



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل
كلية علوم الحاسوب والرياضيات
قسم البرمجيات

هندسة البرمجيات المستدامة بالاعتماد على التعلم العميق "العراق كدراسة حالة"

رسالة مقدمة
إلى مجلس كلية علوم الحاسوب والرياضيات في جامعة الموصل
كجزء من متطلبات نيل شهادة ماجستير علوم
في البرمجيات

من قبل

أروى فتحي عبيد داؤد

بإشراف

أ.د. لهيب محمد إبراهيم محمد

الخلاصة

في لم يواجه تحديات بيئية متزايدة، أصبح من الضروري البحث عن حلول مبتكرة تجمع بين التقنيات الحديثة وحماية البيئة. تظهر هندسة البرمجيات المستدامة كأحد أهم الأدوات التي تسهم في تحقيق هذا الهدف، حيث تسعى إلى تطوير أنظمة برمجية تراعي مبادئ الكفاءة والاستدامة، من خلال تقليل استهلاك الموارد، وخفض انبعاثات الكربون، وتكثيف الاساليب البيئية المسؤولة. فهي لا تهدف فقط إلى تحسين أداء البرمجيات، بل تمتد لتشمل تقليل الأثر البيئي لصناعة التكنولوجيا ككل، مما يجعلها شريكاً رئيسياً في مواجهة ال صاعب البيئية العالمية كتغيير المناخ و نفاذ الموارد الطبيعية عن طريق اعتماد ممارسات مهمة للبيئة في تصميم وتشغيل البرمجيات، كما يمكن لهندسة البرمجيات المستدامة أن تسهم في بناء مستقبل رقمي يكون أفضل استدامة. وتعد التقلبات البيئية من الامور المهمة والتي تحتاج تحليلاً دقيقاً ومراقبة مستمرة لضمان استدامة الموارد الطبيعية وحمايتها من الأنشطة البشرية المدمرة. وفي هذا السياق تساهم علوم هندسة البرمجيات المستدامة والذكاء الاصطناعي بصورة اكبر لتحسين قدرات التحليلات البيئية، وخاصة الذكاء الصناعي بمجالات تجزئة الصور البيئية واستخراج المعلومات المهمة منها. تهدف هذه الدراسة إلى تطوير أداة مبتكرة تعتمد على تقنيات التعلم العميق تحليل صور الأقمار الصناعية تحقيق مبدأ الاستدامة بتهجين خوارزميتي U-Net مع ResNet50. تمّ التركيز على تحسين أداء النموذج وتقديم حلول مستدامة من خلال البرمجة الخضراء و برمجة النظيفة للوصول إلى أعلى مستويات كفاءة في استغلال الموارد وتقليل الأثر البيئي للتكنولوجيا. وتتناول هذه الرسالة تصميم الأداة، طرق المعالجة. النتائج التي تساهم بتعزيز البحث ا يئي عن طريق توظيف هندسة البرمجيات المستدامة والذكاء الصناعي.

أظهرت الأداة المقترحة (SustainGreen Iraq) Sustainability Tool for Green Areas in Iraq فعالية كبيرة في تحليل التغيرات البيئية باستخدام مبادئ هندسة البرمجيات المستدامة والذكاء الاصطناعي، تمّ اختيار شبكة ResNet50 لتهجينها مع شبكة U-Net بعد إجراء ا تبارات على إصدارات ResNet الأخرى (ResNet18 ، ResNet34 ، ResNet152 ، ResNet101) ، حيث تميزت ResNet50 بموازنة ثالية بين الأداء والكفاءة الحسابية، اذ تحتوي على عمق كافٍ لاستخراج الميزات الدقيقة من الصور دون التعرض لمشكلة الإفراط في التكيف أو الحاجة إلى موارد حسابية كبيرة كما هو الحال في

ResNet101 و ResNet152 بالإضافة إلى ذلك، أظهرت ResNet50 تفوقاً في دقة نتائج مقارنة بالإصدارات الأخرى مثل ResNet18 و ResNet34، مما يجعلها الخيار الأمثل لدمجها مع U-Net في تطبيقات تقسيم الصور. ثل صور الأقمار الصناعية. وعلاوةً على ذلك، يساهم استخدام ResNet50 في ليل استهلاك الطاقة وتحقيق استدامة بيئية، وهو جانب مهم في الأبحاث الحديثة.

