التباين المكاني لكميات النفايات الصلبة في العراق (مدينة الهاشمية) انموذجا والتنبؤ المستقبلي باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

أ.د. اميرة محمد علي حمزة الاسدي[1]، أ.د. هضاب خالد الجبوري، الباحث امير عبد الله محمد الجحيشي[3]
كلية التربية للعلوم الانسانية –قسم الجغرافية /جامعة بابل/ وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Hum.ameera.muhmmed@uobabylon.edu.iq[1]
hedhab@uobabylon.edu.iq[2]

الخلاصة
تواجه مشكلة النفايات الصلبة تحديات كبيرة في العالم، وخوصا المناطق الحضرية وذلك بسبب النمو السكاني السريع وتقلص المناطق المفتوحة، إضافة إلى غياب استراتيجيات وسياسات وطنية فعالة في إدارة النفايات، هذه الأزمة تؤثر بشكل مستمر على السلع الاستهلاكية للفرد اذ يؤدي هذا التراكم المستمر الى تكوين النفايات الصلبة منها المنزلية ومخلفات البناء والانشاء و المخالفات الصناعية والتجارية والزراعية والصحية والشوارع ...الخ) لقد أدت ندرة البنى التحتية لإدارة النفايات إلى جعل توليد النفايات البلدية الصلبة المستمر والحاد مسألة مثيرة للقلق بالنسبة لواضعي السياسات وأصحاب المصلحة على الصعيدين المحلي والدولي، حيث أن الصحة العامة والبيئة مهددتان. كما يمكن ان تصبح هذه النفايات من الموارد الاقتصادية إذا تم اعادت تدويرها للفائدة من المواد التي تستخرج منها (الورق والبلاستيك والمعادن والزجاج وغيرها) اذ تعتبر مدينة الهاشمية من المدن العراقية التي تعاني من تراكم كمية النفايات الصلبة، وبرزت بشكل كبير نتيجة عدم صرف المخصصات المالية للمدينة وهذا ما يؤدي الى تقصير الواضح في خدمة بلدية المدينة في ادارة النفايات الصلبة والتخلص منها في موقع الطمر. إن التوقعات الموثوقة لمعدل توليد النفايات البلدية الصلبة وتكوينها أمر أساسي للغاية وبالتالي، فإن التخطيط المناسب لإدارة النفايات الصلبة البلدية عن طريق التنبؤ مطلوب لنظام مستدام لإدارة النفايات الصلبة في المستقبل وجاءت هذه الدراسة للتطرق الى النفايات الصلبة في مدينة الهاشمية والتنبؤ بكمياتها المستقبلية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. تتضمن الدراسة مرحلتين من العمل، المرحلة الأولى هي الاختيار الأنسب والأكثر ملائمة لاماكن الطمر وذلك باستخدام المعايير العالمية والقياسية للطمر وتم باستخدام تقنيات نظام المعلومات الجغرافية GIS اما المرحلة الثانية فقد تم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بكميات النفايات بالاعتماد على البيانات التاريخية التي تم الحصول عليها من بلدية المدينة، وخلصت الدراسة الى مجموعة من التوصيات والنتائج المتعلقة لبيان الحقائق والحلول الملائمة لها.

Spatial Variation of Solid Waste Quantities in Hashemite City and Future Forecasting Using Artificial Intelligence Techniques

Abstract
Solid waste is facing major challenges in the world, especially urban areas, due to rapid population growth and shrinking open areas, in addition to the absence of effective national strategies and policies in waste management. This crisis continuously affects individual consumer goods, as this continuous accumulation leads to the formation of solid waste, including household waste, construction and building waste, industrial, commercial, agricultural, health and street violations, etc. The scarcity of waste management infrastructure has made the continuous and acute generation of municipal solid waste a matter of concern for policy makers and stakeholders at the local and international levels, as public health and the environment are threatened. This waste can also become an economic resource if it is recycled to benefit from the materials from which it is extracted (paper, plastic, metals, glass, etc.). Al-Hashimiya is one of the Iraqi cities that suffers from the accumulation of solid waste, and it has emerged significantly as a result of the failure to disburse financial allocations to the city, which leads to a clear failure in the city municipality's service in managing solid waste and disposing of it in the landfill site. Reliable forecasts of municipal solid waste generation rate and composition are very essential and therefore, proper planning for municipal solid waste management by forecasting is required for a sustainable solid waste management system in the future. This study came to address solid

waste in Al-Musayyib city and predict its future quantities using artificial intelligence techniques. The study includes two stages of work, the first stage is the selection of the most appropriate and suitable landfill sites using international and standard landfill standards and was done using GIS techniques. The second stage used artificial intelligence techniques to predict waste quantities based on historical data obtained from the city municipality. The study concluded with a set of recommendations and results related to stating the facts and appropriate solutions for them.

المقدمة

تعد النفايات الصلبة من اهم المشكلات التي تعاني منها المدينة العراقية ومنها منطقة الدراسة ، اذ سوء ادارتها ومعالجتها يؤدي الى تلوث عناصر البيئة (كالتربة والماء والهواء) واستنزافها ، كما انها تعمل على تشوية منظر المدينة (التلوث البصري) ، اذ تراكمها وعدم ادارتها بشكل الصحيح يؤدي الى مخاطر تضر بالإنسان والحيوان والنباتات ، فضلا عن تراكمها بكميات كبيرة تؤدي الى انبعاث غازات سامة مثل(غاز الميثان) ، ولما تسبب من تأثير على صحة الانسان وفضلا عن انتشار الروائح الكريهة ، وتصبح بيئة لتجمع القوارض والحشرات ناقلات الامراض مثل البعوض والقوارض وغيرها ، وبسبب التقدم العلمي الكبير في مجال معالجة المشاكل التي يعاني منها المجتمع ومنطقة الدراسة ولغرض وضع خطط مستقبلية ومعالجات تم الاستعانة بتقنيات الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية GIS ، حيث تعمل نظم التحليل الالي التي تعد من التقنيات المهمة والوسائل البحثية المعاصرة والتي يمكن من خلالها الوصول الى نتائج قد تفوق مثيلتها بطرق التحليل التقليدية.

1- مشكلة البحث: - هل هناك تباين مكاني وزماني في انتاج لكميات النفايات الصلبة في احياء مدينة الهاشمية، هل يتم ادارتها ومعالجتها هل ممكن التنبؤ المستقبلي باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في كمياتها، وما هي الملائمة المكانية لمواقع الطمر الصحي للنفايات في مدينة الهاشمية؟

2- الفرضية: - هنالك تباين مكاني وزماني كبير في كمية النفايات الصلبة بين احياء المدينة وكذلك من حي سكني الى اخر والمعالجات قاصرة في المدينة مما يؤدي الى حدوث اضرار كبيرة على مستوى العناصر البيئة الطبيعية. هناك امكانية التنبؤ المستقبلي باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي.

3- هدف البحث: - يسعى البحث الى تجميع وتحليل بيانات حقيقية تم تجميعها من بلدية المدينة لغرض التعرف على الكميات التي يطرحها الفرد من النفايات، الهدف الرئيسي من البحث هو بناء نموذج للذكاء الاصطناعي يقوم بعملية التنبؤ للكميات السنوية من النفايات المطروحة يسهم في معالجة مشكلة من مشاكل المجتمع الحضري ولاسيما منطقة الدراسة.

4- حدود الدراسة:- تقع مدينة الهاشمية في محافظة بابل الواقعة في المنطقة الوسطى من العراق فلكيا بين خطي طول (30 ˚44-˚45)شرقا وبين دائرتي عرض(36 ˚32-7 ˚32)شمالا[1].وتعتبر المركز الاداري لقضاء الهاشمية و حلقة الوصل بين المحافظات الجنوبية محافظة النجف والديوانية وكربلاء وبابل الذي يحدها من الشمال ناحيتي النيل والمشروع المسيب تابع لقضاء المحاويل ومن شمال الغربي قضاء الحلة ومن الجنوب الغربي محافظة النجف الاشرف ومن الشرق محافظة واسط ومن الجنوب الشرقي محافظة الديوانية وتحتوي مدينة الهاشمية على(11) حي سكني[2] حي سكني مقسمة على ثلاثة قطاعات حسب التقسيمات الادارية لبلدية الهاشمية لعام 2023، جدول (1) و الخريطة (1).

