

**KLASIFIKASI CITRA PRAKANKER SERVIKS PADA
DATA INSPEKSI VISUAL ASAM ASETAT
MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK BERBASIS EXPLAINABLE
ARTIFICIAL INTELLIGENCE**



OLEH:

**AMAT SULISTIYO
09011181823136**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

**KLASIFIKASI CITRA PRAKANKER SERVIKS PADA
DATA INSPEKSI VISUAL ASAM ASETAT
MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK BERBASIS EXPLAINABLE
ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH:

AMAT SULISTIYO

09011181823136

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

KLASIFIKASI CITRA PRAKANKER SERVIKS PADA DATA INSPEKSI VISUAL ASAM ASETAT MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK BERBASIS EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:

AMAT SULISTIYO
09011181823136


Palembang, 22 Juli 2022

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer

Dr. Ir. H. Sukemi M.T.
NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir


Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.
NIP. 196908021994012001

AUTHENTICATION PAGE

CLASSIFICATION OF CERVICAL PRECANCER IMAGES ON VISUAL INSPECTION DATA OF ACETIC ACID USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK METHOD BASED ON EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

UNDERGRADUATE THESIS


Submitted to Complete One of the Conditions
Obtaining a Strata 1 Degree

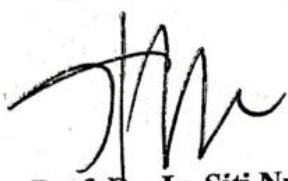
By:

AMAT SULISTIYO
09011181823136

Palembang, 22 July 2022

Acknowledge,

Head of Computer Systems
Department

Dr. Ir. H. Sukemi M.T.
NIP. 196612032006041001

Supervisor

Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.
NIP. 196908021994012001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada:

Hari : Jum'at

Tanggal : 01 Juli 2022

Tim Penguji:

1. Ketua Sidang : Dr. Ir. Bambang Tutuko, M.T

(.....)

2. Sekretaris Sidang : Iman Saladin B.Azhar. S.Kom.
M.MSI

(.....)

3. Penguji Sidang : Rossi Passarella, S.T., M.Eng.

(.....)

4. Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.

(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

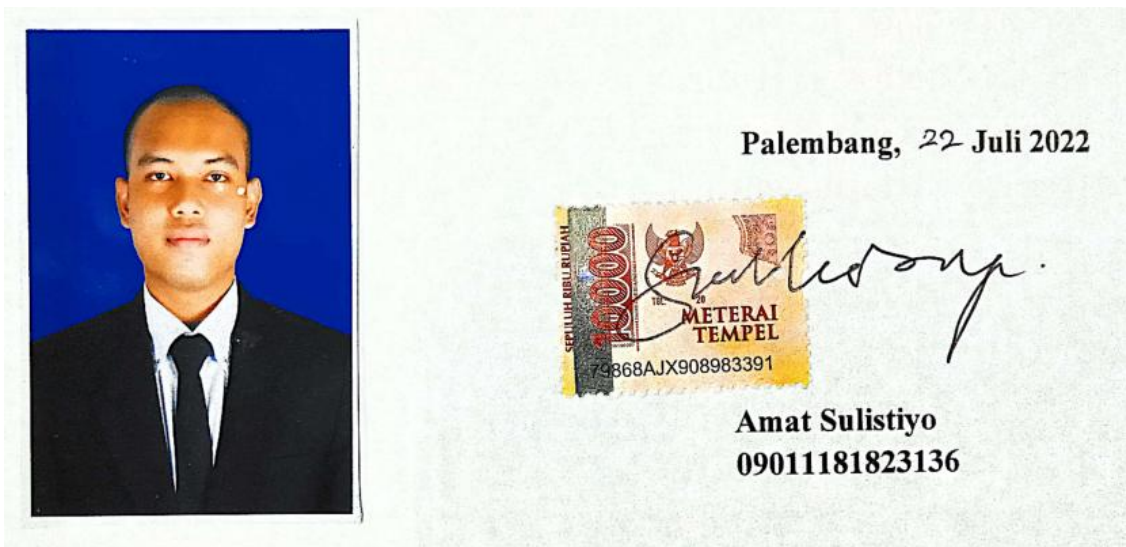
Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amat Sulistiyo
NIM : 09011181823136
Program Studi : Sistem Komputer
Judul Penelitian : Klasifikasi Prakanker Serviks Pada Data Inspeksi Visual
Asam Asetat Menggunakan Convolutional Neural
Network Berbasis Explainable Artificial Intelligence

