

KLASIFIKASI WAJAH KANTUK MENGGUNAKAN PARAMETER WAJAH DENGAN ALGORITMA LONGSHORT TERM MEMORY

Mohamad Rafli Agung Subekti ¹⁾, Ani Dijah Rahajoe ²⁾, Eka Prakarsa Mandyartha³⁾

Email: ¹⁾18081010111@student.upnjatim.ac.id, ²⁾anidijah.if@upnjatim.ac.id,

³⁾eka_prakarsa.fik@upjatim.ac.id

^{1,2,3} Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Abstrak

Kantuk merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kinerja dan keselamatan, terutama dalam aktivitas berkendara dan tingkat produktifitas. Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi wajah kantuk menggunakan parameter wajah seperti Rasio Aspek Mata dan Rasio Aspek Mulut, serta algoritma Long Short-Term Memory (LSTM). Data dikumpulkan melalui video wajah subjek dan parameter wajah dihitung dari landk wajah yang diekstraksi menggunakan pustaka dlib. Model LSTM dipilih karena kemampuannya dalam menangkap pola temporal penting dalam mendeteksi perubahan kondisi kantuk dari waktu ke waktu. Dengan urutan data lima frame sebagai input, dataset dibagi menjadi 80% data pelatihan dan 20% data uji serta validasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model LSTM mampu mendeteksi kantuk dengan akurasi yang tinggi, memperlihatkan bahwa kombinasi dan efektif dalam mengidentifikasi kondisi kantuk. Sistem ini diharapkan dapat diterapkan dalam sistem peringatan dini untuk pengemudi dan pemantauan karyawan, memberikan kontribusi signifikan dalam bidang deteksi kantuk dengan menggunakan algoritma LSTM dan parameter wajah.

Kata kunci: Deteksi Kantuk, Rasio Aspek Mata, Rasio Aspek Mulut, Long Short-Term Memory (LSTM), Klasifikasi Wajah.

1. PENDAHULUAN

Kantuk secara signifikan mempengaruhi produktivitas baik di tempat kerja maupun akademik. Penelitian menunjukkan bahwa gangguan tidur seperti insomnia kronis, apnea tidur obstruktif, dan sindrom kaki gelisah dikaitkan dengan penurunan produktivitas di tempat kerja di kalangan orang dewasa muda, menekankan perlunya intervensi yang disesuaikan untuk mengelola kondisi ini, Amy. C Reynold [1]. Durasi tidur di bawah tingkat yang disarankan, kurang tidur yang baik lazim di kalangan orang dewasa yang bekerja, terutama mempengaruhi profesional TI dan menyebabkan dampak besar pada kinerja kerja, Yong-Chiat Wong [2]. Faktor psikososial, seperti tuntutan kerja yang tinggi dan stres, terkait dengan gangguan tidur yang dapat mengakibatkan kelelahan dan kelelahan ekstrem, mempengaruhi kinerja pekerjaan, Ingo Fietze [3]. Selain itu, penelitian pada pekerja shift malam di rumah sakit menunjukkan hubungan yang signifikan antara kantuk dan perubahan fisiologis, menyoroti pentingnya perencanaan shift yang tepat untuk kondisi kerja yang lebih baik, Nasim Pri [4].

Analisis wajah telah muncul sebagai pendekatan yang menjanjikan dalam deteksi kantuk karena sifat non-invasif dan efektivitasnya dalam menilai indikator kantuk seperti Rasio Aspek Mata (EAR), Rasio Aspek Mulut (MAR), dan Rasio Mulut dan Mata (MOE). EAR yang mengukur perubahan karakteristik mata terkait dengan kedipan dan penutupan, MAR, yang menilai perubahan mulut terkait dengan menguap, dan MOE yang menilai perubahan rasio antara EAR dan MAR. berfungsi sebagai

penanda yang andal untuk mendeteksi kantuk, Shika Rai [5]. Dengan memanfaatkan parameter wajah seperti EAR, MAR, dan MOE peneliti dapat secara akurat memantau perhatian pengemudi dan segera melakukan intervensi untuk mencegah penurunan produktifitas yang disebabkan oleh kantuk. Teknologi pengenalan wajah ini, terintegrasi dengan algoritma pembelajaran mesin, telah menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi tanda-tanda kantuk, Alessandro Enriqo [6].

