جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكاتيكية والكهربائية
قسم هندسة الحواسيب والأتمتة

استخدام تقنيات تعلم الآلة لكشف الملوثات البلاستيكية الصغيرة في التربة

Using machine learning techniques to detect soil micro plastic contaminants

إعداد الطالب: محمد سليمان الوقاف

الدكتور المشرف: هيام خدّام

الملخص

في الأبحاث السابقة التي أجريت لكشف الملوثات البلاستيكية تُوصّل إلى نماذج قادرة على تمييز الملوثات المحتواة في عينات الاختبار بفعالية بالنسبة إلى العينات المأخوذة من بيئات بحرية .
في عينات التربة التي تحتوي على مواد طبيعية عضوية حدثت بعض الأخطاء في التعرف بسبب تشابه الأطياف الطبيعية مع أطياف البوليمرات البلاستيكية ولذلك كان هناك حاجة لوجود قواعد بيانات كبيرة توفر قراءات كافية من أجل عملية تدريب النموذج على مختلف أنواع المواد التي قد تحتويها التربة.
تعد نتائج الأبحاث السابقة جيدة في كشف البوليمرات الموجودة في التربة، ولكن بسبب حجم البيانات المستخدمة في عملية التدريب والاختبار استُخدمت حواسيب ذات إمكانيات عالية من حيث حجم الذاكرة وسرعة المعالج من أجل التمكن من معالجتها مما سبب كلفة مادية وزمنية، ولذلك كان هناك حاجة دائماً لإيجاد نموذج أبسط قادر على تحقيق نتائج دقيقة وبشكل أسرع.
في هذا البحث بُني نموذج تصنيف ضمن برنامج ماتلاب إذ يجري تعرُّف مجتويات العينات باستخدام الشبكات العصبونية الصنعية، وتحديد كثافة الملوثات فيها، وبناء واجهة رسومية من أجل تسهيل التعامل مع هذا النموذج، وعرض كافة المعلومات الضرورية .
غُذّيت البيانات باستخدام طريقة (Min-Max Normalization) للتخلص من القيم السالبة والفروقات الصغيرة للقراءات المختلفة للمادة نفسها ومن ثم تم اختُبرت إمكانية اختصار الأنسمة الطيفية بطريقة المتوسط الحسابي (Means) دون التأثير في الميزات التي يختلف بها طيف كل مادة عن المواد الأخرى لتحقق أكبر سرعة ممكنة في عمليات المعالجة سواء عند التدريب أو الاختبار.

القسم النظري

مشكلة البحث:

درست الملوثات البلاستيكية في البيئة البحرية دراسة واسعة منذ مطلع سبعينيات القرن الماضي وحققت الأبحاث السابقة نتائج مرضية إلا أن الأبحاث التي تدرس وجودها في التربة للحد منها ما زالت قليلة ونماذج التصنيف المصممة من أجل تمييزها ما زالت محدودة الإمكانيات من حيث سرعة المعالجة والدقة في النتائج .

الهدف من البحث:

الحصول على أفضل نتائج ممكنة في كشف الملوثات البلاستيكية الصغيرة في عينات التربة من حيث الدقة وكمية المعلومات التي يمكن الحصول عليها والسرعة في التنفيذ ولذلك من أن النموذج المصمم في هذا البحث يحقق ذلك من خلال المقارنة مع نتائج الدراسات السابقة.

أهمية البحث:

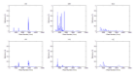
إن الملوثات البلاستيكية الصغيرة الموجودة في التربة بطيئة التحلل وبعضها يتحلل لمواد سامة قد تصل إلى غذاء الكائنات الحية كما أن هذه البوليمرات تعتبر مواد ماصة للملوثات العضوية ، ولذلك فإن بناء نموذج تصنيف دقيق وسريع يساعد في كشفها لإيصار إلى التخلص منها فيما بعد .

البوليمرات المدروسة :

البولي ايثلين(PE) – تريفثالات البولي ايثلين(PET) – البولي بروبلين(PP) – كلوريد البولي فينيل(PVC) – البوليستيرين(PS)

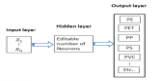
القسم العملي

إن أطياف البوليمرات البلاستيكية متمايزة عن بعضها البعض وبالتالي يمكن تصنيفها باستخدام شبكة عصبونية.



البيانات الطيفية المعبرة عن كل مادة ممكن أن تتواجد في عينة التربة تكون على شكل شعاع طيفي يعبر عن العلاقة بين رقم الموجة والانعكاس الحاصل عنده ، ووفق قاعدة البيانات المستخدمة في التدريب فإن طول هذا الشعاع كبير جدا وبالتالي يجب اختصاره لزيادة سرعة المعالجة . تم اختصار الأنسمة الطيفية برمجياً باستخدام طريقة المتوسط الحسابي وهي أسرع طريقة ممكنة تضمن عدم التأثير على الميزات (Features) إلا انه في حد معين يحدث تشوه في الشعاع وتفقد الميزات التي تفرق بين طيف كل مادة وأخرى لذلك تم جعل خيار الاختصار قابل للتغيير من خلال نافذة التدريب .