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin*: 9%

Menyatakan bahwa laporan skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



HALAMAN PERSEMBAHAN

01010100 01100101 01110010 01101001 01101101 01100001 00100000
01101011 01100001 01110011 01101001 01101000 00100000 01110101
01101110 01110100 01110101 01101011 00100000 01101011 01100101
01100100 01110101 01100001 00100000 01101111 01110010 01100001
01101110 01100111 00100000 01110100 01110101 01100001 00100000
01110011 01100001 01111001 01100001 00100000 01100100 01100001
01101110 00100000 01100011 01100001 01101100 01101111 01101110
00100000 01101001 01110011 01110100 01110010 01101001 00100000
01010000 01110101 01110100 01110010 01101001 00100000 01010110
01101001 01101110 01100001 01110011 01100101 01101100 01101100
01100001 00100000 01010110 01110010 01100001 01110011 01100101
01100100 01111001 01100001 00001010 00001010 01010011 01100101
01101100 01100001 01101100 01110101 00100000 01100010 01100101
01110010 01110011 01111001 01110101 01101011 01110101 01110010
00100000 01100100 01100001 01101110 00100000 01100010 01100101
01110010 01100010 01110101 01100001 01110100 00100000 01101011
01100101 01100010 01100001 01101001 01101011 01100001 01101110
00100000 01100100 01101001 01101101 01100001 01101110 01100001
01110000 01110101 01101110 00100000 01100100 01100001 01101110
00100000 01101011 01100001 01110000 01100001 01101110 01110000
01110101 01101110 00001010 00001010 01010011 01100101 01101100
01100001 01101100 01110101 00100000 01100111 01110101 01101110
01100001 01101011 01100001 01101110 00100000 01101001 01101100
01101101 01110101 00100000 01110000 01100101 01101110 01100111
01100101 01110100 01100001 01101000 01110101 01100001 01101110
00100000 01110101 01101110 01110100 01110101 01101011 00100000
01101011 01100101 01101101 01100001 01110011 01100001 01101100
01100001 01101000 01100001 01110100 01100001 01101110 00100000
01100010 01100001 01101110 01100111 01110011 01100001 00100000
01100100 01100001 01101110 00100000 01101110 01100101 01100111
01100001 01110010 01100001 00101110 00001010 00001010 01010011

01100101 01100010 01100001 01101001 01101011 00100000 01100010
01100001 01101001 01101011 01101110 01111001 01100001 00100000
01101101 01100001 01101110 01110101 01110011 01101001 01100001
00100000 01111001 01100001 01101001 01110100 01110101 00100000
01100010 01100101 01110010 01101101 01100001 01101110 01100110
01100001 01100001 01110100 00100000 01100010 01100001 01100111
01101001 00100000 01101111 01110010 01100001 01101110 01100111
00100000 01101100 01100001 01101001 01101110 00101110 00001010
00001010 01010100 01100101 01110010 01100001 01101011 01101000
01101001 01110010 00100000 01110100 01100101 01110010 01101001
01101101 01100001 00100000 01101011 01100001 01110011 01101001
01101000 00100000 01101011 01100101 01110000 01100001 01100100
01100001 00100000 01011001 01100001 01101110 01100111 00100000
01001101 01100001 01101000 01100001 00100000 01001011 01110101
01100001 01110011 01100001 00100000 01000001 01101100 01101100
01100001 01101000 00100000 01010011 01010111 01010100 00101110

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji beserta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, taufik, dan hidayah-Nya yang sangat besar dan tidak pernah berhenti kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Klasifikasi Prakanker Serviks Pada Data Inspeksi Visual Asam Asetat Menggunakan Convolutional Neural Network Berbasis Explainable Artificial Intelligence”**.

Pada kesempatan kali ini, penulis banyak mendapatkan ide dan saran serta bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan hati yang tulus mengucapkan rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala dan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Orang tua saya tercinta Wachid dan adik saya Tika Lestari. Terimakasih untuk segala dukungan baik moril maupun materil doa serta motivasi selama ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE, selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir Penulis.
6. Bapak Rossi Passarella, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.