[1] جمهورية العراق، وزارة البلديات والاشغال العامة، مديرية بلدية الهاشمية، قسم التخطيط المدن، بيانات غير منشورة.

2023.

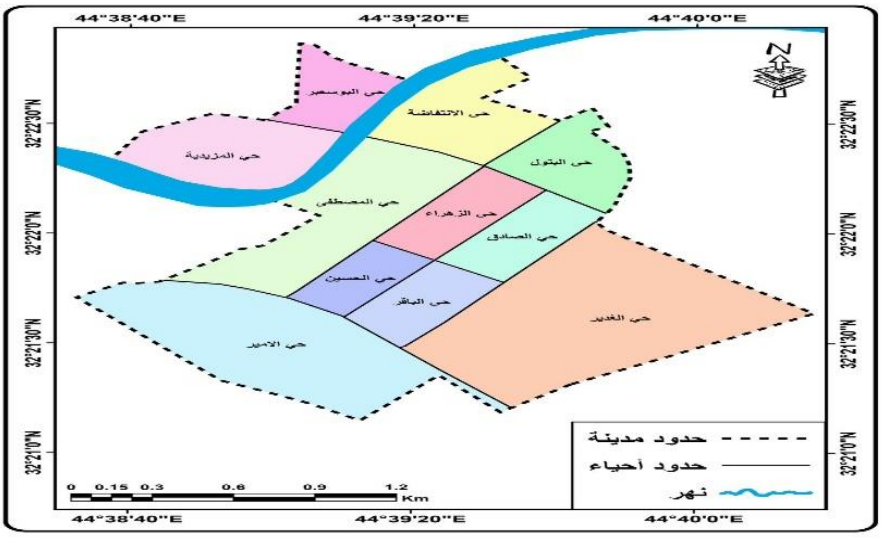
(2) هبة عباس مالك، التوجهات التنموية للقطاع السكني في مدن قضاء الهاشمية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة بابل،2022، ص8.

جدول (1) تقسيم الاحياء لمدينة الهاشمية حسب القطاعات 2023

اسم القطاع	الاحياء السكنية
قطاع الاول	حي البوسعبر –المزيدية
قطاع الثاني	حي الزهراء-الانتفاضة –البتول-المصطفى –الحسين- الامير
قطاع الثالث	حي الغدير –الصادق- الباقر

المصدر: جمهورية العراق، وزارة البلديات والاشغال العامة، مديرية بلدية الهاشمية، بيانات غير منشورة.2023.

خارطة (1) الاحياء السكنية حسب القطاعات لمدينة الهاشمية لعام 2023



المصدر: جمهورية العراق، وزارة البلديات والاشغال العامة، مديرية بلدية الهاشمية، بيانات غير منشورة.2023.

5-منهجية البحث: - لقد استخدم في الدراسة المنهج الوصفي في توضيح واقع المدينة في انتاج وادارة النفايات الصلبة، واستخدام المنهج التحليلي المستند الى استخدام التقنيات الحديثة وهي خوارزميات الذكاء الاصطناعي وبرنامج نظم المعلومات الجغرافية. GIS

اولا: - واقع ادارة النفايات الصلبة في مدينة الهاشمية

تعتبر إدارة النفايات الصلبة من أهم خدمات المحافظة على البيئة وجزء مكمل للخدمات الحضرية الأساسية ويشير إلى الإدارة المنظمة للأنشطة المتعلقة بجمع النفايات، العزل المصدري، والتخزين، والنقل، والمعاملة، والمعالجة والتخلص النهائي من النفايات الصلبة [5]. ان أهمية ضمان إدارة جيدة للنفايات الصلبة معروفة الآن على جميع المستويات سواءً على الصعيد الدولي والوطني وعلى صعيد المجتمعات المحلية بوصفها عنصراً أساسياً من عناصر التنمية المستدامة، لذا تعد إدارة النفايات الصلبة وظيفة إلزامية من قبل الهيئات المحلية الحضرية [6].

ثانيا: التباين الزماني (الشهري والسنوي) لكمية للنفايات الصلبة المطروحة في مدينة الهاشمية لعام 2023

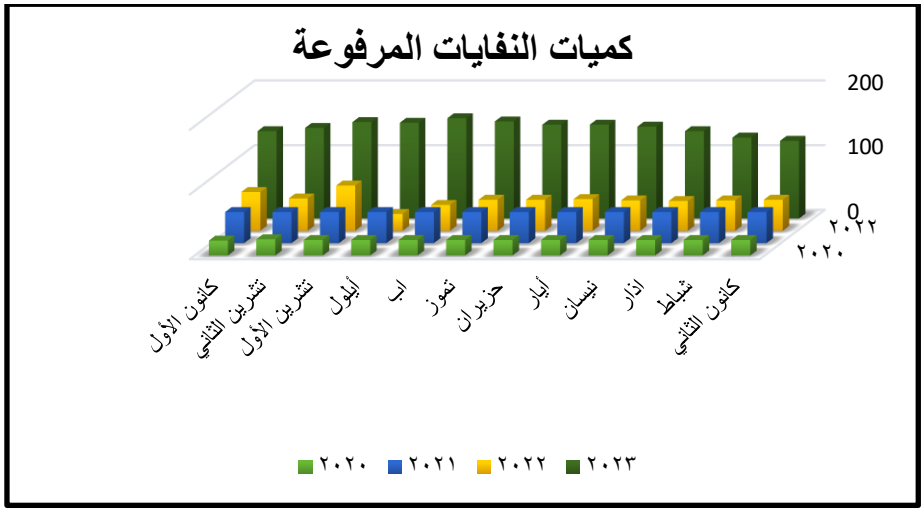
التباين **السنوي لكمية النفايات الصلبة:** اعتمدت الدراسة في التباين السنوي للنفايات في مدينة الهاشمية على بيانات تم الحصول عليها من بلدية مدينة الهاشمية ولمدة أربع سنوات متتالية، تمثل هذه البيانات كمية النفايات التي تم جمعها بشكل كامل من قطاعات واحياء المدينة. يمثل الجدول كميات النفايات لمدينة الهاشمية وعلى مدى ثلاث قطاعات واحياء المدينة، ويمثل الجدول كميات النفايات لمدينة الهاشمية وعلى مدى أربع سنوات.

جدول (2) يمثل كميات النفايات المرفوعة في مدينة الهاشمية (للسنوات 2020-2023)

السنة	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	اب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
2020	1438	1430	1465	1450	1465	1418	1420	1435	1433	1433	1435	1431
2021	1465	1465	1468	1466	1467	1469	1466	1467	1469	1467	1468	1502
2022	1507	1508	1506	1509	1510	1507	1509	1452	1542	1420	1450	720
2023	1150	1600	1660	1100	1150	1300	1500	1620	1543	1525	1535	1545

المصدر: جمهورية العراق، وزارة البلدية والاشغال العامة، مديرية بلدية الهاشمية، بيانات غير منشورة.

