقات النّمذجة والتنبؤ باستخدام تقنيات الذّكاء الاصطناعي باهتمامٍ كبير في العديد من المجالات على مدار العقد الماضي. كما باتت العديد من مرافق مياه الشرب تُستثمَر في مجال التّحكم المتقدم بالعمليات، وهو ما أصبح معتمداً في الكثير من دول العالم في مجال الإدارة المسبقة للمحطات عن طريق إنشاء نماذج محاكاة وأمثلة باستخدام الذّكاء الاصطناعي. [7]

في دراسة إحصائية تمت في الولايات المتحدة، تم مسح عينة عشوائية من 49 مرفق من مرافق المياه في الولايات المتحدة لتقديم لمحة سريعة عن التقدم المحرز في مجال استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي. وجدت الدراسة أن 12 منها (24%) استخدمت شكلاً من أشكال الذكاء الاصطناعي. ومن أولئك الذين لم يفعلوا ذلك، تخطط الأغلبية لاستخدام الذكاء الاصطناعي أو قد تخطط لاستخدامه في السنوات الخمس المقبلة. لإثبات أفضل كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن ينضم إلى الأدوات الأخرى المتاحة لمساعدة المشغلين البشريين، يجب على الباحثين التركيز على أهم الدوافع والعوائق والشراكة مع مرافق المياه في دراسات حالة مقنعة لمشاريع الذكاء الاصطناعي واسعة النطاق. ستدعم هذه الخطوات المزيد من التبني المسؤول للذكاء الاصطناعي لتحسين عمليات مرافق المياه كجزء من مجتمعات أكثر استدامة [8].

كما هو موضح في الشكل (4) كانت نسبة غير المستخدمين لتطبيقات الذكاء الاصطناعي 69 % وعند تحري نسبة الراغبين منهم باستخدامه في السنوات القادمة، كانت الأجوبة كالتالي :10%، 20% و41% للإجابات نعم، لا، ربما على التتالي.



الشكل (4) ملخص الإجابات على استخدام تطبيقات AI في محطات التنقية في الولايات المتحدة

إن أهم جوانب نمذجة محطات التنقية هي النمذجة والمحاكاة المتزامنة للعكارة والألمنيوم الحر المتبقي في المياه المعالجة. تعتمد إزالة العكارة من المياه على نوع المخثر وجرعته بالإضافة إلى مواصفات المياه الخام مثل العكارة، ودرجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والقلوية [9]. يتم تحديد جرعات المخثر بشكل روتيني في الممارسة العملية باستخدام اختبار الكؤوس (Jar Test)، طور العديد من الباحثين نماذج للتنبؤ بإزالة العكارة وتحديد الجرع المثلى للمخثرات بناءً على مواصفات المياه الخام، وهذا هو الجانب الأكثر تعقيداً وأهمية في عملية التنقية [10] .

يبين الجدول (1) ملخص لبعض الدراسات في مجال تنقية مياه الشرب.

الجدول (1) ملخص لبعض الدراسات في مجال استخدام AI في محطات تنقية مياه الشرب

الخوارزمية المستخدمة	مخرجات النموذج
GA	- تحديد الجرعة الأمثل من المخثر [11] - نمذجة مركبات DBP
GEP	- نمذجة مركبات DBP [12] - تحديد الجرعة الأمثل من المخثر
ANN	- نمذجة الجرعة الأمثل من برمنغنات البوتاسيوم [13] - تحديد جرعة المخثر PAHCS [14]
SVM	- نمذجة قيم BOD , COD. [15,16] - نمذجة مركبات DBP - نمذجة مركبات TTHM
ANFIS	- نمذجة الجرعة الأمثل من المخثر
DT	- نمذجة الألمنيوم المتبقي [17]

يتمتع الذكاء الاصطناعي بالقدرة على إحداث ثورة في جودة المياه وأنظمة تنقيتها من خلال تعزيز كفاءتها ودقتها وفعاليتها بشكل عام. ومع ذلك، هناك أيضا تحديات يجب مراعاتها مع اعتماد الذكاء الاصطناعي في جودة المياه وأنظمة تنقيتها. تعد خصوصية البيانات وأمنها والحاجة إلى موظفين مهرة لإدارة وتفسير أنظمة الذكاء الاصطناعي من بين الاهتمامات التي يجب معالجتها. وبشكل عام، يمكن أن يؤدي دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة جودة المياه وتنقيتها إلى تحسين إدارة المياه بشكل كبير، مما يجعلها أكثر كفاءة واستدامة ومرونة في مواجهة تحديات المياه العالمية المتزايدة.