قدمت ResNet50 نتائج واعدة في تجزئة صور الأقمار الصناعية عبر النموذج الهجين المقترح U-Net with ResNet50 Backbone من خلال استخدام عملية التزايد على مجموعة البيانات من أثناء تطبيق مجموعة مختلفة من أساليب معالجة البيانات. مثل التدوير، والتكبير، وقليل، تم تعزيز تنوع البيانات مما ساعد في تحسين أداء النموذج في التعامل مع التباينات المختلفة في الصور البيئية. هذا وأدى النموذج أداءً عالياً، مما يشير إلى قدرته على التقاط حالات الإيجابية الحقيقية بشكل دقيق مع تقليل الإيجابيات الكاذبة. كما أظهرت النتائج إمكانية تطبيق الأداة في جامعة الموصل حيث ساعدت في تقديم تحليلات دقيقة للتغيرات البيئية وتحديد أثر الأعمال البشرية على البيئة. إن النتائج تعزز من قابلية استخدام الأداة في تطبيقات بيئية أوسع في المستقبل، مثل مراقبة تدهور الأراضي أو التغيرات في الغابات.

تم بناء ثلاث مجموعات للبيانات في نموذج تجزئة الصور لدعم أهداف هذه الرسالة، وعة الأولى تقييم أداء النموذج في تجزئة الصور باستخدام شبكة التعلم العميق المهجنة U-Net with ResNet Backbone والمكونة من 1500 صورة. أما المجموعة الثانية، التي تتألف من 4500 صورة، والمجموعة الثالثة 308 قد تم تصميمها بشكل منفصل لاستخدامها في اختبار الأداة المقترحة.

وأظهرت نتائج التدريب والتحقق والاختبار لنموذج التعلم العميق لتجزئة الصور لمجموعة البيانات الأولى بنسبة (80%) أما بالنسبة لمجموعة البيانات الثانية فكانت الدقة الإجمالية بنسبة (92%) حققت هذه النسبة أداءً واعداً في تحقيق أهداف البحث وتم تحقيق استقرار ملحوظ في دقة النموذج، مع تحسن تدريجي في معايير التحقق، مما يعكس فاءة النموذج في تعلم الأنماط المعقدة من مجموعة البيانات. وبهذا أثبت النموذج قدرته على تجزئة الصور بدقة عالية، مما يؤكد جاهزيته للاستخدام في التطبيقات المستهدفة. أما بالنسبة لتقييم أداء الأداة المقترحة باستخدام مجموعة البيانات المصممة (308 صورة)، فقد أظهرت النتائج فعالية الأداة في تقديم أدلة دقيقة ومنتسقة مع الأهداف المرجوة

وتوصلت الدراسة إلى أن اختيار ResNet50 كنموذج U-Net Encoder كان الخيار الأمثل لنموذج تجزئه الصور بسبب تحقيقه لتوازن مناسب بين الأداء وكفاءة مقارنة بالإصدارات الأخرى مثل ResNet101 أو ResNet152 و ResNet18. وقد أثبت هذا النموذج فعاليته في تحليل صور الأقمار الصناعية البيئية، مما ساعد في دعم الاستدامة البيئية عن طريق زيادة المناطق الخضراء والتقليل من المناطق المتصحرة. من ناحية أخرى، أكدت الدراسة أهمية استخدام البرمجة الخضراء و البرمجة النظيفة ومبادئ هندسة البرمجيات المستدامة في تعزيز عمليات البرمجية وتقليل الأثر الكربوني، مما يسهم في دعم الاستدامة البيئية أثناء تطوير الـ يات.

