

الكشف الآلي عن الأجسام المغمورة اعتماداً على صور رادار اختراق سطح الأرض باستخدام الشبكات العصبونية الالتفافية

Automatic Detection of Buried Objects Depending on Ground Penetrating Radar Images Using Convolutional Neural Networks

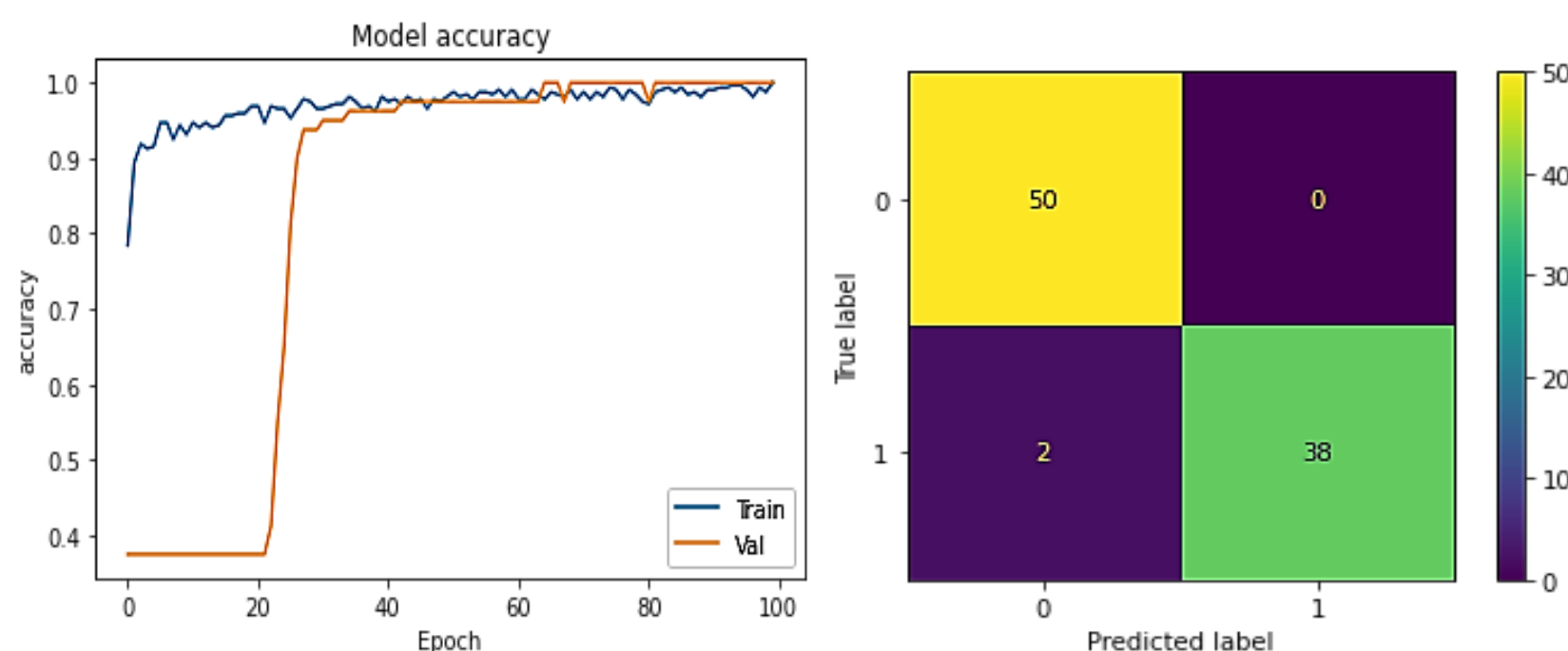
إعداد: م. هشام نصر

إشراف: أ. د. م. نديم شاهين

النتائج والمناقشة

تمّ قمنا بتقييم أداء نموذج CNN على بيانات الاختبار بالاعتماد على أهم مقاييس الأداء لخوارزميات التصنيف وهي: الإحكام Pre، والدقة Acc، والمؤشر F1-Score. حُسبت مقاييس الأداء المذكورة للنموذج المقترح وقورنت بدراسات مرجعية سابقة، كما هو موضح في الجدول التالي:

