

**IMPLEMENTASI YOLO BERBASIS FILTER GABOR  
UNTUK DETEKSI WAJAH**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Bagian dari  
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
Pada Departemen Pendidikan Ilmu Komputer  
Program Studi Ilmu Komputer



oleh  
Anggi Haifa Lestari  
NIM 1606420

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2021**

# **IMPLEMENTASI YOLO BERBASIS FILTER GABOR UNTUK DETEKSI WAJAH**

oleh  
Anggi Haifa Lestari

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Anggi Haifa Lestari  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Juli 2021

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak  
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

ANGGI HAIFA LESTARI

**IMPLEMENTASI YOLO BERBASIS FILTER GABOR  
UNTUK DETEKSI WAJAH**

disetujui dan disahkan oleh tim pembimbing:

Pembimbing I



**Prof. Dr. H. Wawan Setiawan, M.Kom.**

NIP. 196601011991031005

Pembimbing II



**Enjun Junaeti, M.Si.**

NIP. 198512202012122002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Komputer



**Dr. Rani Megasari, M.T.**

NIP. 198705242014042002

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Implementasi YOLO Berbasis Filter Gabor untuk Deteksi Wajah**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2021

Yang membuat pernyataan,

Anggi Haifa Lestari

NIM. 1606420

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Implementasi YOLO Berbasis Filter Gabor Untuk Deteksi Wajah”** dengan sebaik-baiknya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat mendapat gelar sarjana komputer atas jenjang studi S1 pada Program Studi Ilmu Komputer, Departemen Pendidikan Ilmu Komputer, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan bahan dan kemampuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran serta kritik yang membangun sebagai masukan bagi penulis di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan untuk semua pihak yang membacanya.

Bandung, Juli 2021

Penulis,

Anggi Haifa Lestari

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan, bantuan, serta dukungan yang diberikan baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Agus Pitoyo dan E. Hani Maryunani yang senantiasa memberikan dukungan baik doa dan materi serta memberi semangat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Adik-adik penulis, Aisyah Hasna Asri yang selalu memberi semangat, doa serta menjadi motivasi penulis dalam perjuangan menuntut ilmu di kampus dan Adhyaksa Dimas Hafizh yang selalu menghibur dikala penulis merasa lelah.
3. Kakek dan Nenek, beserta keluarga yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis baik doa, semangat, ataupun materi demi kelancaran penulisan skripsi ini.
4. Prof. Dr. H. Wawan Setiawan, M.Kom., selaku dosen pembimbing I yang senantiasa membimbing dan selalu memberikan masukan serta saran yang bermanfaat untuk penulis.
5. Ibu Enjun Junaeti, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing II yang senantiasa membimbing dan serta memperbaiki segala bentuk penulisan yang dibuat penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Herbert Siregar, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak ilmu dan pesan yang berguna dan bermanfaat serta senantiasa memberikan saran, semangat serta motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Lala Septem Riza, M.T., selaku demisioner ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Indonesia.
8. Ibu Dr. Rani Megasari, M.T., selaku ketua Program Studi Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Indonesia.