شكل (1) يمثل كميات النفايات المرفوعة في مدينة الهاشمية (للسنوات 2020-2023)



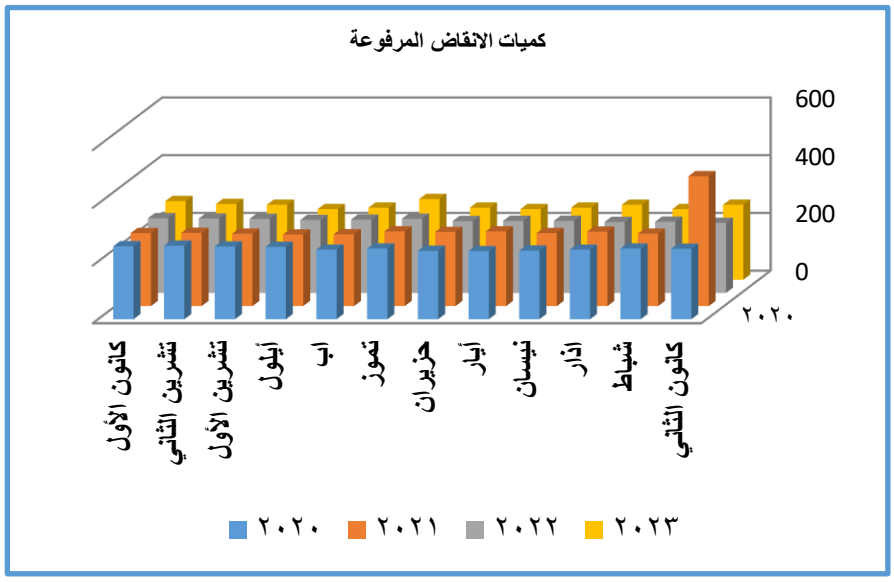
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات جدول (9).

جدول (3) يمثل كميات الانقاض المرفوعة في مدينة الهاشمية (للسنوات 2020-2023)

السنة	كـــانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	اب	أيلول	تشـرين الاول	تشـرين الثاني	كـانون الاول
2020	244	245	241	238	236	237	245	241	251	252	255	253
2021	450	251	258	253	259	257	259	249	248	251	254	253
2022	243	247	246	250	250	249	257	254	253	257	258	259
2023	260	245	260	250	245	250	280	250	245	260	263	273

المصدر: جمهورية العراق، وزارة البلدية والاشغال العامة، مديرية بلدية الهاشمية، بيانات غير منشورة.

شكل (2) يمثل كميات الانقاض المرفوعة في مدينة الهاشمية (للسنوات 2020-2023)



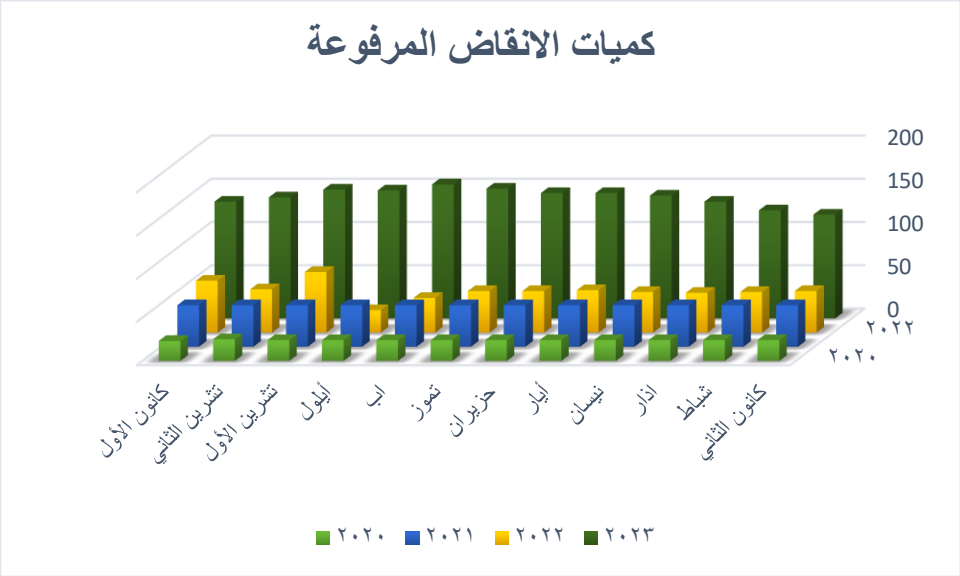
المصدر: بالاعتماد على بيانات جدول (10).

جدول (4) يمثل كميات تنظيف الشوارع في مدينة الهاشمية (للسنوات 2020-2023)

السنة	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	اب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
2020	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	23
2021	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
2022	48	47	46	47	49	48	48	40	26	70	50	60
2023	120	125	135	142	145	145	150	155	148	149	140	135

المصدر: جمهورية العراق، وزارة البلدية والاشغال العامة، مديرية بلدية الهاشمية، بيانات غير منشورة.

شكل (3) كميات النفايات من تنظيف الشوارع لمدينة الهاشمية للمدة (2020-2023).



المصدر: بالاعتماد على بيانات جدول (11)

ثالثا:- الملائمة المكانية لمواقع الطمر الصحي لكميات النفايات الصلبة في مدينة الهاشمية 2023.

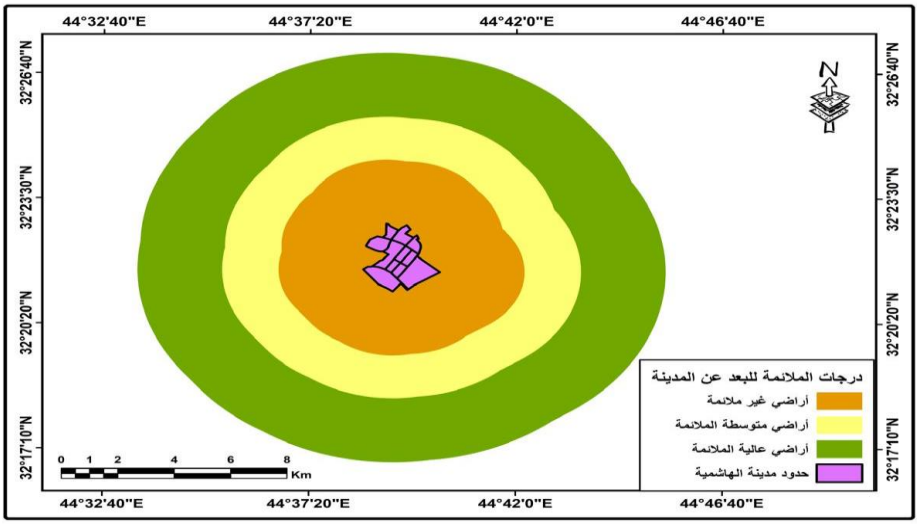
أ-البعد عن المناطق السكنية (حدود البلدية):-يعد المعيار الأكثر اهمية من بين جملة المعايير الاجتماعية والاقتصادية ، اذ من الضروري ان تكون مواقع الطمر بعيدا عن المناطق السكنية تجنبا للأضرار البيئية والصحية، اضافة الى مراعاة العامل النفسي للسكان التي قد تسببها تلك المواقع [3]، تمثلت المناطق السكنية في مدينة الهاشمية في حدود بلدية والتي ينص المعيار الاجتماعي على ان تبعد مواقع الطمر الصحي عن المناطق السكنية بحدود لا تقل عن (3 كم) ، ويفضل المناطق التي تبعد اكثر من(8كم) و في ضوء ذلك وقد قسمت منطقتي الدراسة الى ثلاثة اقسام في جدول (5) وكما موضحا في خريطة (2) لمدينة الهاشمية القسم الأول من (3كم) والذي يعتبر اقل المناطق ملائمة ، و من(3- 5 كم)الذي يعد متوسط الملائمة ومن ثم الى (8كم) فما اكثر الذي يعد ذو ملائمة عالية جدا .

جدول (5) درجة الملائمة للبعد عن حدود بلدية الهاشمية

البعد عن المناطق السكنية /كم لمدينة الهاشمية		
المعيار	المقياس	نوع الملائمة
البعد عن المدينة	3 كم	أراضي غير الملائمة
	5 كم	أراضي متوسطة الملائمة
	8 كم	أراضي عالية ملائمة

المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

خريطة (2) درجة الملائمة للبعد عن حدود بلدية الهاشمية لعام 2023



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

ب- البعد عن مجاري الأنهار: -

يفضل ان تكون مواقع المكبات بعيدة من المصادر الأساسية لمجاري الأنهار فاذا تواجدت مكبات الأنهار بالقرب من هذه المصادر او وصلت اليها عصارة المكبات عن طريق الأودية فان هذه العصارة ستختلط بالمياه وتلوثها بالمواد الكيميائية لأنها تحمل الجراثيم والبكتريا بالإضافة الى حدوث التفاعلات الأمر الذي يشكل خطراً على السكان الذين يستخدمون هذه المياه، لذا يجب وضع مكبات النفايات خارج محيط هذه المياه[4]. ونلاحظ من خلال جدول (6) لمنطقة الدراسة الى ثلاثة مستويات وكما موضح في خريطة (3) والقسم الأول من (1كم)، الذي يعد اقل المناطق ملائمة، ومن ثم الى (3كم) الذي يعتبر متوسط الملائمة ومن ثم الى (7كم) فما أكثر الذي يعد ذو ملائمة عالية جدا.