المراجع:

[1] Andeobu, L., Wibowo, S., & Grandhi, S. (2022). **Artificial intelligence applications for sustainable solid waste management practices in Australia**: A systematic review. Science of The Total Environment, 834, 155389.

[2] Robbins, S., & van Wynsberghe, A. (2022). **Our new artificial intelligence infrastructure: becoming locked into an unsustainable future**. Sustainability, 14(8), 4829.

Rapp, A. H., Capener, A. M., & Sowby, R. B. (2023). **Adoption of Artificial Intelligence in Drinking Water Operations: A Survey of Progress in the United States**. Journal of Water Resources Planning and Management, 149(7), 06023002.

[3] Haupt, S. E. , and Coauthors, 2020: **Combining artificial intelligence with physics-based methods for probabilistic renewable energy forecasting**. Energies, 13, 1979.

[4] Ibrahim, Karim Sherif Mostafa Hassan, et al. (2022). **A review of the hybrid artificial intelligence and optimization modelling of hydrological streamflow forecasting**. Alexandria Engineering Journal 61.1: 279-303.

[5] Daghbandan, A., Khalatbari, S., & Abbasi, M. M. (2019). **Applying GMDH-type neural network for modeling and prediction of turbidity and free residual aluminium in drinking water**. Desalination and Water Treatment, 140, 118-131.

[6] Akinmolayan, F. (2017). **Mathematical modelling of clean water treatment works** (Doctoral dissertation, UCL (University College London)).

[7] Li, D. J., Li, Y. Y., Li, J. X., & Fu, Y. (2018). **Gesture recognition based on BP neural network improved by chaotic genetic algorithm**. International Journal of Automation and Computing, 15(3), 267-276.

[8] Rapp, A. H., Capener, A. M., & Sowby, R. B. (2023). **Adoption of Artificial Intelligence in Drinking Water Operations: A Survey of Progress in the United States**. Journal of Water Resources Planning and Management, 149(7), 06023002.

[9] LUSARDI, P. J.; CONSONERY, P. J. (1999). **Factors affecting filtered water turbidity**. Journal American Water Works Association. v. 91, n. 12, p. 28 – 40.

[10] ABIDEEN, M. B. Z. (2016). **OPTIMISATION OF COAGULATION PROCESS IN WATER TREATMENT PLANT USING STATISTICAL APPROACH** (Doctoral dissertation, Universiti Teknologi Malaysia).

[11] Achite, M., Samadianfard, S., Elshaboury, N., & Sharafi, M. (2023). **Modeling and optimization of coagulant dosage in water treatment plants using hybridized random forest model with genetic algorithm optimization. Environment**, Development and Sustainability, 25(10), 11189-11207.

[12] Ling, W.-K. **Nonlinear Digital Filters**; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2007.

[13] Godo Pla, L. (2020). **Design and implementation of an environmental decision support system for the control and management of drinking water treatment plants**.

[14] Kim, C. M., & Parnichkun, M. (2017). **Prediction of settled water turbidity and optimal coagulant dosage in drinking water treatment plant using a hybrid model of k-means clustering and adaptive neuro-fuzzy inference system**. Applied Water Science, 7(7), 3885-3902.

[15] Nourani, V., Zonouz, R. S., & Dini, M. (2023). **Estimation of prediction intervals for uncertainty assessment of artificial neural network-based wastewater treatment plant effluent modeling**. Journal of Water Process Engineering, 55, 104145.

[16] Nourani, V.; Asghari, P.; Sharghi, E. **Artificial Intelligence based ensemble modeling of Wastewater Treatment Plant using jittered data**. J. Clean. Prod. **2021**, 291, 125772

[17] Alsaeed, R., Alaji, B., Ibrahim, M. (2023). **Predicting aluminium using full-scale data of a conventional water treatment plant on Orontes River by ANN, GEP, and DT**. International Journal of Water, 2023 Vol.15 No.3, pp.190 - 206