9. Bapak Wahyudin, M.T., selaku ketua Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Indonesia.
10. Bapak Yaya Wihardi, S.Kom., M.Kom., selaku ketua Laboratorium Kecerdasan Buatan dan dosen mata kuliah *Computer Vision* yang telah membimbing serta memberikan masukan dan saran yang bermanfaat terkait penelitian yang dilakukan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
11. Seluruh jajaran dosen yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu yang telah membimbing, mengarahkan serta memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis semasa kuliah.
12. Kawan-kawan kelompok konsentrasi kecerdasan buatan dan robotika yang telah berjuang bersama dengan penulis untuk menyelesaikan penelitian.
13. Laboratorium Kecerdasan Buatan yang sudah memfasilitasi peralatan di dalam laboratorium.
14. Kawan-kawan kosan, Silvi Febrianti, Tia Pusparini, dan Winda Mauli Kristy yang selalu memberikan semangat, motivasi serta mengoreksi bila penulis melakukan kesalahan.
15. Sahabat penulis, M. Nabillah Fihira Rischa yang telah banyak membantu penulis baik dalam pengerjaan skripsi maupun memberi semangat kepada penulis serta menghibur penulis ketika penulis merasa penat dalam pengerjaan skripsi ini.
16. Sahabat penulis, Hanan Annisa Restu Utami yang terus memberikan semangat dan motivasi kepada penulis serta mendengarkan curhatan dan menghibur penulis ketika penulis lelah.
17. Rekan-rekan mahasiswa dari kelas Ilmu Komputer C 2016 dan Angkatan 2016 Departemen Pendidikan Ilmu Komputer (*Binary Kemakom*) yang telah berjuang bersama dalam masa perkuliahan.
18. Rekan-rekan Dewan Perwakilan Mahasiswa periode 2019-2020 yang telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk menjadi ketua dan telah banyak memberikan pengalaman serta pelajaran baru dalam bidang organisasi lebih khususnya di bidang legislatif.
19. Dewan Perwakilan Mahasiswa dan Badan Eksekutif Mahasiswa Keluarga Mahasiswa Komputer periode 2018-2019 yang telah berjuang bersama

dalam organisasi di kampus serta memberikan banyak pelajaran dan pengalaman dalam berorganisasi.

20. Kakak tingkat dan adik tingkat Departemen Pendidikan Ilmu Komputer.
21. Unit Kegiatan Mahasiswa Panahan Universitas Pendidikan Indonesia yang telah menjadi keluarga dalam berorganisasi di luar himpunan mahasiswa di kampus dan telah memberi semangat, dorongan serta memberikan banyak ilmu baik dalam olahraga maupun berorganisasi.
22. Komunitas *Daishiku* UPI yang telah menjadi wadah bagi penulis untuk mengekspresikan hobinya.
23. Serta seluruh pihak lainnya yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu yang sudah membantu, mendukung dan memberi semangat kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.

Penulis tidak dapat menggambarkan rasa terima kasih atas segala bentuk dukungan yang penulis dapatkan. Semoga semua pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini diberi perlindungan, kebaikan, kebahagiaan serta kesehatan oleh Allah SWT. *Aamiin*.



# IMPLEMENTASI YOLO BERBASIS FILTER GABOR UNTUK DETEKSI WAJAH

Oleh

Anggi Haifa Lestari – [anggihaifa@student.upi.edu](mailto:anggihaifa@student.upi.edu)

1606420

## ABSTRAK

Terdapat banyak tantangan dalam mendeteksi wajah di antaranya pencahayaan, *blur*, perbedaan ukuran, banyaknya wajah pada gambar, dan ekspresi yang beragam. Hal tersebut mempengaruhi performa dalam mendeteksi wajah, oleh karena itu para peneliti saat ini mencoba mengombinasikan metode yang sudah ada menjadi metode baru dengan performa yang lebih baik atau membuat metode pendeteksi baru yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk melihat apakah YOLOv.3 dapat menjadi pendeteksi wajah yang lebih baik dengan mengaplikasikan 8 *kernel* Filter Gabor sebagai ekstraksi fitur dengan menggunakan WIDER-Face sebagai set data. Eksperimen yang dilakukan adalah YOLOv.3 *baseline*, YOLOv.3 *grayscale*, dan YOLOv.3+filter Gabor. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa nilai *precision* yang dihasilkan sudah tinggi namun memiliki *recall* yang rendah yang mengindikasikan bahwa ketiga eksperimen dapat mengklasifikasikan gambar wajah dengan baik namun tidak memberikan hasil yang baik dalam mendeteksi wajah dan menyebabkan terdapat beberapa wajah yang tidak terdeteksi. YOLOv.3+filter Gabor mendapatkan *loss* dan *precision* yang lebih baik namun memiliki validasi mAP dan *recall* yang lebih rendah dibandingkan dengan YOLOv.3 *baseline*. Hasil testing juga menunjukkan bahwa YOLOv.3 *baseline* mampu mendeteksi lebih banyak wajah dibandingkan dengan YOLOv.3+filter Gabor. Namun, YOLOv.3+filter Gabor mendapatkan waktu deteksi paling cepat. Sebagai tambahan dapat disimpulkan bahwa filter Gabor pada set data WIDER-Face belum dapat menghasilkan hasil filter yang baik untuk digunakan sebagai set data *training* dikarenakan terdapat variasi ukuran wajah pada set data WIDER-Face.