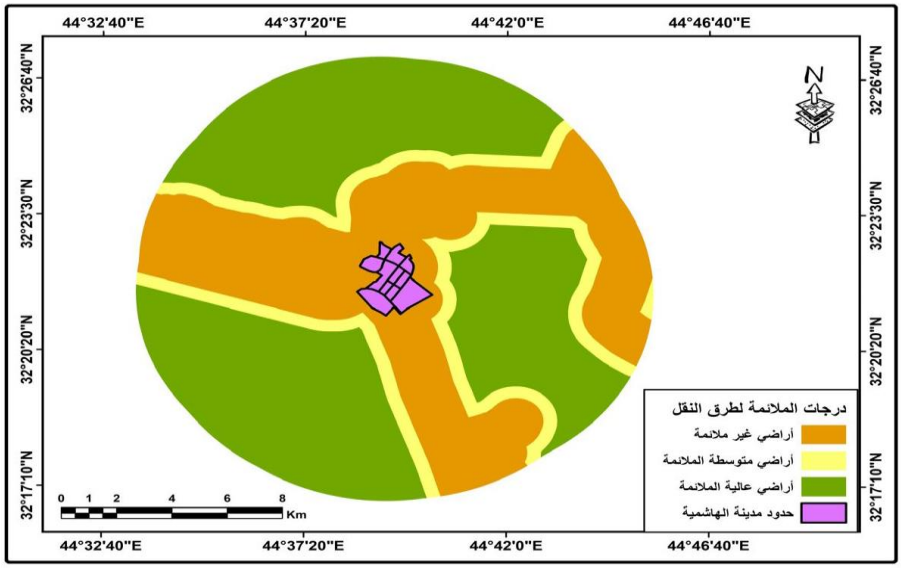
جدول (6) درجة الملائمة للبعد عن مصادر المياه لمدينة الهاشمية

البعد عن مجاري الأنهار/كم لمدينة الهاشمية		
المعيار	المقياس	نوع الملائمة
البعد عن مصادر المياه	1كم	الأراضي غير الملائمة
	3كم	أراضي متوسطة الملائمة
	7 كم	أراضي عالية ملائمة

المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

[1]عبد الحميد ايوب ،عايد محمد طاران، تحديد انسب مواقع مكبات النفايات في محافظة معان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ، مجلة منشورات علوم جغرافية ،المجلد (17)،العدد(6)،2017،ص158.

خريطة (3) درجة الملائمة للبعد عن طرق مدينة الهاشمية لعام 2023



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

ح- نوعية التربة: -

فضلت المعايير العالمية والعراقية أن يتم أنشأ مواقع المكبات في مناطق لا تصلح لاستخدام أخر في الوقت الحاضر ، حيث تم تحديد مناطق التعدين السطحية كمقالع الرمال والحصى والمنخفضات ، يتوجب عند أنشاء مكب لمعالجة النفايات أن يغطى باطنه بطبقة عازلة تمنع نفاذ السوائل المتولدة من النفايات إلى باطن الأرض للحفاض على المياه الجوفية [5]،وتم تصنيف التربة ، بتقسيمها الى ثلاث مناطق الأولى تربة احواض الأنهار ذات نفاذية رديئة التصريف والثانية التربة الأهوار والمستنقعات ذات نفاذية متوسطة والثالثة تربة قيعان الوديان ذات نفاذية، كما مبين في جدول (7) ،وما موضح في خريطة (4) لمدينة الهاشمية.

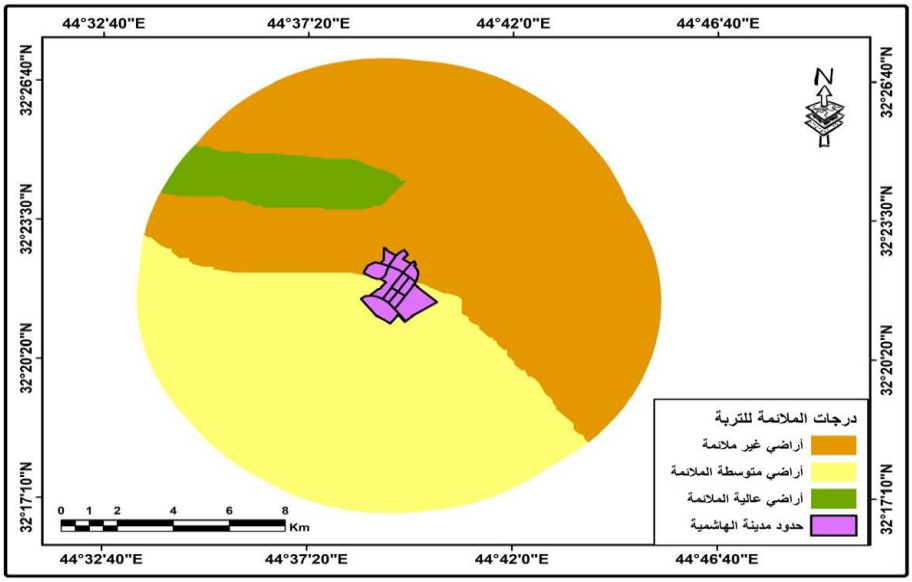
جدول (7) تصنيف الترب لمدينة الهاشمية حسب درجة ملائمتها

تصنيف الترب لمدينة الهاشمية		
المعيار	تصنيف	نوع الملائمة
التربة	ترب احواض الأنهار	الأراضي غير الملائمة
	ترب الأهوار والمستنقعات	أراضي متوسطة الملائمة
	ترب قيعان الوديان	أراضي عالية ملائمة

المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

(1)ضياء قحطان ابراهيم العكابي، تقييم مواقع مكبات النفايات في محافظة كربلاء باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ،رسالة ماجستير(غير منشورة) ،كلية التربية العلوم الانسانية ، جامعة كربلاء،2019،ص127.

خريطة (4) تصنيف الترب مدينة الهاشمية حسب درجة وملاءمتها لعام 2023



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

خ-الانحدار: -

يعرف المنحدر انه الفرق في الارتفاع بين ادني واعلى نقطة لنقاط متجاورة اي هي المسافة الأفقية بين هذه النقاط المتجاورة اما التوجيه فيعني انه عملية بصريه بسيطة لمقارنة كل النقاط المتجاورة وتحديد اي اتجاه يتبع سطح المنحدر [6]، وتفضل الأراضي المستوية لأنشاء موقع طمر النفايات عليها ، اذ تنص المعايير الدولية ان تكون الأراضي ذات انحدار يتراوح ما بين(2-15%)، تم اشتقاق نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) الخاص بمنطقة الدراسة ،حيث تم تصنيفها في ضوء درجات الانحدار لمنطقتي الدراسة في جدول(8)[7]، وخريطة (5) .