| الطريقة المتبعة (Method) | المؤشر F1-score | الاستدعاء Rec | الإحكام Pre | الدقة Acc | المرجع |
|---|-----------------|---------------|-------------|-----------|-----------------------|
| YOIO V5s | 0.881 | 0.866 | - | 0.967 | Sun et al (2023) [8] |
| YOLO V3-FDL Fourscales- detection layer | 0.881 | - | - | - | Liu et al (2023) [9] |
| Improved Mask R-CNN | 0.824 | - | 0.833 | - | Liu et al (2023) [10] |
| CNNs | 0.974 | 0.95 | 1 | 0.977 | نموذج CNN المقترح |



منحنى الدقة لنموذج CNN لمرحلة التدريب والتحقق

مصفوفة الارتباك الناتجة عن اختبار النموذج على مجموعة بيانات الاختبار

الملخص

خلفية البحث: يُعد كشف الأجسام المغمورة تحت سطح الأرض من المشاكل المثيرة للاهتمام، إحدى التقانات التي أثبتت كفاءتها في أداء هذه المهمة هي رادار اختراق سطح الأرض (Ground Penetrating Radar (GPR) وذلك باستعمال الأمواج الكهرطيسية. عند استعمال هذه التقنية يبرز تحدي يتمثل في صعوبة تفسير الصور المحصلة؛ إذ غالباً ما تحتاج إلى مستثمر ذي خبرة في مجال تقنية GPR لتفسير محتويات هذه الصور.

هدف البحث: هو أتمتة عملية كشف وجود الأجسام المغمورة في الصور المحصلة بجهاز GPR من النوع Brightness-Scan (B-Scan) وذلك باستعمال نموذج شبكة عصبونية الالتفافية (Convolutional Neural Network (CNN).

الاستنتاجات: حقّق النموذج المقترح دقة على بيانات التحقق 100%، وعلى بيانات الاختبار 97.7% وبالتالي يمكن استعمال نموذج CNN المقترح كنظام داعم لعملية كشف الأهداف المغمورة تحت سطح الأرض؛ وذلك من قبل مستثمرين ليس لديهم الخبرة الكافية في مجال تقنية GPR.

القسم النظري

في الآونة الأخيرة استُعمل جهاز GPR على نطاق واسع في مجالات مختلفة: **في التطبيقات العسكرية:** كشف الألغام الأرضية المغمورة Land mines والقذائف الحربية غير المنفجرة [1].

في تطبيقات علم الآثار: كشف الكنوز المغمورة والمقابر الأثرية [2].

في تطبيقات الهندسة المدنية: كشف حديد التسليح Rebar ضمن خرسانة الأبنية والجسور، وكشف أنابيب المرافق الخدمية المغمورة Buried utility pipes، مثل شبكات المياه، والصرف الصحي، وتقييم حالتها [3].

في التطبيقات الجنائية: كشف الجثث المغمورة في التربة [4].

في التطبيقات الجيولوجية: كشف التجاويف والكهوف تحت سطح الأرض، ودراسة بنية الطبقات تحت سطح الأرض وسماكتها [5].

إنّ الصور الرقمية الناتجة عن جهاز GPR تُنشأ من قياسات مبنية على انتشار الأمواج الكهرطيسية، وذلك في أوساط انتشار معقدة ومن ثمّ فإنّ ميزات صور GPR مرتبطة بصورة وثيقة بالأمواج الكهرطيسية المستقبلية، وجودتها.