Kata kunci: *deep learning*, deteksi wajah, You Only Look Once, filter Gabor, WIDER-Face, validasi mAP

*YOLO IMPLEMENTATION USING GABOR FILTER  
FOR FACE DETECTION*

*Arranged by*

Anggi Haifa Lestari – [anggihaifa@student.upi.edu](mailto:anggihaifa@student.upi.edu)

1606420

**ABSTRACT**

*There are many challenges in face detection, e.g. illumination, blur, varying sizes, the amount of face in the image, and varying expressions. These challenges can affect performance in detecting faces. Therefore, researchers are currently trying to combine already existing methods into a single better performing method, or create a new more powerful one. In this research, we conduct an experiment to see if we can improve YOLOv.3 face detector performance by using eight Gabor filter kernels as feature extraction, and trained using WIDER-Face dataset. The experiments carried out were baseline YOLOv.3, YOLOv.3 grayscale preprocessing, and YOLOv.3 with Gabor filter preprocessing. The result show that the precision value achieved is high but with a low recall, indicating they are good at classifying faces in an image but not very good at giving result of detecting faces, causing it to miss some detections. YOLOv.3+Gabor filter has a better loss and precision value, but has the lowest mAP validation and recall than the YOLOv.3 baseline. Testing result also shown that YOLOv.3 baseline can detect more faces than YOLOv.3+Gabor filter. However, YOLOv.3+Gabor filter achieved the fastest detection time. Additionally, it can be concluded that using Gabor filter for WIDER-Face dataset has not been able to produce a good filtering result to be used as training dataset due to variation of the face sizes in WIDER-Face dataset.*

*Keyword: deep learning, face detection, You Only Look Once, Gabor filter, WIDER-Face, mAP validation*

## DAFTAR ISI

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| PERNYATAAN.....                            | iii |
| KATA PENGANTAR .....                       | iv  |
| UCAPAN TERIMA KASIH.....                   | v   |
| Daftar Isi.....                            | x   |
| Daftar Gambar.....                         | xii |
| Daftar Tabel .....                         | xiv |
| Daftar Lampiran .....                      | xv  |
| Bab I   Pendahuluan.....                   | 1   |
| 1.1   Latar Belakang .....                 | 1   |
| 1.2   Rumusan Masalah .....                | 3   |
| 1.3   Tujuan.....                          | 3   |
| 1.4   Batasan Masalah.....                 | 4   |
| 1.5   Manfaat Penelitian.....              | 4   |
| 1.6   Struktur Penulisan .....             | 4   |
| Bab II   Kajian Teori .....                | 6   |
| 2.1   Penelitian Terkait .....             | 6   |
| 2.2 <i>Deep Learning</i> .....             | 8   |
| 2.3   Deteksi Wajah .....                  | 10  |
| 2.4 <i>You Only Look Once (YOLO)</i> ..... | 12  |
| 2.5   Filter Gabor .....                   | 15  |
| 2.6 <i>Mean Average Precision</i> .....    | 19  |
| Bab III   Metodologi Penelitian.....       | 21  |
| 3.1   Desain Penelitian .....              | 21  |
| 3.2   Lingkungan Komputasi .....           | 27  |
| Bab IV   Implementasi dan Pembahasan ..... | 29  |