جدول (8) درجة الملائمة لمستويات الانحدار الأرض لمدينة الهاشمية حسب درجة ملائمتها

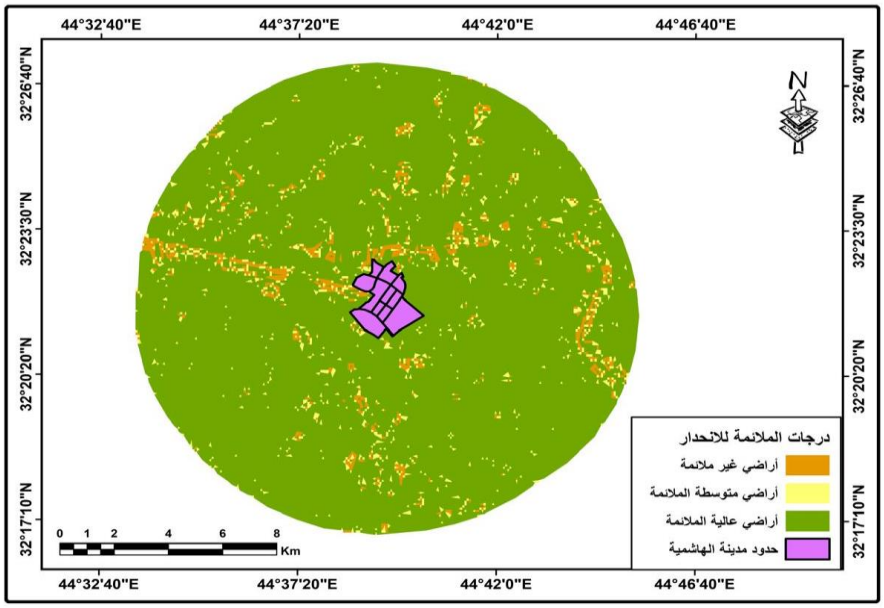
درجة الملائمة لمدينتي الهاشمية		
المعيار	درجة الملائمة	نوع الملائمة
الانحدار%	اكثر من 2 درجة	الأراضي غير الملائمة
	2 درجة	أراضي متوسطة الملائمة
	1.5 درجة	أراضي عالية ملائمة

المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

[1] هالة محمد سعيد، خلود علي هادي، اهمية دراسة نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وتطبيقاته المختلفة، مجلة ديالى، العدد (43)، 2010، ص183.

[1] عمر خالد محمد، مصدر سابق، ص120.

خريطة (5) تصنيف الانحدار لمدينة الهاشمية حسب درجة وملاءمتها لعام 2023



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

د-**المعايير المناخية: -**

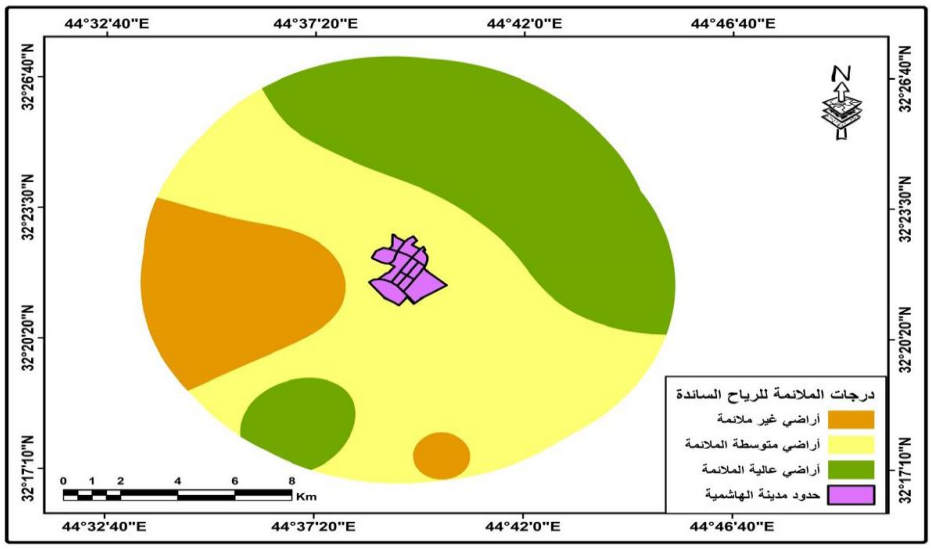
للرياح دور كبير في مواقع النفايات الصلبة ،اذ تتصاعد الغازات الناتجة من تحلل النفايات الصلبة من مواقع الطمر مما تشكل مضار على البيئة المحيطة بمواقع الطمر وتلوث الهواء الجوي ومضارة صحية على صحة الأنسان عند تعرضه لهذه الغازات بتراكيز عالية ولفترة زمنية طويليه مما يزيد من احتمال الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي والتهاب القصبات وحتى الأمراض السرطانية ، وتسهم الرياح بنقل هذه الغازات والروائح الكريهة من مواقع طمر النفايات الصلبة الى المناطق السكنية[8].واعتمدت المعايير العراقية منفردة في مراعاة تحديد مواقع المكبات مع الاهتمام باتجاه الرياح السائد وبذلك فقد حددت المعايير العراقية أن يبعد مواقع المكبات بمسافة (4) كم عكس أتجاه الرياح وكذلك حددت أن تكون المسافة (2كم)بالاتجاهات الأخرى[9]ويظهر تأثير المناخ بشكل واضح في انتخاب مواقع الطمر الصحي ، فمن ابرز المتغيرات التي تؤخذ في الاعتبار عند اختيار تلك المواقع الحرارة والأمطار واتجاه الرياح ، فبالنسبة للرياح يفضل ان يكون موقع الطمر في اتجاه الرياح التي تكون عكس التجمعات السكنية ، اما بالنسبة للأمطار فيفضل المناطق التي تستلم كميات امطار اقل ، في حين تفضل المناطق ذات معدلات درجات حرارة مرتفعة عند اختيار مواقع الطمر ، ذلك لان ارتفاع درجات الحرارة يزيد من عمليات التبخر للعصارة الناتجة من الموقع وبالتالي التقليل من احتمالية تسربها الى المياه الجوفية[10].الرياح السائدة يكون الموقع اكثر ملائمة حيث تكون عكس اتجاه الرياح في منطقته الدراسة وتم استخراج درجة الملائمة الخاصة للمناخ لدرجة للحرارة والأمطار والرياح كما هو موضح في خريطة (6) .

[1]صلاح عدنان مجول، نظير صبار حمد المحمدي،بحث ،مصدر سابق ،ص1309.

[1]ضياء قحطان ابراهيم العكابي، مصدر سابق،ص127.

[2]عمر خالد محمد، مصدر سابق،ص116.

خريطة (6) درجة الملائمة للرياح السائدة لمدينة الهاشمية حسب درجة وملاءمتها لعام 2023



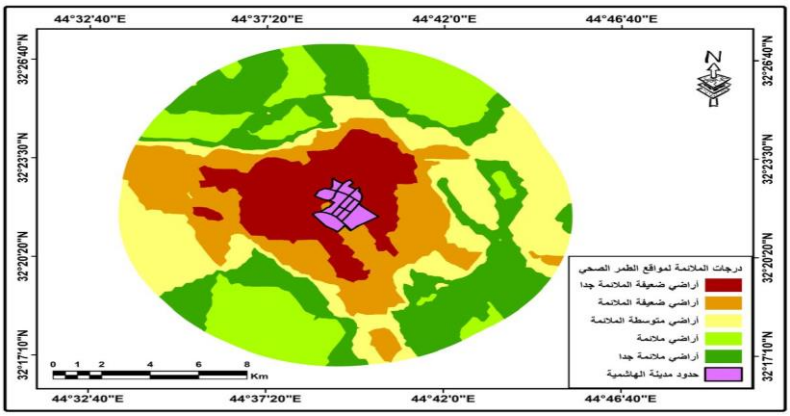
المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

2- الملاءمة النهائية الاختيار لمواقع المثلى في مدينتي الهاشمية: -

بعد تطبيق النموذج بناءً على مجموعة من المعايير والشروط المستخدمة، العراقية والعالمية وخلص الدراسة إلى أفضل مواقع مكبات النفايات في منطقتي الدراسة ، وهو ما يمكن ملاحظته من خلال الخريطة- (7) ، لدرجة الملاءمة المكانية المقترحة لموقع مكب نفايات الصحية في مدينة الهاشمية درجة الملاءمة المكانية لمواقع مكبات النفايات ،وتعتبر عملية اختيار الموقع الأمثل من بين المواقع المرشحة من الأمور الصعبة [11]، وذلك لتفاوت المميزات التي تتمتع بها هذه المواقع ، وعادة ما يختار أفضل موقع من ناحية العوامل التي تساعد على انجاح المواقع المثلى في منطقتي الدراسة، ومثل هذه العوامل البعد عن حدود التصميم الأساس للمدن والبعد عن الأراضي الصالحة للزراعة والبعد عن طرق النقل والبعد عن مصادر المياه ،وبينما المعايير المناخية ان تكون عكس اتجاه الرياح وان تكون الأمطار منخفضة جدا مما يؤدي الزيادة في الأمطار التوغل وتشبع التربة وهذا يسبب تلوث في المياه الجوفية وان تكون ارتفاع في درجات الحرارة مما يزيد من عملية التبخر والعاصرة.