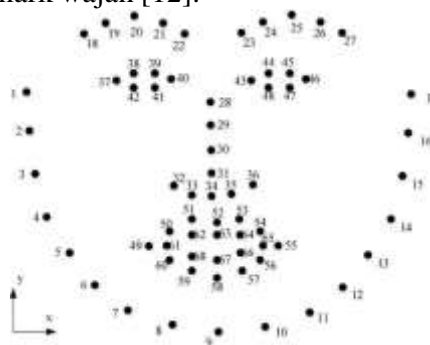
Dalam pengembangan sistem klasifikasi wajah mengantuk menggunakan parameter wajah EAR, MAR, MOE dan algoritma Memori Jangka Panjang (LSTM), penelitian ini memanfaatkan data video untuk menangkap ekspresi wajah subjek. Dengan mengekstraksi landmark wajah menggunakan perpustakaan dlib, penelitian ini menghitung parameter EAR (Eye Aspect Ratio), MAR (Mouth Aspect Ratio), MOE (Mouth Over Eye) untuk menilai tingkat kantuk berdasarkan gerakan mata dan mulut. Algoritma LSTM dipilih karena kemahirannya dalam menangkap pola temporal dalam data berurutan, penting untuk mendeteksi perubahan kondisi kantuk dari waktu ke waktu. Priyansu Sigh [7].

Pengembangan model untuk deteksi kantuk yang akurat dan real-time, Memanfaatkan parameter wajah dan model LSTM dapat berkontribusi secara signifikan terhadap tujuan ini. Dengan menganalisis fitur wajah seperti pola kedipan mata, gerakanmulut, dan ekspresi wajah, dikombinasikan dengan teknik pembelajaran mendalam, sistem dapat secara efektif mendeteksi tanda-tanda kantuk.. Kemajuan ini bertujuan untuk memberikan peringatan dan intervensi tepat waktu untuk mengelola kantuk, yang pada akhirnya meningkatkan keselamatan dan kinerja dalam pengaturan yang beragam, Kaustubh Kulkarni [8].

2. METODOLOGI

2.1 Face Landmark DLIB

Face landmark detection menggunakan dlib adalah teknik dalam visi komputer untuk mendeteksi dan melacak titik-titik penting pada wajah manusia, seperti sudut mata, tepi hidung, dan sudut mulut. Dlib menggunakan metode regresi pohon ansambel yang efisien, diperkenalkan oleh Kazemi dan Sullivan [9], Untuk memprediksi posisi tengara wajah dengan cepat dan akurat, metode yang menggunakan model prediktor bentuk dlib digunakan, mengekstraksi 68 titik tengara wajah melalui serangkaian regresi pohon untuk menyempurnakan posisi secara berulang sampai akurasi yang diinginkan tercapai [10]. Teknik ini, cocok untuk aplikasi real-time, efisien dalam mendeteksi wajah menggunakan metode Histogram of Oriented Gradients (HOG) atau Convolutional Neural Network (CNN), menjadikannya alat yang berharga untuk tugas-tugas seperti analisis ekspresi wajah, pengenalan wajah, dan deteksi kantuk [11]. Selain itu, integrasi teknik fusi fitur dengan model CNN meningkatkan akurasi dan kecepatan deteksi wajah dalam skenario waktu nyata, semakin meningkatkan efektivitas prediksi landmark wajah [12].



Gambar 1. Dlib Face Landmark

2.2 Rasio Aspek Mata

Rasio Aspek Mata (EAR) adalah metrik yang digunakan dalam visi komputer untuk mendeteksi perubahan pada mata, seperti kedipan dan penutupan mata. merupakan salah satu fitur penting yang digunakan untuk mendeteksi tanda-tanda kantuk melalui analisis wajah. diukur berdasarkan jarak vertikal dan horizontal antara titik-titik landmark tertentu di sekitar mata.

Secara teknis, dihitung menggunakan enam titik landmark di sekitar mata. Jarak vertikal antara dua pasang titik diukur, serta jarak horizontal antara satu pasang titik. Formula untuk menghitung adalah sebagai berikut:

$$EAR = \frac{(p2 - p6) - (p3 - p5)}{2x(p1 - p4)}$$

Gambar 2 Formula Rasio Aspek Mata

Di mana $p1, p2, p3, p4, p5, p6$ adalah titik-titik landmark yang mengelilingi mata. Jarak vertikal antara $p2, p2$ dan $p6, p6$ serta $p3, p3$ dan $p5, p5$ mencerminkan perubahan vertikal pada mata, sedangkan jarak horizontal antara $p1, p1$ dan $p4, p4$ mencerminkan lebar mata.