القسم العملي

قمنا بمحاكاة عملية استخدام جهاز GPR في كشف أنابيب بلاستيكية ومعدنية مغمورة في تربة من أربعة أنواع مختلفة، على أعماق طمر مختلفة ضمن المجال [1, 4]m، عند ترددات عمل مختلفة لجهاز GPR ضمن المجال [100,1000] MHz وذلك باستخدام برنامج المحاكاة gprMax v3.1.6 [6]، ومن ثمّ قمنا بإنشاء مجموعتي البيانات التالية:

مجموعة بيانات التدريب: تحتوي على 400 صورة GPR B-Scan ناتجة عن سيناريوهات المحاكاة المذكورة تم تقسيمها بنسبة 80% للتدريب و20% للتحقق.

مجموعة بيانات الاختبار: تحتوي على 90 صورة GPR B-Scan حقيقية مأخوذة من قاعدة البيانات TU1208 [7] وما هو متوفر على مواقع الانترنت.

قمنا ببناء نموذج CNN بمهمة كشف وجود القطع الزائد (الناتج عن انعكاسات الأمواج الكهرطيسية عن الأنابيب المغمورة في التربة) أو عدم وجوده داخل صور GPR B-Scan وذلك باستعمال لغة البرمجة Python 3.9.12 ومنصة العمل Jupyter Notebook وقمنا بتدريب النموذج على مجموعة بيانات التدريب التي تم إنجازها في هذا البحث.

المراجع

- [1] Ebrahim, S. M., Medhat, N.I., Mansour, K.K., & Gaber, A. (2018). Examination of Soil Effect upon GPR Detectability of Landmine with Different Orientations. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*,7(1), 90–98.
- [2] Al-Khalidy, A., Naser, H.A., & Al-Yasi, A.I. (2023). Detection of Buried Archeological Remains Using GPR Technique at Kifel Town to the South of Hilla/Iraq. *Iraqi Journal of Science and Technology*, 12(3), 64-75.
- [3] Lai, W.W. L., Dérobert, X., & Annan, P. (2018). A review of Ground Penetrating Radar Application in Civil Engineering: a 30-Year Journey from Locating and Testing to Imaging and Diagnosis. *Ndt E International*, 96, 58–78.
- [4] Kelly, T., Angel, M.N., Oconov, D.E., Huff, C.C., Morris, L.E., & Wach, G.D. (2021). A Novel Approach to 3D Modelling Ground Penetrating Radar (GPR) Data. A Case Study of Cemetery and Application for Criminal Investigation. *Forensic Science International*, 325, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110882>.
- [5] Alsharhi, G., Faize, A., Maffei, C., Bayjza, M., Louzazni, M., Driouach, A. & others. (2019). Analysis and Modeling of GPR Signals to Detect Cavities: Case Studies in Morocco. *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, 19(3), 177–187.
- [6] Warren, C., Giannopoulos, A., & Giannakis, I. (2016). gprMax: Open Source Software to Simulate Electromagnetic Wave Propagation for Ground Penetrating Radar. *Computer Physics Communications*, 209, 163-170.
- [7] Derobert, X., & Pajewski, L. (2018). TU1208 Open Database of Radargrams: The Dataset of the IFSTTAR Geophysical Test Site. *Remote sensing*, 10(4), 1-50. <https://doi.org/10.3390/rs10040530>.
- [8] Sun, D., Jiang, F., Wu, H., Liu, Sh., Luo, P., & Zhao, Z. (2023). Root Location and Root Diameter Estimation of Trees Based on Deep Learning and Ground Penetrating Radar. *Agronomy*, 13(2), 1-18. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020344>.
- [9] Liu, Z., Gu, X., CH, J., Wang, D., Chen, Y., & Wang, L. (2023). Automatic Recognition of Pavement Cracks from Combined GPR B-Scan and GPR C-Scan Images Using Multiscale Feature Fusion Deep Neural Networks. *Automation in construction*, 146, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104698>.
- [10] Liu, Z., Yeoh, J. KW., Gu, X., Dong, Q., Chen, Y., Wu, W. & others. (2023). Automatic Pixel-Level Detection of Vertical Cracks in Asphalt Pavement Based on GPR Investigation and Improved Mask R-CNN. *Automation in construction*, 146, 1-43. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104689>.