[1]تهلني ياسين مخلوف، تحديد المواقع المثلى لمكبات النفايات الصلبة في السويداء باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الانسانية، مجلد (4)، العدد (2) ،2024، ص21.

خريطة (7) الملائمة المكانية المقترحة لموقع مكب النفايات الصلبة في مدينة الهاشمية لعام 2023



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc map10.6

بعد عرض البيانات التي تم الحصول عليها سيتم توضيح مرحلة التنبؤ يعد التنبؤ أداة وتقنية حاسمة لاتخاذ القرار، حيث يتم استخدامه في العديد من قطاعات الاقتصاد أو من قبل المنظمات التي ترغب في البقاء على صلة بالعالم التنافسي الحالي. وعادة ما يتم تأسيسه على البيانات والإحصاءات السابقة والحالية، يستخدم صانعي السياسات والباحثين والبلديات والمؤسسات الحكومية بيانات التنبؤ لتصميم إدارة النفايات الصلبة بشكل مستدام للمستقبل. عندما تتوفر بيانات تاريخية موثوقة، فإنها ستوفر إمكانيات الفهم والتخطيط والتنبؤ بكمية النفايات البلدية الصلبة التي يمكن توليدها في المستقبل. على الرغم من كل ذلك، فإن الإحصاءات التاريخية حول توليد النفايات الصلبة وكمياتها عادة ما تكون غير متوفرة بشكل دقيق وكامل ويعزى عدم توفر البيانات إلى ممارسات إدارة النفايات الصلبة. من ناحية أخرى، عندما تتوفر الحقائق التاريخية، فإنها غالبًا ما تكون غير دقيقة للتنبؤ التفصيلي وبالتالي، عندما تكون بيانات التنبؤ غير دقيقة، سيكون هناك تعقيد في وضع تخطيط مناسب لإدارة النفايات الصلبة في المستقبل، وقد يؤدي إلى ضعف إدارة النفايات الصلبة في المستقبل. ولذلك فقد ركزت هذه الدراسة على استخدام تقنيات الذكاء والاصطناعي وخوارزمياته للوصول الى دقة جيدة بالتنبؤ بالاعتماد على بيانات تاريخية قليلة نسبيا.

رابعا: الذكاء الاصطناعي في ادارة قطاع النفايات: -

تعد ادارة النفايات الصلبة مشكلة ملحة تواجهها المدن في جميع انحاء العالم. ومع النمو الهائل لسكان المناطق الحضرية، تستمر كمية النفايات الصلبة المتولدة في الزيادة بمعدل ينذر بالخطر. تعتمد الأداة الفعالة للنفايات على التنبؤات الدقيقة لكميات النفايات التي تحتاج الى معالجة. يمكن ان يؤدي التعلم الألي دورًا حاسمًا في التنبؤ بكميات النفايات الصلبة من خلال تحليل البيانات التاريخية وتحديد الأنماط التي يمكن استخدامها للتنبؤات. يمكن لخوارزميات التعلم الألي تحليل مجموعة واسعة من مصادر البيانات للتنبؤ بكميات النفايات الصلبة، مثل المعلومات الديموغرافية وانماط الطقس وانواع النفايات والتغيرات الموسمية. ومن خلال معالجة هذه البيانات وتفسيرها، يمكن لنماذج التعلم الألي توفير توقعات دقيقة لكميات النفايات الصلبة، مما يسمح لسلطات ادارة النفايات بتخطيط الموارد وتخصيصها بشكل اكثر فعالية [12].

وان من احدى المزايا الرئيسية لاستخدام التعلم الآلي للتنبؤ بكميات النفايات الصلبة هي القدرة على تحليل مجموعات البيانات المعقدة والكبيرة بسرعة ودقة. قد تكون طرق التنبؤ التقليدية محدودة في قدرتها على التعامل مع الحجم الهائل من البيانات المطلوبة للتنبؤات الدقيقة. ومن ناحية اخرى، يمكن لنماذج التعلم الآلي معالجة كميات هائلة من البيانات في فترة قصيرة، مما يتيح تنبؤات أكثر دقة وموثوقية [13].

ان للتعلم الآلي فائدة اخرى للتنبؤ بكميات النفايات الصلبة، هي القدرة على التكيف مع الظروف والعوامل المتغيرة. يمكن للنماذج التعلم الألي التعلم بشكل مستمر من البيانات الجديدة وتعديل توقعاتها وفقًا لذلك، مما يضمن حصول سلطات ادارة النفايات على امكانية الوصول الى توقعات حديثة ودقيقة. بالإضافة الى ذلك، يمكن ان يساعد التعلم الألي في تحديد الارتباطات والاتجاهات في توليد النفايات الصلبة التي قد لا تكون واضحة على الفور. ومن خلال الكشف عن هذه الأنماط، يمكن لسلطات ادارة النفايات تطوير استراتيجيات مستهدفة لتقليل توليد النفايات وتحسين ممارسات ادارة النفايات. بشكل عام يمتلك التعلم الألي

(1) Rajendran, S., Gegout, P., & Manasa, A. K. (2020). Waste Quantity Prediction using Machine Learning Techniques – A Review. In Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT) (pp. 719-724). IEEE.

(2) Al-Sakran, S., & Subhi, T. (2019). Machine learning and geographic information systems for predicting construction and demolition waste. Journal of Cleaner Production, 232, 444-455.

القدرة على احداث ثورة في طريقة التنبؤ بكميات النفايات الصلبة وادارتها. ومن خلال الاستفادة من قوة تحليل البيانات والتنبؤ بها، يمكن لسلطات ادارة النفايات تحسين الكفاءة، وخفض التكاليف، وتقليل التأثير البيئي للنفايات الصلبة. يحمل التعلم الألي وعدًا هائلا للتنبؤ بكميات النفايات الصلبة وتحسين ممارسات ادارة النفايات. ومن خلال تحليل البيانات التاريخية، وتحديد الأنماط، وعمل تنبؤات دقيقة، يمكن للتعلم الألي ان يساعد سلطات ادارة النفايات على تخطيط الموارد وتخصيصها بشكل اكثر فعالية. مع استمرار المدن في مواجهة تحديات ادارة النفايات الصلبة، يوفر التعلم الألي اداة قوية لمعالجة هذه المشكلة الحرجة (14)

أ: بناء نموذج (خوارزمية) الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بكميات النفايات الصلبة (2024-2027) :

يمكن لخوارزميات التعلم الآلي التنبؤ بشكل فعال بتوليد النفايات البلدية الصلبة الشهرية من خلال التدريب على بيانات السلاسل الزمنية التاريخية لتوليد النفايات. ولغرض تهيئة العمل على نموذج الذكاء الاصطناعي يجب العمل على تهيئة النقاط الاتية: -

1- تهيئة البيانات والمعالجة المسبقة: يعد جمع البيانات حول كميات النفايات البلدية الصلبة إلى جانب المتغيرات الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية من السلطات المحلية، وبيانات التعداد السكاني، أمرًا بالغ الأهمية. تتم المعالجة المسبقة للبيانات، مثل تنظيف البيانات وتحويلها إلى تنسيق مناسب، باستخدام أدوات مثل Python وExcel.

