

**IMPLEMENTASI ALGORITMA MTCNN DAN ARSITEKTUR VGG 16
UNTUK DETEKSI EMOSI MANUSIA
BERDASARKAN EKSPRESI WAJAH**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Sistem dan Teknologi Informasi



Oleh

Dimas Setiawan

NIM 1805720

**PROGRAM STUDI
PENDIDIKAN SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
KAMPUS PURWAKARTA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2022

IMPLEMENTASI ALGORITMA MTCNN DAN ARSITEKTUR VGG 16 UNTUK DETEKSI EMOSI MANUSIA BERDASARKAN EKSPRESI WAJAH

Oleh

Dimas Setiawan

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Sistem dan Teknologi Informasi

© **Dimas Setiawan** 2022

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2022

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,

Dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

Dimas Setiawan, 2022

**IMPLEMENTASI ALGORITMA MTCNN DAN ARSITEKTUR VGG 16 UNTUK DETEKSI EMOSI MANUSIA
BERDASARKAN EKSPRESI WAJAH**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

LEMBAR PENGESAHAN

DIMAS SETIAWAN

**IMPLEMENTASI ALGORITMA MTCNN DAN ARSITEKTUR VGG 16
UNTUK DETEKSI EMOSI MANUSIA
BERDASARKAN EKSPRESI WAJAH**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Taufik Ridwan, S.T., M.T.

NIP. 920171219920706101

Pembimbing II



Dr. H. Suprih Widodo, S.Si., M.T.

NIP. 198012172005021007

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Sistem dan Teknologi Informasi



Nuur Wachid Abdulmajid, S.Pd., M.Pd.

NIP. 920171219910625101

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dimas Setiawan

NIM : 1805720

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“IMPLEMENTASI ALGORITMA MTCNN DAN ARSITEKTUR VGG 16 UNTUK DETEKSI EMOSI MANUSIA BERDASARKAN EKSPRESI 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 atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Purwakarta, 19 Agustus 2022

Yang membuat Pernyataan,



Dimas Setiawan
NIM 1805720

IMPLEMENTASI ALGORITMA MTCNN DAN ARSITEKTUR VGG 16 UNTUK DETEKSI EMOSI MANUSIA BERDASARKAN EKSPRESI WAJAH

Oleh

Dimas Setiawan | dimassetiawan@upi.edu

NIM. 1805720

ABSTRAK

Teknologi semakin maju membawa kebermanfaatan dan kabaharuan khususnya di *Deep Learning*, termasuk *Computer Vision*. Penerapan ini umumnya pada pembelajaran maupun karyawan di perusahaan, sulitnya mendeteksi ekspresi wajah dalam jumlah besar, lebih dari satu orang dalam kondisi yang sama. Penelitian ini berfokus pada implementasi Algoritma MTCNN dan Arsitektur VGG-16. Penelitian ini menggunakan *Framework AI Project Life Cycle*, penerapannya dengan *framework streamlit* dalam pengembangan sistemnya. Dataset yang digunakan FER 2013, terdiri dari 67.885 dataset, 7 jenis ekspresi yaitu *angry*, *disgust*, *fear*, *happy*, *neutral*, *sad*, dan *surprise*. Pembagian dataset dilakukan dengan membagi menjadi 3 yaitu *Train*, *Validation*, dan *Testing*, data *train* terdiri dari 42.825 gambar, data *validation* terdiri dari 10.704 gambar, dan data *testing* terdiri dari 14.356. Dalam proses *training* menghasilkan model terbaik dengan *training accuracy* mencapai 85,70 % dan *testing accuracy* mencapai 85,71 %, untuk *training loss* mencapai 1.7759 dan *testing loss* mencapai 1.7696. ROC AUC yang didapatkan stabil, tidak *overfitting* dengan ROC AUC score 94%. Sistem deteksi ini memiliki kelemahan jika pencahayaan dan wajah terpotong serta gelap, MTCNN tidak dapat mendeteksinya.