7. Bapak Ahmad Fali Oklilas, M.T., selaku Kepala Laboratorium Elektronika Dasar Indralaya.
8. Kak Muhammad Naufal, Mbak Ade Iriani Sapitri, Mbak Annisa Darmawahyuni dan semua teman-teman yang tergabung dalam grup riset citra ISYSRG BATCH III yang turut membantu memberikan arahan serta nasihat.
9. Terima kasih kepada teman-teman di kostan Lexsa, Hilal, Winda, Deri, Bayu, Doni, Cahyadi, Billy, Firas, Ari, Irwansyah, Bogik, Vidi, Rizki, Annisa, Adi, Alif, Refi, Adit senang bisa saling membantu.
10. Teman-teman di jurusan kelautan angkatan 2018, teman-teman di jurusan Ilmu tanah angkatan 2018 Adit, Gita, Dio. Terima kasih untuk Fajar atas membantu dalam menemani masa-masa sulit.
11. Teman - teman dari Jurusan Sistem Komputer yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Khususnya seluruh teman-teman dari kelas SK18A Indralaya.
12. Teman-teman bermain bulutangkis dan futsal Rendy, Faris, Rasyid, Ali.
13. Teman-teman organisasi Fasco, BEM Fasilkom, Himaja, NAC, Laboratorium Elektronika Dasar, teman-teman dalam perlombaan PMW, Bangkit, Balitbang SDM Kominfo, dan Badan Pusat Statistik Ogan Ilir.
14. Terima kasih kepada mantan-mantan yang telah mengisi waktu-waktu yang berharga dalam saya menjalani perkuliahan ini dan skripsi ini walaupun tidak bisa disebutkan satu persatu.
15. Terima kasih kepada Putri Vinasella Vrasedyia yang telah hadir dalam hidup saya senang bisa mengenal kamu, waktu telah berlalu dan terima kasih sudah menemani dalam perkuliahan ini, walaupun pertemuan kita diawali di akhir tahun 2021, tapi rasanya sungguh lama menanti kehadiran kamu, tak lelah berucap saya banyak mengucapkan terima kasih.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar lebih baik lagi dikemudian hari.

Akhir kata dengan segala keterbatasan, penulis berharap semoga skripsi ini menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palembang, 22 Juli 2022
Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Amat Sulistyo', with a large, sweeping flourish at the end.

Amat Sulistyo
NIM. 09011181823136

CLASSIFICATION OF CERVICAL PRECANCER IMAGES ON VISUAL INSPECTION DATA OF ACETIC ACID USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK METHOD BASED ON EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Amat Sulistiyo (09011181823136)

Department of Computer System, Faculty of Computer Science,
Sriwijaya University


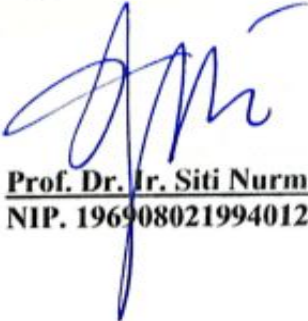
E-mail : amatsulistiyo@gmail.com

Abstract

This study focuses on Explainable Artificial Intelligence, based on cervical precancer data from Muh Hospital. Husein Palembang City. Cervical precancer data is classified using methods from Artificial Intelligence in this case Deep Learning such as ResNet50, MobileNetV2, and VGG16. The cervical precancer data used were 219 images or images and after the classification process with Deep Learning, the Grad-CAM method was applied, one of the methods of Explainable Artificial Intelligence. The results of the pre-cancer image classification process obtained the best value on the MobileNetV2 architecture with accuracy, sensitivity, and specificity values of 94.36%, 96.14%, and 91.83%. The results of the cervical precancer classification are used for evaluation of the black box system model with Grad-CAM to determine the system in decision making, and this architectural model is capable of making decisions based on the Grad-CAM method.