2- اختيار النموذج: هناك الكثير من خوارزميات التعلم الآلي التي يمكن ان تستخدم للتنبؤ بكميات النفايات الشهرية، بما في ذلك أشجار القرار، والانحدار الخطي المتعدد، والانحدار العشوائي للغابات، وانحدار ARMA هو اختصار للمتوسط المتحرك التلقائي. ويأتي ذلك من دمج نموذجين أبسط - الانحدار الذاتي، أو AR، والمتوسط المتحرك، أو MA في التحليل، وغيرها من الخوارزميات الأخرى.

3- تدريب النموذج: يتم تدريب النموذج الذي يتم اختياره على بيانات حقيقة تاريخية وذلك بتقسيم البيانات الى مجموعتين (مجموعة التدريب ومجموعة الاختبار). حيث يتم تدريب النموذج على بيانات مجموعة التدريب وبعد ان يتم الوصول الى اقل خطأ ممكن في مرحلة التدريب يتم اختبار النموذج على مجموعة بيانات الاختبار.

4- تقييم النموذج: يتم تقييم النماذج باستخدام مقاييس مثل متوسط الخطأ المطلق (MAE)، ومتوسط الخطأ التربيعي (MSE)، وR-squared لتقييم أداء التنبؤ الخاص بها.

5- تنفيذ النموذج: تطبيق النموذج المدرب والمتعلم على البيانات التاريخية وتطبيق النموذج للتنبؤ بكميات النفايات للسنوات القادمة.

1- تطبيق بناء وتدريب نموذج الذكاء الاصطناعي (خوارزمية تعلم الالة): نمذجة السلاسل الزمنية هي تقنية إحصائية تستخدم البيانات المتسلسلة للتنبؤ بالقيم أو الأحداث المستقبلية بناءً على البيانات التاريخية. ويتضمن تحليل الأنماط والاتجاهات والموسمية في البيانات السابقة للتنبؤ بالأحداث المستقبلية. يعد هذا النوع من التنبؤ مفيدًا بشكل خاص عند التعامل مع البيانات التي تتغير بمرور الوقت، مثل أسعار الأسهم أو أنماط الطقس وغيرها. تم اختيار (ARIMA) وهو نموذج من نماذج الذكاء الاصطناعي تستخدم للتنبؤ بالقيم المستقبلية بالاعتماد على بيانات زمنية تاريخية. تم تطبيق نموذج (ARIMA) في منصة بايثون مفتوح المصدر وعلى البيانات التاريخية الخاصة بكميات النفايات المرفوعة والتي حصل عليها الباحث من مديرية بلدية مدينة الهاشمية.

2- تدريب النموذج (ARIMA): ان البيانات التاريخية التي تم الحصول عليها كانت تمثل بيانات لمدة أربع سنوات سابقة وهي (2020-2023) ولمدة (12) شهرا لكل سنة، فهذا يعني توجد لدينا بيانات شهرية عددها (48) شهرا وقد تم تحويل هذه البيانات الى سلاسل تاريخية متمثلة بكل شهر يقابله كمية النفايات المرفوعة.

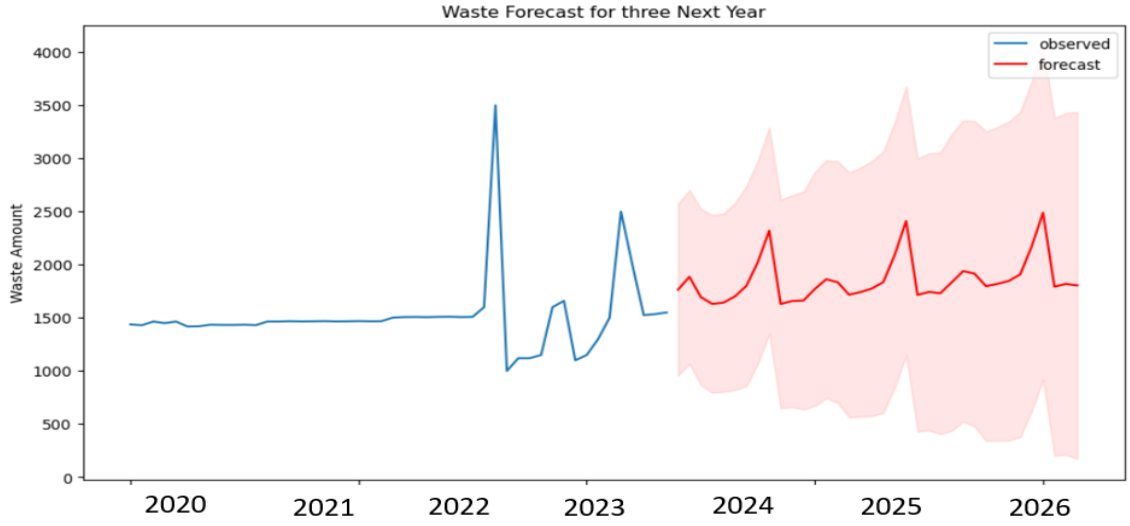
3- تقيم النموذج: تم تدريب النموذج وتم الوصول الى اقل كمية خطأ وكانت (0.0012)، (Mean Squared Error: 0.0012). وهذه المرحلة هي مرحلة تقيم النموذج.

4- تنفيذ النموذج للحصول على التنبؤات المستقبلية لمدينة الهاشمية (للنفايات المرفوعة). حيث تم تنفيذه للتنبؤ بكميات النفايات لسنة 2024 وكانت النتيجة كما في الشكل والجدول الآتيين: -

ب: النتائج: تم الحصول على النتائج الاتية بعد تطبيق النموذج (ARMA)

(1) Ding, Y., Mao, C., Jiang, H., Liao, B., & Chen, W. (2021). Data-driven models for solid waste generation forecasting: A review. Waste management, 122, 79-87.

شكل (4) نتائج النموذج للتنبؤ بالنفايات المرفوعة (2024-2027) لمدينة الهاشمية



المصدر: بالاعتماد على نموذج التنبؤ

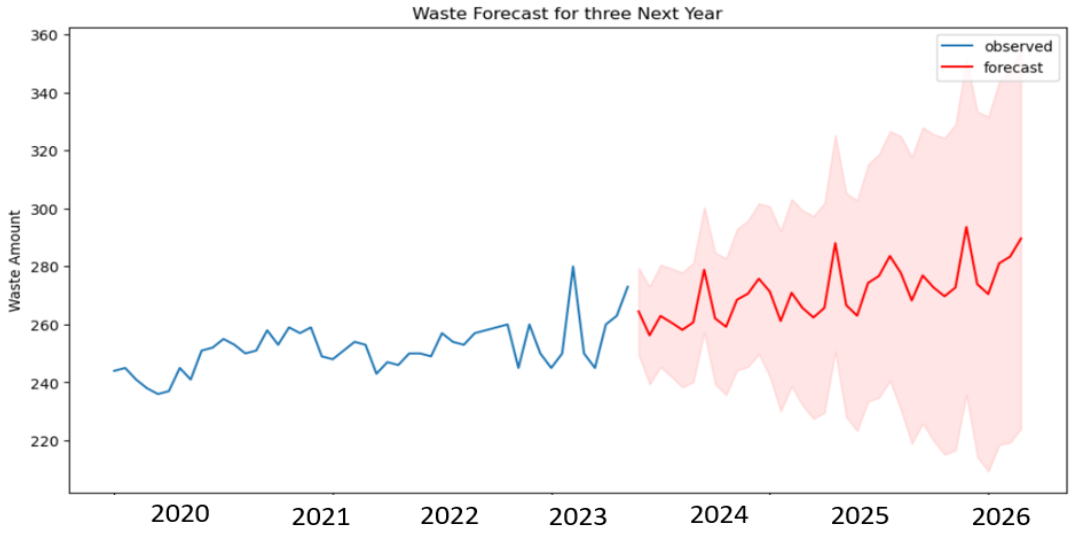
تنفيذ النموذج للحصول على التنبؤات المستقبلية لمدينة الهاشمية (الأنقاض المرفوعة). حيث تم تنفيذه للتنبؤ بكميات الانقاض لثلاث سنوات (2024،2025،2026) متتالية كما في الشكل والجدول الآتيين: -

جدول (9) يمثل كميات الانقاض المرفوعة من خلال تنبؤ نموذج الذكاء الاصطناعي (2024-2026)