Kata kunci: *AI Project Life Cycle*, Algoritma MTCNN, Arsitektur VGG-16, Ekspresi Wajah

**IMPLEMENTATION OF MTCNN ALGORITHM AND VGG 16
ARCHITECTURE FOR DETECTION OF HUMAN EMOTIONS BASED ON
FACIAL EXPRESSION**

By

Dimas Setiawan | dimassetiawan@upi.edu

NIM. 1805720

ABSTRACT

More advanced technology brings benefits and updates, especially in Deep Learning, including Computer Vision. This application is generally in learning and employees in the company, it is difficult to detect facial expressions in large numbers, more than one person in the same condition. This research focuses on the implementation of the MTCNN Algorithm and the VGG-16 Architecture. This research uses the AI Project Life Cycle Framework, its application with a streamlit framework in the development of the system. The dataset used by FER 2013, consists of 67,885 datasets, 7 types of expressions, namely angry, disgusted, fearful, happy, neutral, sad, and surprise. Distribution of the dataset is done by dividing into 3 namely Train, Validation, and Testing, train data consists of 42,825 images, data validation consists of 10,704 images, and testing data consists of 14,356. In the training process, it produces the best model with training accuracy reaching 85.70% and testing accuracy reaching 85.71%, for training losses reaching 1.7759 and testing losses reaching 1.7696. The ROC AUC obtained was stable, not overfitting with an ROC AUC score of 94%. This detection system has a weakness if the lighting and faces are cut off and dark, MTCNN cannot detect them.

Keywords: *AI Project Life Cycle, MTCNN Algorithm, VGG-16 Architecture, Facial Expression*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	10
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Ekspresi Wajah	10
2.2.2 <i>Deep Learning</i>	11
2.2.3 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	12
2.2.3.1 <i>Convolution Layer</i>	14
2.2.3.2 <i>Pooling Layer</i>	15
2.2.3.3 <i>Fully Connected Layer</i>	16
2.2.3.4 <i>Loss Layer</i>	17
2.2.3.5 <i>Rectified Linear Unit (ReLU)</i>	18
2.2.3.6 <i>Batch Normalization</i>	19
2.2.3.7 <i>Dropout</i>	19
2.2.3.8 <i>Flatten</i>	20

2.2.3.9 <i>Softmax</i>	20
2.2.4 <i>Arsitektur Visual Geometry Group (VGG)-16</i>	21
2.2.5 <i>Algoritma Multi task Cascaded Convolutional Neural Network (MTCNN)</i>	23
2.2.6 <i>Cross Entropy</i>	24
2.2.7 <i>Adam Optimizer</i>	25
2.2.8 <i>Confusion Matrix</i>	25
2.2.9 <i>Kurva ROC dan AUC</i>	27
2.2.10 <i>Data Augmentation</i>	28
2.2.11 <i>Bahasa Pemrograman Python</i>	28
2.2.12 <i>Framework Streamlit</i>	29
2.2.13 <i>Overfitting dan Underfitting</i>	30
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 <i>Metode dan Desain Penelitian</i>	32
3.1.1 <i>Problem Scoping</i>	32
3.1.2 <i>Data Acquisition</i>	34
3.1.3 <i>Data Exploration</i>	35
3.1.4 <i>Modelling</i>	38
3.1.5 <i>Evaluation</i>	38
3.1.6 <i>Deployment</i>	40
3.2 <i>Prosedur Perancangan</i>	41
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	43
4.1 <i>Temuan</i>	43
4.2 <i>Hasil Penelitian</i>	43
4.2.1 <i>Hardware dan software pendukung</i>	44
4.2.2 <i>Problem Scoping</i>	44
4.2.3 <i>Data Acquisition</i>	45
4.2.4 <i>Data Exploration</i>	48
4.2.5 <i>Modelling</i>	49
4.2.6 <i>Evaluation</i>	53
4.2.7 <i>Deployment</i>	55
4.3 <i>Pengujian Algoritma MTCNN dan Arsitektur VGG-16</i>	57

4.3.1 Tahap Pengujian	57
4.3.1.1 Pengujian Ekspresi Wajah pada arsitektur VGG-16.....	57
4.3.1.2 Pengujian Pendeteksian wajah pada Algoritma MTCNN.....	60
4.3.2 Pengujian Sistem dalam bentuk <i>Graphical User Interface</i> (GUI)	62
4.4 Pembahasan	71
BAB V SIMPULAN, IMPIIKASI, DAN REKOMENDASI	75
5.1 Simpulan.....	75
5.2 Implikasi	77
5.3 Rekomendasi	78
GLOSARIUM.....	80
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN.....	87