Keywords: Explainable Artificial Intelligence, Classification, Grad-CAM, Precancer

Palembang, 22 July 2022

<p>Head of Computer Systems Departemen Sistem Komputer  Dr. W. H. Sukemi M.T. NIP. 196612032006041001</p>	<p>Supervisor  Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T. NIP. 196908021994012001</p>
--	--

**KLASIFIKASI CITRA PRA KANKER SERVIKS PADA DATA INSPEKSI
VISUAL ASAM ASETAT MENGGUNAKAN METODE
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK BERBASIS EXPLAINABLE
ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Amat Sulistiyo (09011181823136)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

E-mail : amatsulistiyo@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada Explainable Artificial Intelligence, berdasarkan data prakanker serviks dari Rumah Sakit Muh. Husein Kota Palembang. Data prakanker serviks dilakukan klasifikasi menggunakan metode dari Artificial Intelligence dalam hal ini Deep Learning seperti ResNet50, MobileNetV2, dan VGG16. Data prakanker serviks yang digunakan sebanyak 219 gambar atau citra dan setelah proses klasifikasi dengan Deep Learning maka diterapkan metode Grad-CAM salah satu metode dari Explainable Artificial Intelligence. Hasil dari proses klasifikasi citra prakanker didapat nilai terbaik pada arsitektur MobileNetV2 dengan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifitas sebesar 94.36%, 96.14%, dan 91.83%. Hasil dari klasifikasi prakanker serviks digunakan untuk evaluasi dari black box sistem model dengan Grad-CAM untuk mengetahui sistem dalam pengambil keputusan, dan ini model arsitektur mampu dalam proses pengambilan keputusan berdasarkan metode Grad-CAM.

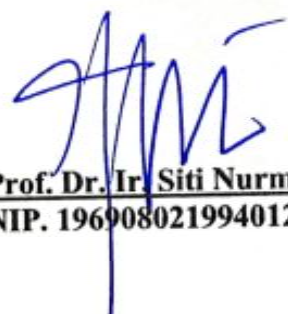
Kata Kunci : Explainable Artificial Intelligence, Klasifikasi, Grad-CAM, Prakanker serviks

Palembang, 22 Juli 2022

Ketua Jurusan Sistem Komputer


Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir


Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.
NIP. 196908021994012001

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Sung *et al.*, “Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries,” *CA. Cancer J. Clin.*, vol. 71, no. 3, pp. 209–249, 2021, doi: 10.3322/caac.21660.
- [2] Y. Matsuo *et al.*, “Deep learning, reinforcement learning, and world models,” *Neural Networks*, vol. 152, pp. 267–275, 2022, doi: 10.1016/j.neunet.2022.03.037.
- [3] R. R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das, R. Vedantam, D. Parikh, and D. Batra, “Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization,” *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 128, no. 2, pp. 336–359, 2020, doi: 10.1007/s11263-019-01228-7.
- [4] J. E. Luján-García, C. Yáñez-Márquez, Y. Villuendas-Rey, and O. Camacho-Nieto, “A transfer learning method for pneumonia classification and visualization,” *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 8, 2020, doi: 10.3390/AP10082908.
- [5] A. T. Lorenzi, K. J. Syrjänen, and A. Longatto-Filho, “Human papillomavirus (HPV) screening and cervical cancer burden. A Brazilian perspective Other viruses (e.g. pox, papilloma, parvo, reoviridae),” *Virol. J.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–6, 2015, doi: 10.1186/s12985-015-0342-0
- [6] Daherba. (2019, Mar.) Daherba.com. [Online].
<https://www.deherba.com/wp-content/uploads/2019/03/Mutasi-Sel-Sel-Menjadi-Kanker.jpg>.
- [7] N. Poondla *et al.*, “Cervical cancer in the era of precision medicine: A perspective from developing countries,” *Adv. Cancer Biol. - Metastasis*, vol. 3, no. November, p. 100015, 2021, doi: 10.1016/j.adcanc.2021.100015.
- [8] M. Drolet *et al.*, “Optimal human papillomavirus vaccination strategies to prevent cervical cancer in low-income and middle-income countries in the context of limited resources: a mathematical modelling analysis,” *Lancet Infect. Dis.*, vol. 21, no. 11, pp. 1598–1610, 2021, doi: 10.1016/S1473-3099(20)30860-4.
- [9] ICO, “Human Papillomavirus and Related Diseases Report,” no. October, 2016, [Online]. Available: www.hpvcentre.com.