|       |                             |    |
|-------|-----------------------------|----|
| 4.1   | Pengumpulan Data .....      | 29 |
| 4.2   | Implementasi Metode .....   | 30 |
| 4.3   | Eksperimen .....            | 35 |
| Bab V | Kesimpulan dan Saran .....  | 60 |
| 5.1   | Kesimpulan.....             | 60 |
| 5.2   | Rekomendasi dan Saran ..... | 60 |
|       | Daftar Pustaka .....        | 62 |
|       | LAMPIRAN .....              | 68 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1. Peta literatur .....                                                                                                          | 6  |
| Gambar 2. Hasil deteksi wajah dan anggota wajah dengan berbagai ekspresi dan emosi (Sudhakar & Nithyanandam, 2017).....                 | 7  |
| Gambar 3. Ilustrasi model <i>deep learning</i> (Bengio et al., 2017).....                                                               | 9  |
| Gambar 4. Pendekatan dalam deteksi wajah (Hjelmås & Low, 2001) .....                                                                    | 10 |
| Gambar 5. Contoh dari Eigen-face (J. Zhang et al., 1997) .....                                                                          | 11 |
| Gambar 6. Arsitektur dari <i>Convolutional Neural Network</i> (Menegaz, 2018).....                                                      | 12 |
| Gambar 7. Ilustrasi proses deteksi pada <i>You Only Look Once</i> (YOLO) (Redmon et al., 2016).....                                     | 13 |
| Gambar 8. Perubahan bentuk data dengan mengaplikasikan <i>feature extraction</i> filter Gabor pada data gambar (Kamarainen, 2012) ..... | 15 |
| Gambar 9. Sampel wajah dan empat ekstraksi fitur dengan Filter Gabor (Huang et al., 2005).....                                          | 17 |
| Gambar 10. Bagian <i>magnitude</i> filter Gabor (Sudhakar & Nithyanandam, 2017) 18                                                      |    |
| Gambar 11. Bagian nyata dari filter Gabor (Sudhakar & Nithyanandam, 2017) 18                                                            |    |
| Gambar 12. <i>Average Precision</i> pada grafik presisi dan <i>recall</i> (Henderson & Ferrari, 2016) .....                             | 19 |
| Gambar 13. Rumus dari <i>Intersection of Union</i> (IoU) (Yohanandan, 2020) .....                                                       | 20 |
| Gambar 14. Desain penelitian .....                                                                                                      | 21 |
| Gambar 15. Rencana implementasi metode YOLOv3+Filter Gabor.....                                                                         | 23 |
| Gambar 16. Perubahan anotasi gambar.....                                                                                                | 30 |
| Gambar 17. Perubahan dari konversi gambar RGB ke <i>grayscale</i> .....                                                                 | 31 |
| Gambar 18. Contoh hasil <i>filtering</i> dari filter Gabor.....                                                                         | 33 |
| Gambar 19. Alur dan struktur arsitektur YOLOv3 <i>baseline</i> (C. Zhang et al., 2018) .....                                            | 34 |
| Gambar 20. Alur kerja YOLOv3 <i>baseline</i> .....                                                                                      | 36 |
| Gambar 21. Alur kerja YOLOv3 <i>grayscale</i> .....                                                                                     | 36 |
| Gambar 22. Alur kerja YOLOv3+filter Gabor .....                                                                                         | 37 |
| Gambar 23. Gambar yang dijadikan sampel hasil deteksi .....                                                                             | 40 |
| Gambar 24. Grafik <i>loss</i> dan mAP eksperimen YOLOv3 <i>baseline</i> .....                                                           | 41 |