GLOSARIUM

- AdaGrad* : *Adaptive Gradient Algorithm* sebuah algoritma untuk optimasi berbasis gradien
- Adaptive Moment Estimation (Adam)* : Algoritma untuk pengoptimalan stokastik, Algoritma ADAM sederhana untuk diimplementasikan, efisien secara komputasi, membutuhkan sedikit memori, dan sesuai untuk situasi dengan set data dan parameter yang besar.
- Boundary Loads* : Beban batas untuk menerapkan tekanan pada batas tersebut
- Bounding box regression* : Regresi kotak pembatas adalah teknik populer untuk memperbaiki atau memprediksi kotak lokalisasi dalam pendekatan deteksi objek.
- Confidence score* : Skor keyakinan untuk mengetahui antusias dari keluaran hasil pendeteksian ekspresi wajah
- Convolutional Neural Network* : Salah satu jenis *Deep Learning* yang dapat menerima *input* berupa gambar, menentukan aspek atau objek apa saja dalam sebuah gambar yang bisa digunakan mesin untuk “belajar” mengenali gambar, dan membedakan antara satu gambar dengan yang lainnya.
- Deployment* : Kegiatan untuk mengembangkan aplikasi atau *website* yang tidak bisa lepas dari kegiatan para *programmer* dalam hal ini pembuatan sistem deteksi ekspresi wajah.

- Facial Landmark Localization* : Lokalisasi *landmark* pada wajah atau metode lokalisasi titik-titik yang menonjol pada wajah
- Framework AI Project Life Cycle* : Siklus atau langkah proses dalam membuat proyek AI secara utuh
- Framework streamlit* : Sebuah *framework* berbasis *Python* dan bersifat *open-source* yang dibuat untuk memudahkan dalam membangun aplikasi web di bidang data sains dan machine learning yang interaktif.
- Image post processing* : Proses mengedit data yang ditangkap oleh kamera saat mengambil foto yang diambil untuk meningkatkan gambar
- Multi Task Convolutional Neural Network (MTCNN)* : Algoritma berupa kerangka kerja yang dikembangkan sebagai solusi untuk deteksi wajah dan penyalarsan wajah. Prosesnya terdiri dari tiga tahap jaringan konvolusi yang mampu mengenali wajah dan lokasi *landmark* seperti mata, hidung, dan mulut.
- Predisposition* : Kecenderungan
- RMSPProp* : Algoritma yang mengatur *learning rate* berdasarkan besaran nilai rata-rata dari *weight*.
- Arsitektur *Visual Geometry Group (VGG)-16* : Arsitektur CNN yang memanfaatkan *convolutional layer* dengan spesifikasi *convolutional filter* yang kecil (3×3). Dengan ukuran *convolutional filter* tersebut, kedalaman *neural network* dapat ditambah dengan lebih banyak lagi *convolutional layer*.

<i>Stochastic gradient descent</i> (SGD)	: Metode iteratif untuk mengoptimalkan fungsi objektif dengan sifat kehalusan yang sesuai (terdiferensiasi atau subdifferential)
<i>Nesterov</i>	: Metode sama seperti SGD yang digunakan untuk melatih jaringan saraf dan pembelajaran mesin.
<i>AdaDelta</i>	: Metode optimasi stokastik yang memungkinkan metode kecepatan pembelajaran per dimensi untuk SGD
<i>Rotation_range</i>	: Rentang derajat untuk rotasi acak, bernilai <i>integer</i>
<i>Width_shift</i>	: Rentang untuk pergeseran horizontal acak, bernilai <i>float</i> atau fraksi dari total lebar
<i>Height_shift</i>	: Rentang untuk pergeseran horizontal acak, bernilai <i>float</i> atau fraksi dari total tinggi
<i>Shear_range</i>	: Intensitas geser atau sudut geser berlawanan arah jarum jam sebagai radian, yang bernilai <i>float</i>
<i>Zoom_range</i>	: Rentang untuk zoom acak, bernilai <i>float</i> , (<i>lower</i> , <i>upper</i>)
<i>Horizontal_flip</i>	: Balik input secara acak secara horizontal, bernilai <i>Boolean</i> .
<i>Scripting</i>	: Bahasa skrip, untuk menuliskan segala hal yang dirasakan dan diinginkan.
<i>Batch size 64</i>	: Jumlah <i>training sample</i> yang digunakan dalam satu <i>batch</i> untuk sekali iterasi, hal ini menggunakan 64
<i>He uniform</i>	: Kernel Inisialisasi

