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

Image Classification based on Deep Learning and Fuzzy Logic

**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 Doctor of Philosophy in
Computer Science**

By

Dhafar Fakhry Hasan Mohammed

Supervised by

Asst. Prof. Dr. AbdulSattar Mohamed Khidhir Mustafa

2023 A.D. **1445 A.H.**

Abstract

The advancements in Artificial Intelligence(AI) technology have undergone substantial growth in recent years, resulting in their widespread integration into various facets of our everyday existence. In the field of healthcare, there is a growing emphasis on the utilization of AI technology for the purpose of implementing practical medical interventions. The rapid advancements in machine learning algorithms and hardware performance have led to high expectations for the significant role that AI technology will play in the efficient analysis and utilization of extensive health and medical data. Deep learning has brought about a significant transformation in diverse domains, such as computer vision and natural language processing., reinforcement learning, and the health field by leveraging large-scale neural networks to extract complex patterns from data. However, these deep learning models often face challenges in dealing with uncertainties, imprecision, and real-world scenarios characterized by ambiguous information.

Integrating fuzzy logic with deep learning can provide many benefits for the capabilities and performance of AI systems in various applications, such as reducing data requirements, improving robustness, and dealing with uncertainty. In summary, the combination of fuzzy logic and deep learning provides a powerful way to address complex real-world problems by enhancing the power, explainability, and efficiency of AI systems. The specific benefits gained depend on the application and integration approach used.

In this work, an artificial intelligent system consisting of four models is presented. In the first model (CNNMP), the traditional CNN algorithm was used for the purpose of classifying the used datasets, while the second model(CNNFP) improves the pooling layer in the CNN algorithm by removing defects in max pooling layer by adding fuzzy logic to this layer. In third model(VGG16SM), the transfer learning feature will be exploited using the VGG16 algorithm to create a model for the purpose of classifying the data sets used. In the fourth and final model(VGG16FSM) the fuzzy logic of the SoftMax layer was introduced into the VGG16 algorithm to get rid of the problems of this layer, which are losing accurate information and exaggerating the differences between the values used. The datasets used with the four models are Kaggle for brain tumors and MNIST for handwriting.

The four models were trained on both datasets using the cross-validation technique in the most efficient way. The strategy used in this technique is Simple K-Fold. The results are presented using the confusion matrix and related metrics for the purpose of evaluating the performance of the four proposed models. After reviewing the results obtained through implementation, it was found that an improvement was achieved on both Max Pooling and SoftMax, and when comparing the improvement achieved in both models, it was noted that the second model, CNNFP, achieved higher results than the fourth model, VGG16FSM, as the accuracy of the results for the second model was increased from 58 % to approximately 97%. As for the fourth model, the accuracy increased from 72% to approximately 79%. Note that the improvement was useful for images with large dimensions and high resolution.

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

تصنيف الصور بالاعتماد على التعلم العميق والمنطق المضبب

اطروحة مقدمة
الى مجلس كلية علوم الحاسوب والرياضيات في جامعة الموصل
كجزء من متطلبات نيل شهادة دكتوراه فلسفة في
علوم الحاسوب

من قبل

ظفر فخري حسن محمد

بإشراف
أ.م.د. عبدالستار محمد خضر مصطفى

١٤٤٥ هـ ٢٠٢٣ م

المستخلص

تطورت تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل ملحوظ في السنوات الأخيرة، وأصبحت واقعًا في العديد من مجالات حياتنا اليومية. وفي مجال الرعاية الصحية على وجه الخصوص، يتم بذل العديد من الجهود لتطبيق تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي على العلاجات الطبية العملية. ومع التطورات السريعة في خوارزميات التعلم الآلي والتحسينات في أداء الأجهزة، من المتوقع أن تلعب تقنية الذكاء الاصطناعي دورًا مهمًا في تحليل واستخدام كميات كبيرة من البيانات الصحية والطبية بشكل فعال. لقد أحدث التعلم العميق ثورة في مجالات مختلفة، بما في ذلك رؤية الكمبيوتر، ومعالجة اللغة الطبيعية، والتعلم المعزز، والمجال الصحي من خلال الاستفادة من الشبكات العصبية واسعة النطاق لاستخراج أنماط معقدة من البيانات. ومع ذلك، غالبًا ما تواجه نماذج التعلم العميق هذه تحديات في التعامل مع حالات عدم اليقين وعدم الدقة وسيناريوهات العالم الحقيقي التي تتميز بمعلومات غامضة.

يمكن أن يوفر دمج المنطق الغامض مع التعلم العميق العديد من الفوائد، مما يعزز قدرات وأداء أنظمة الذكاء الاصطناعي في التطبيقات المختلفة، مثل تقليل متطلبات البيانات، وتحسين المتانة، والتعامل مع عدم اليقين. باختصار، يوفر الجمع بين المنطق الغامض والتعلم العميق طريقة قوية لمعالجة مشكلات العالم الحقيقي المعقدة من خلال تعزيز قوة أنظمة الذكاء الاصطناعي وقابلية شرحها وكفاءتها. وتعتمد الفوائد المحددة المكتسبة على نهج التطبيق والتكامل المستخدم.

في هذا العمل تم تقديم نظام ذكاء اصطناعي مكون من أربعة نماذج. في النموذج الأول تم استخدام خوارزمية CNN التقليدية لغرض تصنيف مجموعات البيانات المستخدمة، بينما قام النموذج الثاني بتحسين طبقة التجميع في خوارزمية CNN من خلال إزالة العيوب في هذه الطبقة عن طريق إضافة منطق غامض لهذه الطبقة. وفي النموذج الثالث تم استغلال خاصية نقل التعلم باستخدام خوارزمية VGG16 لإنشاء نموذج لغرض تصنيف مجموعات البيانات المستخدمة. النموذج الرابع والأخير والذي تم فيه إدخال المنطق الضبابي لطبقة SoftMax في خوارزمية VGG16 للتخلص من مشاكل هذه الطبقة وهي فقدان المعلومات الدقيقة وتضخيم الفروق بين القيم المستخدمة. مجموعات البيانات المستخدمة مع النماذج الأربعة هي Kaggle لأورام المخ وMNEST للكتابة اليدوية.

تم تدريب النماذج الأربعة على كلا المجموعتين باستخدام تقنية التحقق المتبادل بالطريقة الأكثر فعالية. الإستراتيجية المستخدمة في هذه التقنية هي Simple K-Fold تم عرض النتائج باستخدام مصفوفة الارباك والمقاييس ذات الصلة لغرض تقييم أداء النماذج الأربعة المقترحة. وبعد مراجعة النتائج التي تم الحصول عليها من خلال التنفيذ وجد أنه تم تحقيق تحسن على كل من Max Pooling و SoftMax، وعند مقارنة التحسن المتحقق في كلا النموذجين لوحظ أن النموذج الثاني CNNFP حقق نتائج أعلى من النموذج الرابع VGG16FSMحيث تم زيادة دقة النتائج للنموذج الثاني من٥٨% الى ٩٧% تقريبا. اما النموذج الرابع فقد ازدادت الدقة من ٧٢% الى ٧٩% تقريبا. علما أن التحسين كان مفيدًا للصور ذات الأبعاد الكبيرة والدقة العالية.