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 25. Keluaran hasil validasi bobot terbaik proses <i>training</i> eksperimen YOLOv.3 <i>baseline</i> dengan <i>threshold</i> mAP@0,50.....   | 42 |
| Gambar 26. Keluaran hasil validasi bobot terbaik proses <i>training</i> eksperimen YOLOv.3 <i>baseline</i> dengan <i>threshold</i> mAP@0,25.....   | 42 |
| Gambar 27. Keluaran hasil validasi bobot terbaik proses <i>training</i> eksperimen YOLOv.3 <i>baseline</i> dengan <i>threshold</i> mAP@0,10.....   | 43 |
| Gambar 28. Sampel gambar d hasil deteksi YOLOv.3 <i>baseline</i> .....                                                                             | 44 |
| Gambar 29. Grafik <i>loss</i> dan mAP eksperimen YOLOv.3 <i>grayscale</i> .....                                                                    | 45 |
| Gambar 30. Keluaran hasil validasi bobot terbaik proses <i>training</i> eksperimen YOLOv.3 <i>grayscale</i> dengan <i>threshold</i> mAP@0,50 ..... | 46 |
| Gambar 31. Keluaran hasil validasi bobot terbaik proses <i>training</i> eksperimen YOLOv.3 <i>grayscale</i> dengan <i>threshold</i> mAP@0,25 ..... | 46 |
| Gambar 32. Keluaran hasil validasi bobot terbaik proses <i>training</i> eksperimen YOLOv.3 <i>grayscale</i> dengan <i>threshold</i> mAP@0,10 ..... | 47 |
| Gambar 33. Sampel gambar d hasil deteksi YOLOv.3 <i>grayscale</i> .....                                                                            | 48 |
| Gambar 34. Grafik <i>loss</i> dan mAP eksperimen YOLOv.3+filter Gabor.....                                                                         | 49 |
| Gambar 35. Keluaran hasil validasi bobot terbaik proses <i>training</i> eksperimen YOLOv.3+filter Gabor dengan <i>threshold</i> mAP@0,50 .....     | 50 |
| Gambar 36. Keluaran hasil validasi bobot terbaik proses <i>training</i> eksperimen YOLOv.3+filter Gabor dengan <i>threshold</i> mAP@0,25 .....     | 50 |
| Gambar 37. Keluaran hasil validasi bobot terbaik proses <i>training</i> eksperimen YOLOv.3+filter Gabor dengan <i>threshold</i> mAP@0,10 .....     | 51 |
| Gambar 38. Sampel gambar d hasil deteksi YOLOv.3+filter Gabor.....                                                                                 | 52 |
| Gambar 39. Grafik hasil eksperimen dengan <i>threshold</i> mAP@0,50.....                                                                           | 53 |
| Gambar 40. Grafik hasil eksperimen dengan <i>threshold</i> mAP@0,25.....                                                                           | 54 |
| Gambar 41. Grafik hasil eksperimen dengan <i>threshold</i> mAP@0,50 .....                                                                          | 54 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. Ilustrasi <i>convolusional layer</i> Darknet-53 (Redmon & Farhadi, 2018) ...                          | 14 |
| Tabel 2. Pengertian simbol pada fungsi Gabor .....                                                             | 16 |
| Tabel 3. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian .....                                                 | 27 |
| Tabel 4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian.....                                                  | 27 |
| Tabel 5. Keterangan variabel pada perubahan anotasi gambar.....                                                | 30 |
| Tabel 6. Parameter filter Gabor OpenCV yang diimplementasikan dalam penelitian .....                           | 32 |
| Tabel 7. Filter Gabor yang dihasilkan dengan 2 ukuran <i>kernel</i> dan 4 rotasi .....                         | 32 |
| Tabel 8. Konfigurasi <i>anchor</i> berdasarkan WIDER-Face (Nugroho & Kusuma, 2020) .....                       | 35 |
| Tabel 9. Konfigurasi dan jumlah set data eksperimen YOLOv.3 <i>baseline</i> dan YOLOv.3 <i>grayscale</i> ..... | 38 |
| Tabel 10. Konfigurasi dan jumlah set data eksperimen YOLOv.3+filter Gabor..                                    | 39 |
| Tabel 11. Hasil deteksi YOLOv.3 <i>baseline</i> dengan mAP@0,10 pada sampel .....                              | 43 |
| Tabel 12. Hasil deteksi YOLOv.3 <i>grayscale</i> dengan mAP@0,10 pada sampel...                                | 47 |
| Tabel 13. Hasil deteksi YOLOv.3+filter Gabor dengan mAP@0,10 pada sampel .....                                 | 51 |
| Tabel 14. Hasil eksperimen dengan <i>threshold</i> mAP@0,50 .....                                              | 52 |
| Tabel 15. Hasil eksperimen dengan <i>threshold</i> mAP@0,25 .....                                              | 53 |
| Tabel 16. Hasil eksperimen dengan <i>threshold</i> mAP@0,10 .....                                              | 54 |
| Tabel 17. Waktu <i>training</i> setiap arsitektur.....                                                         | 56 |
| Tabel 18. Jumlah wajah terdeteksi pada proses <i>testing</i> .....                                             | 57 |
| Tabel 19. Jumlah wajah yang terdeteksi pada sampel .....                                                       | 57 |
| Tabel 20. Tabel perolehan waktu deteksi setiap model .....                                                     | 58 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1. Hasil Pengaplikasian 8 Kernel Filter Gabor pada Satu Gambar .....                   | 69 |
| Lampiran 2. Hasil Kompilasi .....                                                               | 70 |
| Lampiran 3. Sampel Hasil Deteksi YOLOv.3 <i>Baseline</i> dengan <i>Threshold</i> mAP@0,10.....  | 73 |
| Lampiran 4. Sampel Hasil Deteksi YOLOv.3 <i>Grayscale</i> dengan <i>Threshold</i> mAP@0,10..... | 75 |
| Lampiran 5. Sampel Hasil Deteksi YOLOv.3+Filter Gabor dengan <i>Threshold</i> mAP@0,10.....     | 77 |