- Epoch* : *Hyperparameter* yang menentukan berapa kali algoritma pembelajaran akan bekerja mengolah seluruh dataset *training*.
- Hyperparameter* : Parameter yang dapat disesuaikan yang memungkinkan mengontrol proses pelatihan model.
- Tensorboard* : Rangkaian aplikasi web untuk memeriksa dan memahami alur dan grafik *TensorFlow*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Q., Lutfiani, N., Kusumah, H., & Zahran, M. S. (2021). Deteksi dan Pengenalan Objek Dengan Model Machine Learning: Model Yolo. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 6(2), 192. <https://doi.org/10.24114/cess.v6i2.25840>
- Alwanda, M. R., Ramadhan, R. P. K., & Alamsyah, D. (2020). Implementasi Metode Convolutional Neural Network Menggunakan Arsitektur LeNet-5 untuk Pengenalan Doodle. *Jurnal Algoritme*, 1(1), 45–56. <https://doi.org/10.35957/algoritme.v1i1.434>
- Andreieva, V., & Shvai, N. (2020). *Generalization Of Cross-Entropy Loss Function For Image Classification*.
- Azhari, I., & Fitriyani. (2020). *Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Dalam Deteksi Emosi Manusia*. 1(1), 112–118.
- Basha, S. H. S., Dubey, S. R., Pulabaigari, V., & Mukherjee, S. (2020). Impact of fully connected layers on performance of convolutional neural networks for image classification. *Neurocomputing*, 378, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.10.008>
- Bock, S., Goppold, J., & Weiß, M. (2018). *An improvement of the convergence proof of the ADAM-Optimizer*. 1–5. <http://arxiv.org/abs/1804.10587>
- Budiarto, R. (2017). *khazanah informatika Kinerja Algoritma Pengenalan Wajah untuk Sistem Penguncian Pintu Otomatis Menggunakan*. 3(2), 80–87.
- Chollet, F. (2018). *Deep Learning with Python*. Manning Publications Co.
- Danukusumo, K. P., Pranowo, & Maslim, M. (2017). Indonesia ancient temple classification using convolutional neural network. *ICCREC 2017 - 2017 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy, and Communications, Proceedings, 2017-Janua*, 50–54. <https://doi.org/10.1109/ICCEREC.2017.8226709>
- Diponegoro, M. H., Kusumawardani, S. S., & Hidayah, I. (2021). Tinjauan Pustaka Sistematis : Implementasi Metode Deep Learning pada Prediksi Kinerja Murid (Implementation of Deep Learning Methods in Predicting Student Performance : A Systematic Literature Review). *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknik Informasi*, 10(2), 131–138. <https://journal.ugm.ac.id/v3/JNTETI/article/view/1417>
- Farid, M. M., Jayanti, S., & Ekawati, E. (2019). Hubungan Antara Stres Kerja Dengan Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Bagian Bekisting PT Kongsruksi X Di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 7(4), 331–335.
- Hidayatullah, P. (2021). *Buku Sakti Deep Learning Computer Vision Menggunakan YOLO untuk pemula* (P. Hidayatullah (ed.); Pertama). Stunning Vision AI Academy.
- Kristiawan, K., & Widjaja, A. (2021). Perbandingan Algoritma Machine Learning