- [10] materikimia. (2019, June) materikimia.com. [Online].
<https://materikimia.com/wp-content/uploads/2019/06/Anatomi-Alat-Reproduksi-Wanita-Bagian-Dalam.jpg>.
- [11] Kementerian Kesehatan, *Pedoman Teknis Pengendalian Kanker Payudara & Kanker Leher Rahim*, 1st ed., Kementerian Kesehatan, Ed. Jakarta, Indonesia: Direktorat Jenderal PP & PL, 2013..
- [12] Tim Riset IDNMEDIS. (2020, Jan.) idnmedis.com. [Online].
<https://idnmedis.com/wp-content/uploads/2020/01/kanker-serviks-min.jpg>.
- [13] J. M. Czum, “Dive Into Deep Learning,” *J. Am. Coll. Radiol.*, vol. 17, no. 5, pp. 637–638, 2020, doi: 10.1016/j.jacr.2020.02.005.
- [14] L. Fausett, “Fundamentals of Neural Networks Architectures, Algorithms, and Applications,” pp. 1–476, 1994.
- [15] S. Loussaief and A. Abdelkrim, “Deep learning vs. bag of features in machine learning for image classification,” *2018 Int. Conf. Adv. Syst. Electr. Technol. IC_ASET 2018*, pp. 6–10, 2018, doi: 10.1109/ASET.2018.8379825.
- [16] Samuel Sena. (2017, November) medium.com. [Online].
https://miro.medium.com/max/1400/1*XbuW8WuRrAY5pC4t-9DZAQ.jpeg.
- [17] G. Ososkov and P. Goncharov, “Shallow and deep learning for image classification,” *Opt. Mem. Neural Networks (Information Opt.*, vol. 26, no. 4, pp. 221–248, 2017, doi: 10.3103/S1060992X1704004X.
- [18] S. Pouyanfar *et al.*, “A survey on deep learning: Algorithms, techniques, and applications,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 51, no. 5, 2018, doi: 10.1145/3234150.
- [19] S. J. Lee, T. Chen, L. Yu, and C. H. Lai, “Image Classification Based on the Boost Convolutional Neural Network,” *IEEE Access*, vol. 6, no. c, pp. 12755–12768, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2796722.
- [20] Gilang Trisetya Indrawan. (2020, Maret) Repository UM Jember. [Online].
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRy2pQ_wncoYYJ7oeulJEfQ2hTgWvMj_moMrg&usqp=CAU.
- [21] N. S. Kavya, N. Veeranjanyulu, and D. D. Priya, “Detecting Covid19 and Pneumonia from chest X-Ray images using Deep Convolutional Neural

- Networks,” *Mater. TODAY Proc.*, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.05.199.
- [22] M. B. Hossain, S. M. H. S. Iqbal, M. M. Islam, M. N. Akhtar, and I. H. Sarker, “Transfer learning with fine-tuned deep CNN ResNet50 model for classifying COVID-19 from chest X-ray images,” *Informatics Med. Unlocked*, vol. 30, no. March, p. 100916, 2022, doi: 10.1016/j.imu.2022.100916.
- [23] Seb. (2022, February) programmatically. [Online]. <https://programmatically.com/wp-content/uploads/2022/01/Screenshot-2022-01-30-at-08.57.06.png>.
- [24] Mengmeng Li, Zixia Tang Xiaoqin Wang. (2020, September) MDPI. [Online]. <https://www.researchgate.net/profile/Mengmeng-Li-29/publication/344190091/figure/fig3/AS:934172847796224@1599735571432/The-framework-of-the-Resnet50-The-Resnet50-model-trained-on-ImageNet-which-is.png>.
- [25] P. Nagrath, R. Jain, A. Madan, R. Arora, P. Kataria, and J. Hemanth, “SSDMNV2: A real time DNN-based face mask detection system using single shot multibox detector and MobileNetV2,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 66, no. August 2020, p. 102692, 2021, doi: 10.1016/j.scs.2020.102692.
- [26] M. Toğaçar, Z. Cömert, and B. Ergen, “Corrigendum to ‘Intelligent skin cancer detection applying autoencoder, MobileNetV2 and spiking neural networks’ *Chaos, Solitons & Fractals* 144 (2021) 110714(S0960077921000679)(10.1016/j.chaos.2021.110714),” *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 146, p. 110833, 2021, doi: 10.1016/j.chaos.2021.110833.
- [27] R. Indraswari, R. Rokhana, and W. Herulambang, “Melanoma image classification based on MobileNetV2 network,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 197, pp. 198–207, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.12.132.
- [28] Z. Song, L. Fu, J. Wu, Z. Liu, R. Li, and Y. Cui, “Kiwifruit detection in field images using Faster R-CNN with VGG16,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 30, pp. 76–81, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.12.500.
- [29] T. He, J. Li, P. Wang, and Z. Zhang, “Artificial intelligence predictive system of individual survival rate for lung adenocarcinoma,” *Comput. Struct. Biotechnol. J.*, vol. 20, pp. 2352–2359, 2022, doi: 10.1016/j.csbj.2022.05.005.