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel Maksoud, E. A., Barakat, S., & Elmogy, M. (2019). Medical Images Analysis Based on Multilabel Classification. In *Machine Learning in Bio-Signal Analysis and Diagnostic Imaging*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816086-2.00009-6>
- Bengio, Y., Goodfellow, I., & Courville, A. (2017). Deep learning. In *Nature* (Vol. 1).
- Daugman, J. G. (1985). Uncertainly Relation for Resolution in Space, Spacial Frequency, and Orientation Optimized by Two-dimentional Visual Cortial Filters. *Journal of the Optical Society of America A*, 2(7), 1160–1169. <https://doi.org/10.1364/josaa.9.000337>
- Deng, L., & Yu, D. (2014). Deep Learning: Methods and Applications. *Foundations and Trends in Signal Processing*, 7, 197–387. <https://doi.org/10.1561/20000000039>
- Dunn, D. F., & Higgins, W. E. (1993). Optimal Gabor-filter Design for Texture Segmentation. *Proceedings - ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 5, 37–40. <https://doi.org/10.1109/icassp.1993.319741>
- Everingham, M., Eslami, S. M. A., Van Gool, L., Williams, C. K. I., Winn, J., & Zisserman, A. (2015). The Pascal Visual Object Classes Challenge: A Retrospective. *International Journal of Computer Vision*, 111(1), 98–136. <https://doi.org/10.1007/s11263-014-0733-5>
- Everingham, M., Van Gool, L., Williams, C. K. I., Winn, J., & Zisserman, A. (2010). The pascal visual object classes (VOC) challenge. *International Journal of Computer Vision*, 88(2), 303–338. <https://doi.org/10.1007/s11263-009-0275-4>
- Fisher, R., Santos-Victor, J., & Crowley, J. (2006). *CAVIAR Gabor Filter Feature Detection*.
- Gabor, D. (1946). Theory of communication. Part 1: The Analysis of Information.