**Ministry of Higher Education and
Scientific Research
University of Mosul
College of Computer Science and
Mathematics
Department of Software**



Software Engineering Sustainability Based on Deep Learning "Iraq as a Case Study"

**A Thesis Submitted to the Council of the College of
Computer Science and Mathematics
University of Mosul
as a Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Master in
Software**

By

Arwa Fathi Obaid Dawood

Supervised by

Prof. Dr. Laheeb Mohammed Ibrahim

Abstract

In a world facing increasing environmental challenges, it has become essential to seek innovative solutions that combine modern technologies with environmental protection. Sustainable software engineering emerges as one of the most important tools contributing to this goal, aiming to develop software systems that adhere to the principles of efficiency and sustainability by reducing resource consumption, lowering carbon emissions, and intensifying environmentally responsible practices. Its goal goes beyond enhancing software performance to include reducing the environmental impact of the technology industry as a whole, making it a key partner in addressing global environmental challenges such as climate change and the depletion of natural resources. By adopting eco-friendly practices in software design and operation, sustainable software engineering can help build a more environmentally sustainable digital future. Environmental fluctuations are among the critical issues that require detailed analysis and continuous monitoring to ensure the sustainability and protection of natural resources from destructive human activities. In this context, the fields of sustainable software engineering and artificial intelligence contribute significantly to enhancing environmental analysis capabilities, particularly AI in environmental image segmentation and the extraction of vital information.

This study aims to develop an innovative tool based on deep learning techniques for analyzing satellite images to achieve sustainability, by hybridizing the U-Net and ResNet50 algorithms. The focus was on enhancing model performance and providing sustainable solutions through green and clean coding practices to achieve maximum efficiency in resource utilization and reduce the environmental impact of technology. The study addresses the tool design, processing methods, and results that contribute to supporting environmental research by integrating sustainable software engineering and artificial intelligence.

The proposed tool (SustainGreen Iraq: Sustainability Tool for Green Areas in Iraq) demonstrated significant effectiveness in analyzing environmental changes using the principles of sustainable software engineering and artificial intelligence. ResNet50 was selected as the backbone network for integration with U-Net after testing other ResNet versions (ResNet18, ResNet34, ResNet101, ResNet152). ResNet50 stood out due to its ideal balance between performance and computational efficiency. It has sufficient depth to extract fine features from images without overfitting or the high computational requirements seen in deeper networks like ResNet101 and ResNet152. Additionally, ResNet50 outperformed shallower versions like ResNet18 and ResNet34 in terms of accuracy, making it the optimal choice for integration with U-Net in satellite image segmentation applications. Moreover, using ResNet50 contributes to energy reduction and environmental sustainability, which is a crucial aspect of modern research.

ResNet50 delivered promising results in segmenting satellite images through the proposed hybrid model (U-Net with ResNet50 Backbone), using data augmentation techniques such as rotation, zooming, and flipping to increase data diversity. This helped improve the model's performance in handling various environmental image variations. The model achieved high performance, indicating its capability to accurately capture true positive cases while minimizing false positives. The results also showed the tool's applicability at the University of Mosul, where it provided accurate environmental change analyses and identified the impact of human activities

on the environment. These outcomes enhance the potential for broader environmental applications of the tool in the future, such as monitoring land degradation or forest changes.

Three datasets were built for image segmentation to support the research objectives. The first dataset, comprising 1500 images, was used to evaluate the model's performance with the hybrid deep learning network (U-Net with ResNet Backbone). The second dataset, consisting of 4500 images, and the third dataset, with 308 images, were separately designed for testing the proposed tool.

The training, validation, and testing results of the deep learning image segmentation model for the first dataset showed an accuracy of 80%. For the second dataset, the overall accuracy reached 92%, reflecting promising performance in achieving the research objectives. The model demonstrated noticeable stability in accuracy with gradual improvements in validation metrics, indicating its efficiency in learning complex patterns from the dataset. Thus, the model proved its capability in segmenting images with high accuracy, confirming its readiness for targeted applications. Regarding the evaluation of the proposed tool using the specially designed dataset (308 images), results showed the tool's effectiveness in delivering accurate and consistent outputs aligned with the intended objectives.

The study concluded that selecting ResNet50 as the encoder model for U-Net was the optimal choice for the image segmentation model due to its balanced performance and efficiency compared to other versions such as ResNet101, ResNet152, or ResNet18. This model demonstrated its effectiveness in analyzing environmental satellite images, supporting environmental sustainability by increasing green areas and reducing desertified zones. Additionally, the study emphasized the importance of using green and clean coding practices, as well as sustainable software engineering principles, to enhance software development efficiency and reduce carbon footprints—ultimately contributing to environmental sustainability in software development.