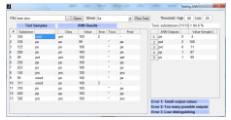
تم اختيار الشبكات العصبونية كنموذج رياضي للقيام بعملية التصنيف وتعليمها وفق الخوارزمية القياسية للتدريب بالانتشار الخلفي .



القسم العملي

دخل الشبكة هي قيم الانعكاس او الامتصاص الحاصل عند كل رقم موجي وعند مخارجها موافق لعدد المواد البلاستيكية المراد تصنيفها بحيث يكون الخرج 1 عند تواجد المادة البلاستيكية الموافقة في العينة و 0 عند عدم تواجدها ..

يتم استخدام قاعدتي بيانات من أجل التدريب والاختبار احداها تضم أطياف منعكسة والأخرى تضم أطياف منعصة وذلك لاختبار قدرة النموذج على التصنيف اضافة لمعرفة أي من الأطياف يحقق نتائج أفضل .
بعد الاختبار يتم تحديد دقة النموذج في التصنيف ومقارنته مع الدراسات السابقة وفقاً للقيم الرياضية التي تم تقييم نتائجها من خلالها.



النتائج والمناقشة

الجدول جلياً يبين قدرة النموذج على تمييز كل مادة من المواد البلاستيكية المدروسة حيث بلغت دقة التصنيف 96% .
أما الجدول أدناه يبين مقارنة من خلال معاملات الدقة والحساسية والنوعية مع نتائج الأبحاث السابقة .
رغم أن نتائج بحث Michael stibi مقاربة لنتائج هذا البحث إلا أن النموذج المصمم في هذه الدراسة أبسط وأسرع وقابل للتطوير بكل بساطة من خلال قواعد بيانات أكبر وهو قادر على تمييز عدد غير محدود من أصناف البوليمرات البلاستيكية .

	total	TRUE	FALSE	%
pe	64	62	2	96.9
pet	22	22	0	100
pvc	24	22	2	91.7
ps	30	29	1	96.7
pp	68	65	3	95.6
all	208	200	8	96.2

	Precision %	Recall%	Specificity%
JiaJia S et al.(2018)	76.5	48	-
Andrea P et al.(2018)		91	91.5
Stibi M et al. (2022)	97.6	99	97
CorradiniF et al.(2019)	-	88.5	-
This Model	98	98	99.4

المراجع

1. Bartholomeus,H,Huerta Lwanga,E,Gertsen,H,Geissen.V Corradini.F. Predicting soil microplastic concentration using vis-NIR spectroscopy. Soil Physics and Land Management Group,Wageningen University,Wageningen, Netherlands.(2019).
2. Zhao,J., Liu,L,Zhang,Y,Wang,x,et al. Shao,J. A novel way to rapidly monitor microplastics in soil. Chinese research academy of environmental sciences,Beijing,china.(2018).
3. Wander,L,Becker,R,Goedecke,C,Braun.U Paul.A. High-throughput NIR spectroscopic (NIRS) detection. Springer-Verlag GmbH ,Germany.(2018).
4. Hufnagl,B, Stibi,M., Martirosyan,H,et al., "Computer-Assisted Analysis of Microplastics in Environmental Samples Based on µFTIR Imaging in Combination with Machine learning" , ACS Publications ,analytical Chemistry ,(2021).
5. Wirth,M,Lorenz,C,Gerdts,G Primpke.S Reference database design for the automated analysis of microplastic samples based on Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy .Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research 27498 .Helgoland, Germany(2018).
6. Gorris,C,Coronas,I Malankowska.M. Microplastics in marine environment. Royal society of chemistry,(2020).
7. Huang,X,Xiang,L,Wang,J,Li,Y,et.al. Guo,J. Source, migration and toxicology of microplastics in soil. The Education University of Hong Kong,(Tai Po, Hong Kong, China. (2020).
8. P LARKIN. Infrared and Raman spectroscopy : Principles and spectral interpretation. USA.(2011)
9. Andries P Engelbrecht Computational Intelligence: An Introduction
West Sussex, England : John Wiley & Sons -(2002)
10. David.S Shwartz.S Understanding Machine Learning From Theory to Algorithms Cambridge University Press-(2014).
11. Nikola K Kasabov Foundations of neural networks, fuzzy systems, and knowledge Cambridge, Massachusetts : MIT Press-(1998)
12. Stocker.H Harris.W .Handbook of Mathematics and Computational Science .New York : Springer-Verlag-(1998)
13. Varvaresco.A,Pariou.P,Protopapa.E,Carayanni.V Anagnosti.L. Worldwide actions against plastic pollution from microbeads and microplastics in cosmetics focusing on European policies. Marine Pollution Bulletin,Greece,(2021).
14. Chabuka.H Beauty.K Application of a Hybrid Fusion Classification Process for Identification of Microplastics Based on Fourier Transform Infrared Spectroscopy .Department of Chemistry, Idaho State University, Pocatello, ID 83209,(2020)