السنة	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	اب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول
2024	265	256	263	261	258	261	279	262	259	269	271	276
2025	271	261	271	266	262	266	288	267	263	274	277	284
2026	278	268	277	273	270	273	294	274	270	281	283	290

المصدر: بالاعتماد على نموذج التنبؤ

شكل (5) نتائج النموذج للتنبؤ بالأنقاض المرفوعة (2023-2027) لمدينة الهاشمية



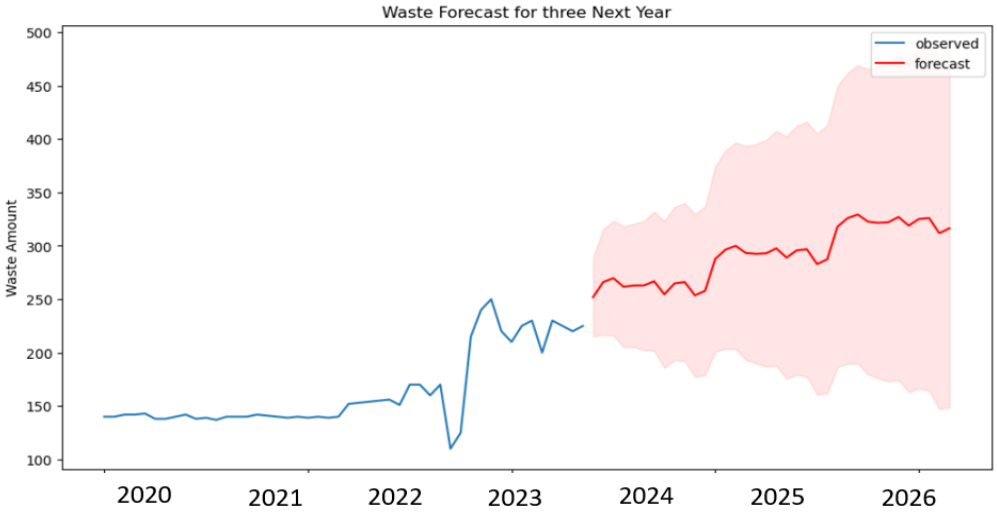
المصدر: بالاعتماد على نموذج التنبؤ

جدول (10) يمثل كميات الأنقاض المرفوعة من خلال تنبؤ نموذج الذكاء الاصطناعي (2023-2027)

السنة	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	اب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول
2024	252	266	270	262	263	263	267	255	265	266	254	258
2025	288	296	300	293	293	293	298	289	296	297	283	287
2026	318	326	329	323	322	322	327	319	325	326	312	316

المصدر: بالاعتماد على نموذج التنبؤ

شكل (6) نتائج النموذج للتنبؤ بنفايات الشوارع المرفوعة (2024-2026) لمدينة الهاشمية



المصدر: بالاعتماد على نموذج التنبؤ

جدول (11) يمثل كميات نفايات الشوارع المرفوعة من خلال تنبؤ نموذج الذكاء الاصطناعي (2023-2027)

السنة	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	اب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول
2024	216	191	187	198	213	215	180	180	183	183	186	198
2025	215	188	184	194	209	212	179	179	181	181	184	197
2026	214	187	183	193	208	211	177	177	179	180	183	196

المصدر: بالاعتماد على نموذج التنبؤ

الاستنتاجات: -

1- تبين من الدراسة ان الكثير من السكان تعاني من تجمع النفايات والروائح الناتجة عن تجمعها وبكميات كبير.
2- يحتاج تطبيق نماذج الذكاء الاصطناعي الى بيانات كافية في مرحلة التدريب ومرحلة الاختبار، هناك قلة في البيانات المتوفرة محلياً.
3- استطاع الباحث من خلال تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي حل مشكلة قلة البيانات باستخدام تقنية (تعزيز البيانات).
4- استطاع نموذج الذكاء الاصطناعي من الوصول الى اقل نسبة خطأ ممكن في عملية التنبؤ من خلال استخدام بيانات محلية.
5- تم تحديد اماكن الطمر الملائمة والقياسية لمدينة الهاشمية وحسب المقاييس العالمية لمواقع الطمر.
6- تم استخدام تقنيات حديثة تناسب الهدف المطلوب من البحث وهي خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتطبيق نظام المعلومات الجغرافية GIS

التوصيات: -

1- توفير اعداد من الوسائل والاليات المخصصة لجمع ونقل النفايات في المدينة.
2- تعزيز دور الاعلام الى بث الوعي البيئي للوصول الى السكان من خلال تثقيفهم حول التعامل الصحيح مع النفايات الصلبة عن طريق الاعلام.
3- التعرف على تجارب الدول المتطورة والمتقدمة في ادارة النفايات وتطبيقها في منطقة الدراسة.
4- نحتاج التركيز على عملية خزن البيانات في الدوائر الحكومية بطريقة الكترونيا للحفاظ عليها أولا وللاستفادة منها في حل مشاكل النفايات مستقبلا.
5- يمكان استخدام التقنيات الحديثة في متابعة زيادة كميات النفايات وادارتها بشكل صحيح ومنظم.

المصادر: -

1. سلطان الرفاعي، التلوث البيئي اسباب، اخطار، حلول، دار اسامة للنشر والتوزيع، عمان 2011.
الراوي، ساطع محمود، الطيار، احمد، تركيب وانتاجية للنفايات الصلبة في مدينة الموصل مقارنة عقدتين، مجلة تكريت للعلوم الهندسية، المجلة (9) العدد (1)،2012.
2. الركابي، ثامر والي، التباين المكاني للنفايات الصلبة في مدينة الكوت الواقعة والمعالجات باستخدام gis، مجلة واسط للعلوم الانسانية، العدد (25)،2014.
3. جودة، سعد عبيد، واخرون، النفايات الصلبة في مدينة بغداد، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، المجلد (1) العدد (55)،2009.
4. عباس زغير محيسن المرياني، النفايات الصلبة والسائلة مخاطر صحية واثار بيئية، الطبعة الاولى، للنشر والتوزيع دار الصفا، العراق، 2019.ص221.
5. سارة صبيح فالح الخزاعي، التحليل الجغرافي لتوزيع مناطق الطمر الصحي في مدينة بغداد وتأثيرها على البيئة الحضرية للمدة (1997-2012)، رسالة ماجستير (م، غ)، كلية العلوم، جامعة بغداد، علم الارض،2008.
6. رسل محمد كاظم، التباين المكاني للتلوث بالنفايات الصلبة في مدينة الحلة واثارها البيئية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية، جامعة بابل،2017، ص76.
7. رسل محمد، دينا شكر عباس النجار، التباين المكاني للتلوث النفايات الصلبة في مدينة القاسم واثارها البيئية، مجلة جامعة بابل للعلوم الانسانية، المجلد (27) العدد (5)،2019، ص369.

References

1. Rajendran, S., Gegout, P., & Manasa, A. K. (2020). Waste Quantity Prediction using Machine Learning Techniques – A Review. In Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT) (pp. 719-724). IEEE.
2. Al-Sakran, S., & Subhi, T. (2019). Machine learning and geographic information systems for predicting construction and demolition waste. Journal of Cleaner Production, 232, 444-455.
3. Ding, Y., Mao, C., Jiang, H., Liao, B., & Chen, W. (2021). Data-driven models for solid waste generation forecasting: A review. Waste management, 122, 79-87.

4. Goodchild, M. F., & Janelle, D. G. (2010). The GIS dictionary: Geographic information systems terms, concepts, and abbreviations. Esri Press.
5. Klosterman, R. E. (2018). Geodesign: Concepts, technologies, and tools. Esri Press.
6. Steinberg, M., Widhalm, P., & Pichler, D. (2015). GIS-based analysis of coastal topography: Map projection, scaling, and vertical datums. Computers & Geosciences, 80, 69-83.
7. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
8. Russel, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson.
9. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press.
10. Jurafsky, D., & Martin, J. (2019). Speech and Language Processing. Pearson