

Abstract

COVID-19 is a severe respiratory tract infections. COVID-19 caused by SARS-CoV-2 can readily spread through a contact with an infected person. Monotonically increasing SARS-CoV-2 infections have not only wasted lives but also severely damaged the financial systems of both developing and developed countries. This high spread rate pressure on the health care systems which rise the need to fast methods for diagnosing this disease. Convolutional Neural Networks (CNN) show a great success for various computer vision tasks. However, CNN is a scale-variant model and computationally expensive. In this Thesis, a novel architectures are proposed for multiscale feature extraction and classification and lightweight architecture for COVID-19 diagnosing. The proposed I which is a lightweight CNN model exploits spatial kernel separability to reduce the number of the training parameters to a large extent and regularize the model to only learns linear kernel. Furthermore, This model uses residual connection and batch normalization extensively to maintain the network stability during the training process and provide the model with the regularization effect to reduce the overfitting. Proposed CNN II learns multiscale features using a pyramid of shared convolution kernels with different atrous rates. This scale invariant CNN uses attention based mechanism that is used to guide and select correct scale for each input. Proposed CNN II is an end-to-end trainable network and exploit a novel augmentation technique, Texture Augmentation, to reduce the overfitting. The lightweight architecture is trained using QaTa-Cov19 benchmark dataset achieving 100% for accuracy, sensitivity, precision and F1-score with a very low parameter count (150K) compared with the other methods in the literature. Proposed method II achieved a 0.9929 for *F1 — score* tested on QaTa-Cov19 benchmark dataset with a total of 5,040,571 trainable parameters.

نبذة الرسالة

كوفيد 19 هو التهاب حاد في الجهاز التنفسي. يمكن أن ينتشر كوفيد 19 الناجم عن SARS-CoV-2 بسهولة من خلال الاتصال بشخص مصاب. إن التزايد الشديد للعدوى بفيروس SARS-CoV-2 لم يهدر الأرواح فحسب، بل أدى أيضاً إلى إلحاق أضرار جسيمة بالنظم المالية في كل من البلدان النامية والمتقدمة. هذا المعدل العالي في الانتشار يضع ضغطاً عالياً على أنظمة الرعاية الصحية مما يزيد من الحاجة إلى طرق سريعة لتشخيص هذا المرض. تُظهر الشبكات العصبية التلافيفية (CNN) نجاحاً كبيراً في مهام الرؤية الحاسوبية المختلفة. ومع ذلك، يعد CNN نموذجاً متغيراً scale-invariant ومكلفاً من الناحية الحسابية. في هذه الرسالة، تم اقتراح هياكل جديدة لاستخراج الميزات متعددة النطاقات وتصنيفها ونموذج خفيفة الوزن في الحسابات لتشخيص كوفيد 19. يستغل النموذج I المقترح وهو نموذج CNN خفيف الوزن في الحسابات قابلية فصل kernel المكانية لتقليل عدد متغيرات التدريب إلى حد كبير وتنظيم النموذج لتعلم kernel خطية فقط. علاوة على ذلك، يستخدم هذا النموذج الاتصال BatchNorm Residual وتطبيع الدفعات على نطاق واسع للحفاظ على استقرار الشبكة أثناء عملية التدريب وتزويد النموذج بتأثير التنظيم Regularization لتقليل التجهيز الزائد Overfitting. يتعلم II CNN المقترح ميزات متعددة النطاقات Multiscale باستخدام هرم Convolution Atrous المشتركة بمعدلات Dilation مختلفة. يستخدم CNN آلية قائمة على الانتباه Attention تُستخدم لتوجيه واختيار المقياس الصحيح لكل إدخال. إن شبكة II CNN المقترحة هي شبكة تدريب شاملة وتستغل تقنية زيادة جديدة، وهي Augmentation Texture، لتقليل التجهيز الزائد. يتم تدريب البنية خفيفة الوزن باستخدام مجموعة البيانات المعيارية QaTa-Cov19 التي تحقق 100٪ من الدقة والحساسية والدقة ودرجة F1 مع عدد معلمات منخفض جداً (150K) مقارنة بالطرق الأخرى في الأعمال السابقة. حققت الطريقة المقترحة II 0.9929 لدرجة F1 التي تم اختبارها على مجموعة البيانات المعيارية QaTa-Cov19 بإجمالي 5,040,571 متغير قابلة للتدريب.