- Journal of the Institution of Electrical Engineers - Part III: Radio and Communication Engineering*, 93(26), 429 – 441.  
<https://doi.org/10.4324/9781315010854-28>
- Grigorescu, C., Petkov, N., & Westenberg, M. A. (2003). Contour detection based on nonclassical receptive field inhibition. *IEEE Transactions on Image Processing*, 12(7), 729–739. <https://doi.org/10.1109/TIP.2003.814250>
- HAQ, I., Sheharyar, & ZHANG, J. (2019). Driver Drowsiness Detection Based on HOG and Gabor Features. *International Conference on Education, Management, Economics and Humanities*, 277–282.  
<https://doi.org/10.12783/dtssehs/iceme2019/29597>
- Henderson, P., & Ferrari, V. (2016). End-to-end training of object class detectors for mean average precision. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10115, 198–213. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54193-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54193-8_13)
- Hjelmås, E., & Low, B. K. (2001). Face detection: A survey. *Computer Vision and Image Understanding*, 83(3), 236–274.  
<https://doi.org/10.1006/cviu.2001.0921>
- Huang, L. L., Shimizu, A., & Kobatake, H. (2005). Robust face detection using Gabor filter features. *Pattern Recognition Letters*, 26(11), 1641–1649.  
<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.01.015>
- Huang, L. L., Shimizu, A., & Kobatake, H. (2004). Classification-based face detection using Gabor filter features. *Proceedings - Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, 397–402.  
<https://doi.org/10.1109/afgr.2004.1301565>
- Jain, A. K., & Farrokhnia, F. (1991). Unsupervised texture segmentation using Gabor filters. *Pattern Recognition*, 24(12), 1167–1186.  
[https://doi.org/10.1016/0031-3203\(91\)90143-S](https://doi.org/10.1016/0031-3203(91)90143-S)
- Jiao, L., Shang, R., Liu, F., & Zhang, W. (2020). Graph-regularized feature selection based on spectral learning and subspace learning. In *Brain and*

*Nature-Inspired Learning Computation and Recognition.*  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819795-0.00010-4>

Jones, M., & Viola, P. (2003). Fast Multi-view Face Detection. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1502–1509.

Kamarainen, J. K. (2012). Gabor features in image analysis. *2012 3rd International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications, IPTA 2012*, 13–14. <https://doi.org/10.1109/IPTA.2012.6469502>

Kanan, C., & Cottrell, G. W. (2012). Color-to-grayscale: Does the method matter in image recognition? *PLoS ONE*, 7(1).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029740>

Kirdak, V., & Vegad, S. (2018). Face image detection methods: A survey. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 628, 209–216.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-10-5272-9\\_20](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5272-9_20)

Kruizinga, P., & Petkov, N. (1999). Nonlinear operator for oriented texture. *IEEE Transactions on Image Processing*, 8(10), 1395–1407.  
<https://doi.org/10.1109/83.791965>

Kumar, A., Kaur, A., & Kumar, M. (2019). Face detection techniques: a review. *Artificial Intelligence Review*, 52(2), 927–948.  
<https://doi.org/10.1007/s10462-018-9650-2>

Kwolek, B. (2005). Face Detection Using Convolutional Neural Networks and Gabor Filters. *Artificial Neural Networks: Biological Inspirations*, 3696, 551–556. [https://doi.org/10.1007/11550822\\_86](https://doi.org/10.1007/11550822_86)

Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>

Li, C., Wang, R., Li, J., & Fei, L. (2018). Face Detection Based on YOLOv3. *Proceedings of ICCD 2018*, 277–284.

Menegaz, M. (2018). *Understanding YOLO*.