- dalam Menilai Sebuah Lokasi Toko Ritel. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 7(1), 35–46. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v7i1.3182>
- Kusdiananggalih, P. P., Rachmawati, E., & Risnandar. (2021). *Pengenalan Ekspresi Wajah Dari Cross Dataset Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)*. 8(2), 3429–3445.
- Lian, X., & Liu, J. (2020). Revisit batch normalization: New understanding and refinement via composition optimization. *AISTATS 2019 - 22nd International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*.
- Mukhopadhyay, M., Pal, S., Nayyar, A., Pramanik, P. K. D., Dasgupta, N., & Choudhury, P. (2020). Facial Emotion Detection to Assess Learner's State of Mind in an Online Learning System. *ACM International Conference Proceeding Series, February*, 107–115. <https://doi.org/10.1145/3385209.3385231>
- Nurhikmat, T. (2018). *Implementasi Deep Learning untuk Image Classification Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Citra Wayang Golek*.
- Nwankpa, C., Ijomah, W., Gachagan, A., & Marshall, S. (2018). *Activation Functions: Comparison of trends in Practice and Research for Deep Learning*. 1–20. <http://arxiv.org/abs/1811.03378>
- Omar, J., Shabrina, N. H., Bhakti, A. N., & Patria, A. (2021). Emotion Recognition Using Convolutional Neural Network (CNN). *Journal of Physics: Conference Series, 1962(1)*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1962/1/012040>
- Pangestu, M. A., & Bunyamin, H. (2018). Analisis Performa dan Pengembangan Sistem Deteksi Ras Anjing pada Gambar dengan Menggunakan Pre-Trained CNN Model. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 4, 337–344.
- Pratama, Y., Istoningtyas, M., & Rasywir, E. (2019). Pengujian Algoritma MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Neural Network) untuk Sistem Pengenalan Wajah. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 3(3), 240. <https://doi.org/10.30865/mib.v3i3.1324>
- Pratiwi, N. K. C., Ibrahim, N., Fu'adah, Y. N., & Rizal, S. (2021). Deteksi Parasit Plasmodium pada Citra Mikroskopis Hapusan Darah dengan Metode Deep Learning. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 9(2), 306. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v9i2.306>
- Rajan, S. (2021). *Build Web App instantly for Machine Learning using Streamlit*. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/06/build-web-app-instantly-for-machine-learning-using-streamlit/>
- Santoso, A., & Ariyanto, G. (2018). Implementasi Deep Learning Berbasis Keras Untuk Pengenalan Wajah. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(01), 15–21. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6235>
- Saputro, I. W., & Sari, B. W. (2020). Uji Performa Algoritma Naïve Bayes untuk

- Prediksi Masa Studi Mahasiswa. *Creative Information Technology Journal*, 6(1), 1.
- Seandrio, A. L., Pratomo, A. H., & Florestiyanto, M. Y. (2021). *Implementation of Convolutional Neural Network (CNN) in Facial Expression Recognition Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Pada Pengenalan Ekspresi Wajah*. 18(2), 211–221. <https://doi.org/10.31515/telematika.v18i2.4823>
- Setio, P. B. N., Saputro, D. R. S., & Bowo Winarno. (2020). Klasifikasi Dengan Pohon Keputusan Berbasis Algoritme C4.5. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 3, 64–71.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2015). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, 1–14.
- Sutisnawati, Y., Muriani, M., Mirawati, M., Putri, N. A., & Albar, C. N. (2021). Identifikasi Ekspresi Wajah Untuk Pembayaran Facial Facial Expression Recognition for Payment. *IJIS-Indonesia Journal on Information System*, 6(September), 12. <https://media.neliti.com/media/publications/260171-sistem-informasi-pengolahan-data-pembeli-e5ea5a2b.pdf>
- Suyanto. (2018). *Machine Learning Tingkat Dasar dan Lanjut*. Informatika Bandung.
- Syahrudin, A. N., & Kurniawan, T. (2018). Input Dan Output Pada Bahasa Pemrograman Python. *Jurnal Dasar Pemrograman Python STMIK, January*, 1–7.
- V, K. K., & Bahel, V. (2021). *Transfer Learning Approach for Analyzing Attentiveness of Students in an Online Classroom Environment with Emotion Detection*. May, 1–9. <https://doi.org/10.20944/preprints202105.0303.v1>
- Wibawa, M. S. (2016). Pengaruh Fungsi Aktivasi, Optimisasi dan Jumlah Epoch Terhadap Performa Jaringan Saraf Tiruan. *Jurnal Sistem Dan Informatika*, 11(2), 1–8. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21139.94241>
- Yin, X., & Liu, X. (2018). Multi-Task Convolutional Neural Network for Pose-Invariant Face Recognition. *IEEE Transactions on Image Processing*, 27(2), 964–975. <https://doi.org/10.1109/TIP.2017.2765830>
- Yusuf, A., Wihandika, R. C., & Dewi, C. (2019). Klasifikasi emosi berdasarkan ciri wajah wenggunakan convolutional neural network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(11), 10595–10604.
- Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z., Member, S., Qiao, Y., & Member, S. (2016). Joint Face Detection and Alignment using Multi-task Cascaded Convolutional Networks. *IEEE Signal Processing Letters*, 23(10), 1499–1503.