Faculty of Computers and Information



Menoufia University

Automated detection of COVID-19 cases in digital medical images

Thesis Submitted in Accordance with Partial Fulfillment of Requirements of
Menoufia University for the Degree of Master in Computers and Information

In
[Information Technology]

By

Mahmoud Zaky Fetoh AtaALLAH

Supervised By

Prof. Dr: Khalid M. Amin

Professor at
Information Technology Department,
Faculty of Computers and Information,
Menoufia University

[]

Dr: Ahmed M. Hamad

assistant Professor at
Information Technology Department,
Faculty of Computers and Information,
Menoufia University

[]

2023



Faculty of Computers and Information



Menoufia University

Automated detection of COVID-19 cases in digital medical images

Thesis Submitted in Accordance with Partial Fulfillment of Requirements of Menoufia University for the Degree of Master in Computers and Information

In
[Information Technology]

By

Mahmoud Zaky Fetoh AtaALLAH
Demonstrator at Information technology, menofia university
Examination Committee

Prof. -----

[]

Prof. -----

[]

Prof. -----

[]

2023

AUTHOR BIOGRAPHY

Name:	Mahmoud Zaky Fetoh AtaALLAH
Occupation:	Demonstrator at Information technology
Occupation Place:	Faculty of computer and Information, menofia university
Date of Birth:	02/02/1997
Educational Degrees:	B.Sc. In Information Technology
Educational Institution:	Faculty of computer and Information, menofia university
Date of graduation:	May 2019
B.Sc. Registration Date:	25/ 02 / 2021



كلية الحاسبات و المعلومات



جامعة المنوفية

التعرف الآلي علي حالات كوفيد 19 في الصور الطبية الرقمية

رسالة مقدمة إلى كلية الحاسبات والمعلومات-جامعة المنوفية لاستكمال
متطلبات الحصول على درجة الماجستير في الحاسبات والمعلومات
في
[تكنولوجيا المعلومات]

مقدمة من:

محمود زكى فتوح عطاالله

معيد بقسم تكنولوجيا المعلومات كليه الحاسبات والمعلومات جامعه المنوفيه
لجنة التحكيم

اسم المحكم

.....

اسم المحكم

.....

[

]

[

]

اسم المحكم

.....

[

]



كلية الحاسبات و المعلومات



جامعة المنوفية

التعرف الآلي علي حالات كوفيد 19 في الصور الطبية الرقمية

رسالة مقدمة إلى كلية الحاسبات والمعلومات-جامعة المنوفية لاستكمال
متطلبات الحصول على درجة الماجستير في الحاسبات والمعلومات
في
[تكنولوجيا المعلومات]

مقدمة من:

محمود زكى فتوح عطاالله

معيد بقسم تكنولوجيا المعلومات بكلية الحاسبات والمعلومات جامعه المنوفيه

تحت إشراف

د. احمد محمود حماد

مدرس بقسم تكنولوجيا المعلومات
بكلية الحاسبات والمعلومات جامعه
المنوفيه

[]

أ.د خالد محمد امين

وكيل الكلية لشئون الدراسات
العليا والبحوث بكلية الحاسبات
والمعلومات جامعه المنوفيه

[]