Moreno, P., Bernardino, A., & Santos-Victor, J. (2005). Gabor parameter selection for local feature detection. *Lecture Notes in Computer Science*, 3522(I), 11–

19. [https://doi.org/10.1007/11492429\\_2](https://doi.org/10.1007/11492429_2)
- Nugroho, E. C., & Kusuma, G. P. (2020). A Real-Time Student Face Detector in the Classroom using YoloV3 Anchor Matching Strategy on WIDER Face Dataset. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(3), 3006–3022.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 779–788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2016). YOLO9000: Better, Faster, Stronger. *Cvpr2017, April*, 187–213. [https://doi.org/10.1142/9789812771728\\_0012](https://doi.org/10.1142/9789812771728_0012)
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. *ArXiv 2018, 1804*. <https://pjreddie.com/yolo/>.
- Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., Krause, J., Satheesh, S., Ma, S., Huang, Z., Karpathy, A., Khosla, A., Bernstein, M., Berg, A. C., & Fei-Fei, L. (2015). ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. *International Journal of Computer Vision*, 115(3), 211–252. <https://doi.org/10.1007/s11263-015-0816-y>
- Sheu, J.-S., Hsieh, T.-S., & Shou, H.-N. (2014). Automatic Generation of Facial Expression Using Triangular Geometric Deformation. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(6), 1115–1130. [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)71671-2](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)71671-2)
- Sudhakar, K., & Nithyanandam, P. (2017). An accurate facial component detection using gabor filter. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 6(3), 287–294. <https://doi.org/10.11591/eei.v6i3.683>
- Sun, X., Wu, P., & Hoi, S. C. H. (2018). Face detection using deep learning: An improved faster RCNN approach. *Neurocomputing*, 299, 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.03.030>
- Verma, K., & Khunteta, A. (2018). Facial expression recognition using Gabor filter and multi-layer artificial neural network. *IEEE International Conference on*

- Information, Communication, Instrumentation and Control, ICICIC 2017*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICOMICON.2017.8279123>
- Wang, Y., & Zheng, J. (2018). Real-time face detection based on YOLO. *1st IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention, ICKII 2018*, 2, 221–224. <https://doi.org/10.1109/ICKII.2018.8569109>
- Yang, S., Luo, P., Loy, C. C., & Tang, X. (2016). WIDER FACE: A Face Detection Benchmark. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016-Decem*, 5525–5533. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.596>
- Yazdi, M., & Bouwmans, T. (2018). New trends on moving object detection in video images captured by a moving camera: A survey. *Computer Science Review*, 28, 157–177. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2018.03.001>
- Yohanandan, S. (2020). *mAP (mean Average Precision) might confuse you!* Towards Data Science. <https://towardsdatascience.com/map-mean-average-precision-might-confuse-you-5956f1bfa9e2>
- Zhang, C., Chang, C. C., & Jamshidi, M. (2018). Bridge Damage Detection using a Single-Stage Detector and Field Inspection Images. *arXiv*. <http://arxiv.org/abs/1812.10590>
- Zhang, J., Yan, Y., & Lades, M. (1997). Face recognition: Eigenface, elastic matching, and neural nets. *Proceedings of the IEEE*, 85(9), 1423–1435. <https://doi.org/10.1109/5.628712>
- Zhao, H., Zhou, Y., Zhang, L., Peng, Y., Hu, X., Peng, H., & Cai, X. (2020). Mixed YOLOv3-LITE: A Lightweight Real-Time Object Detection Method. *Sensors*, 20(7), 1861. <https://doi.org/10.3390/s20071861>
- Zhao, Z. Q., Zheng, P., Xu, S. T., & Wu, X. (2019). Object Detection with Deep Learning: A Review. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 30(11), 3212–3232. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2018.2876865>
- Zhou, Y., Liu, D., & Huang, T. (2018). Survey of face detection on low-quality images. *Proceedings - 13th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, FG 2018*, 769–773.