- [30] L. Kong and J. Cheng, “Biomedical Signal Processing and Control Classification and detection of COVID-19 X-Ray images based on DenseNet and VGG16 feature fusion,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 77, no. April, p. 103772, 2022, doi: 10.1016/j.bspc.2022.103772.
- [31] J. Praveen Gujjar, H. R. Prasanna Kumar, and N. N. Chiplunkar, “Image classification and prediction using transfer learning in colab notebook,” *Glob. Transitions Proc.*, vol. 2, no. 2, pp. 382–385, 2021, doi: 10.1016/j.gltp.2021.08.068.
- [32] G. Alicioglu and B. Sun, “A survey of visual analytics for Explainable Artificial Intelligence methods,” *Comput. Graph.*, vol. 102, no. xxxx, pp. 502–520, 2022, doi: 10.1016/j.cag.2021.09.002.
- [33] M. S. Raunak and R. Kuhn, “Explainable artificial intelligence and machine learning [Guest Editors’ introduction],” *Computer (Long Beach, Calif.)*, vol. 54, no. 10, pp. 25–27, 2021, doi: 10.1109/mc.2021.3099041.
- [34] B. H. M. van der Velden, H. J. Kuijf, K. G. A. Gilhuijs, and M. A. Viergever, “Explainable artificial intelligence (XAI) in deep learning-based medical image analysis,” *Med. Image Anal.*, vol. 79, p. 102470, 2021, doi: 10.1016/j.media.2022.102470.
- [35] J. H. Park, H. S. Jo, S. H. Lee, S. W. Oh, and M. G. Na, “A reliable intelligent diagnostic assistant for nuclear power plants using explainable artificial intelligence of GRU-AE, LightGBM and SHAP,” *Nucl. Eng. Technol.*, vol. 54, no. 4, pp. 1271–1287, 2022, doi: 10.1016/j.net.2021.10.024.
- [36] C. Molnar, “Interpretable Machine Learning. A Guide for Making Black Box Models Explainable.,” *Book*, p. 247, 2019, [Online]. Available: <https://christophm.github.io/interpretable-ml-book>.
- [37] H. Panwar, P. K. Gupta, M. K. Siddiqui, R. Morales-Menendez, P. Bhardwaj, and V. Singh, “A deep learning and grad-CAM based color visualization approach for fast detection of COVID-19 cases using chest X-ray and CT-Scan images,” *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 140, p. 110190, 2020, doi: 10.1016/j.chaos.2020.110190.
- [38] H. Yang, K. Zheng, and J. Li, “Open set recognition of underwater acoustic targets based on GRU-CAE collaborative deep learning network,” *Appl. Acoust.*, vol. 193, p. 108774, 2022, doi: 10.1016/j.apacoust.2022.108774.

- [39] J. E. Luján-García, C. Yáñez-Márquez, Y. Villuendas-Rey, and O. Camacho-Nieto, “A transfer learning method for pneumonia classification and visualization,” *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 8, 2020, doi: 10.3390/APP10082908.
- [40] Q.-H. Lin, Y.-W. Niu, J. Sui, W.-D. Zhao, C. Zhuo, and V. D. Calhoun, “SSPNet: An interpretable 3D-CNN for classification of schizophrenia using phase maps of resting-state complex-valued fMRI data,” *Med. Image Anal.*, vol. 79, p. 102430, 2022, doi: 10.1016/j.media.2022.102430.