موجز الرسالة

الجائحة الناجمة عن فيروس كورونا (COVID-19) تسببت في التهابات شديدة في المجاري التنفسية انتشرت بسرعة من خلال الاتصال بالأفراد المصابين، مما أدى إلى فقدان فادح للأرواح وتدمير اقتصادي على نطاق عالمي. وقد وضعت معدلات الانتقال العالية ضغطاً هائلاً على أنظمة الرعاية الصحية لتطوير طرق سريعة ودقيقة لتشخيص المرض. وقد أظهرت الشبكات العصبية التكرارية (CNNs) نجاحاً في مهام مختلفة في الرؤية الحاسوبية، ولكنها تعتبر متغيرة المقياس ومكلفة حسابياً. في هذه الرسالة، اقترحنا تصميمات جديدة لاستخراج المعالم والتصنيف متعددة المقاييس، بالإضافة إلى تصميم خفيف الوزن لتشخيص COVID-19. يستغل النموذج CNN-I الخفيف المقترح الفصلية المصفوفية للنواة الفضائية لتقليل عدد معاملات التدريب بشكل كبير، ويتم تنظيم النموذج ليتعلم فقط النوى الخطية. وتستخدم اتصالات البقاء والتعادل على مجموعات كبيرة للحفاظ على استقرار الشبكة وتقليل التكيف المفرط. قننا بتدريب هذا التصميم الخفيف على مجموعة البيانات المرجعية، QaTa-Cov19 وحققنا دقة وحساسية ودقة و F1-score بنسبة 100% بعدد معاملات تدريب قدره 150 ألف فقط، وهو أقل بكثير من الأساليب الأخرى في الأدبيات. وكعمل مستقبلي، يمكن استكشاف الاهتمام والاهتمام بالسياق لتعزيز الأداء بشكل أفضل، ويمكن أن يكون تقييم الانحراف الزمني في سياق الفصلية الفضائية مفيداً.

التصميم الثاني الذي قدمناه، CNN-II، يتعلم الميزات متعددة المقاييس باستخدام هرم من نوى التبعية المشتركة بمعدلات انحراف مختلفة، مما يجعله مقاساً. يتم استخدام آلية قائمة على الاهتمام لتوجيه واختيار المقياس الصحيح لكل إدخال. CNN-II هو شبكة قابلة للتدريب من البداية إلى النهاية تستغل تقنية التعزيز الجديدة، التعزيز النسيجي، لتقليل التكيف المفرط. حقق هذا التصميم F1-score بنسبة 0.9929 عند اختباره على مجموعة بيانات المرجعية، QaTa-Cov19 مع إجمالي 5,040,571 معاملاً قابلاً للتدريب. نقترح أن SWASPP (التجفيف الهرمي الفضائي التجفيف الهرمي الفضائي للتجميع) يمكن أن يظهر أداءً عظيماً للتشريح، وخاصة الانحراف الزمني الناشئ في الأدبيات الخاصة بالتشريح. بالإضافة إلى ذلك، يمكن توسيع هذا العمل لتصنيف أنواع مختلفة من الالتهاب الرئوي.

في الخلاصة، تقدم هذه الرسالة العلمية تصاميم جديدة لتشخيص COVID-19 تتعامل مع القيود التي تواجه نماذج CNN التقليدية. حققت هذه التصاميم دقة عالية مع تقليل التكلفة الحسابية وعدد المعاملات. يمكن للأبحاث المستقبلية استكشاف آليات الانتباه وتقييم استخدام الانحراف الزمني الناشئ في السياق التبعي لتحسين الأداء. لدى هذا العمل القدرة على تحسين تشخيص COVID-19 والمساعدة في تطوير طرق سريعة وفعالة لمكافحة الأوبئة المستقبلية.

وتقسم الرسالة على النحو التالي:

- الفصل الاول: يحتوى على مقدمة عن مرض كوفيد19 والمشكلة التي تبحثها الرسالة. أيضا يتم عرض الطريقة المقترحة باختصار و الاسهامات التي تقدمها الرسالة في هذا المجال.
- الفصل الثاني: يعرض خلفية عامة عن الخوارزميات التي سيتم استخدامها لاقتراح حل لتحسين التنبؤ مرض كوفيد19.
- الفصل الثالث: هذا الفصل يعرض الطرق المقترحة سابقا والنتائج التي توصلوا اليها ومميزات وعيوب كل طريقة منهم.
- الفصل الرابع: يقدم وصفاً تفصيلياً عن اطار العمل المقترح الاول للتنبؤ بمرض كوفيد19 وأيضا كيف يتم تطبيقه على أحد البيانات الموجوده.
- الفصل الخامس: يقدم وصفاً تفصيلياً عن اطار العمل المقترح الثاني للتنبؤ بمرض كوفيد19.
- الفصل السادس: يوضح ويناقش النتائج التي حققتها المقترحات.
- الفصل السابع: يحتوي على عرض لما تم إنجازه في رساله وكذلك بعض النقاط المقترحة لدراسات المستقبلية.

Chapter 8

Summary

The COVID-19 pandemic has caused severe respiratory tract infections that have rapidly spread through contact with infected individuals, resulting in devastating loss of life and economic damage worldwide. The high rate of transmission has put tremendous pressure on healthcare systems to develop fast and accurate methods for diagnosing the disease. Convolutional Neural Networks (CNNs) have shown success in various computer vision tasks, but they are scale-variant and computationally expensive. In this thesis, we proposed novel architectures for multiscale feature extraction and classification, as well as a lightweight architecture for COVID-19 diagnosis.

The proposed lightweight CNN model, referred to as CNN-I, exploits spatial kernel separability to significantly reduce the number of training parameters, and regularizes the model to only learn linear kernels. To maintain network stability and reduce overfitting, residual connections and batch normalization are extensively used. We trained this lightweight architecture on the QaTa-Cov19 benchmark dataset, achieving 100% accuracy, sensitivity, precision, and F1-score with a parameter count of only 150K, which is significantly lower than other methods in the literature. As future work, attention and context attention can be explored to further enhance performance, and evaluating atrous convolution in the context of spatial separability may be beneficial.

Our second proposed architecture, CNN-II, learns multiscale features using a pyramid of shared convolution kernels with different atrous rates, making it scale-invariant. An attention-based mechanism is used to guide and select the correct scale for each input. CNN-II is an end-to-end trainable network that exploits a novel augmentation technique, Texture Augmentation, to reduce overfitting. This architecture achieved an F1-score of 0.9929 when tested on the QaTa-Cov19 benchmark dataset, with a total of 5,040,571 trainable parameters. We suggest that the SWASPP (Spatial Pyramid Atrous Spatial Pyramid

Pooling) can show great performance for segmentation, especially atrous convolution originating in the segmentation literature. Additionally, this work can be extended to classify various types of pneumonia.

In conclusion, this thesis proposes novel architectures for COVID-19 diagnosis that address the limitations of traditional CNN models. These architectures achieved high accuracy while reducing computational cost and parameter count. Further research can explore attention mechanisms and evaluate the use of atrous convolution in the context of spatial separability to improve performance. This work has the potential to improve COVID-19 diagnosis and aid in the development of fast and effective methods to combat future pandemics.

- **Chapter 1:** briefly discussed the history of COVID-19 and the importance of automating COVID-19 detection.
- **Chapter 2:** includes required Background to understand the Thesis.
- **Chapter 3:** includes and illustrates the recent and related work in the COVID-19 detection literature.
- **Chapter 4:** presents the proposed work I which presents a lightweight classification model.
- **Chapter 5:** presents the proposed work II which includes the scale invariant model for COVID-19 classification.
- **Chapter 6:** illustrates the experimental results for both proposed work I and II and quantitative analysis of the proposed work I and II is provided.
- **Chapter 7:** concludes the thesis and provide planning for the future work as extension of the proposed approach