metrik yang relatif konstan ketika mata terbuka, namun nilainya menurun signifikan saat mata mulai menutup. Oleh karena itu, perubahan nilai dari waktu ke waktu dapat digunakan untuk mendeteksi kedipan mata dan periode penutupan mata yang lebih lama, yang merupakan indikasi umum dari kantuk. Setiap video dianalisis dengan mengambil 210 frame, di mana fitur, , dan diekstraksi dari setiap frame. Dengan 210 frame per video, jumlah total data yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Penggunaan dalam deteksi kantuk telah didukung oleh berbagai penelitian sebelumnya. Salah satu studi penting oleh Soukupová dan Čech menunjukkan bahwa dapat digunakan secara efektif untuk mendeteksi kedipan mata secara real-time. Mereka menggunakan untuk mengembangkan sistem yang dapat mendeteksi kedipan mata dengan akurasi tinggi, yang menunjukkan potensi besar dari metrik ini dalam aplikasi deteksi kantuk, Soukupova [13].

2.3 Rasio Aspek Mulut

Rasio Aspek Mulut (MAR) adalah metrik penting untuk mendeteksi tanda-tanda kantuk atau kelelahan dengan menganalisis perubahan di mulut, seperti menguap atau membuka mulut lebar-lebar. MAR dihitung menggunakan landmark wajah tertentu di sekitar mulut, di mana jarak vertikal antara dua pasang titik dan jarak horizontal antara satu pasang titik diukur. Studi penelitian telah banyak menggunakan MAR dalam sistem deteksi kantuk, dengan eksperimen yang menunjukkan efektivitas arsitektur jaringan saraf dalam mencapai tingkat akurasi tinggi untuk deteksi kantuk pengemudi [14]. Selain itu, Rasio Aspek Mata (EAR) yang optimal telah ditentukan untuk meningkatkan akurasi mendeteksi kantuk berdasarkan perubahan ukuran kelopak mata, menunjukkan pentingnya analisis fitur wajah dalam memantau tingkat kewaspadaan [15]. Integrasi perhitungan MAR bersama pengukuran EAR dalam sistem pemantauan waktu nyata dapat secara signifikan berkontribusi untuk meningkatkan langkah-langkah keamanan dengan segera mengidentifikasi dan memperingatkan individu terhadap potensi episode kantuk [16].

$$MAR = \frac{(p2 - p6) + (p3 - p5)}{2(p1 - p4)}$$

Gambar 3. Formula Rasio Aspek Mulut

Di mana $p_1, p_2, p_4, p_7, p_8, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17}, p_{18}, p_{19}, p_{20}$ adalah titik-titik landmark yang mengelilingi mulut. memberikan nilai yang lebih tinggi saat mulut terbuka lebar, seperti saat menguap. Dengan memantau perubahan dari waktu ke waktu, sistem dapat mendeteksi tanda-tanda kantuk melalui aktivitas mulut. Penggunaan memungkinkan pendekatan non-invasif dan akurat untuk memonitor kantuk berdasarkan analisis visual ekspresi wajah.

2.4 Rasio Mulut dan Mata

Rasio Mulut ke Mata (MOE) adalah metrik baru untuk deteksi kantuk yang menggabungkan Rasio Aspek Mulut dan Rasio Aspek Mata untuk menilai tingkat kelelahan secara efektif. Sementara Rasio Aspek Mata (EAR) berfokus pada keterbukaan atau penutupan mata, Rasio Aspek Mulut (MAR) mengevaluasi gerakan atau ekspresi mulut, memberikan pendekatan komprehensif untuk memantau kantuk [17]. Dengan menghitung MOE menggunakan rumus: $MOE = \frac{MAR}{EAR}$, di mana MAR mewakili Rasio Aspek Mulut dan EAR menunjukkan Rasio Aspek Mata, pemahaman yang lebih holistik tentang keadaan kelelahan individu dapat diperoleh. Pendekatan terintegrasi ini memanfaatkan isyarat wajah dan teknik pembelajaran mesin untuk meningkatkan akurasi deteksi kantuk real-time, sehingga dapat diterapkan dalam berbagai pengaturan seperti keselamatan transportasi, perawatan kesehatan, dan pemantauan tempat kerja.

$$MOE = \frac{MAR}{EAR}$$

Gambar 4 Formulas Rasio Aspek Mulut dan Mata

memberikan indikasi yang lebih komprehensif tentang kondisi kantuk dengan mempertimbangkan perubahan pada mulut dan mata secara bersamaan. Nilai yang tinggi biasanya menunjukkan bahwa seseorang menguap (tinggi) sementara matanya hampir tertutup (rendah), yang merupakan tanda jelas dari kantuk. Dengan memonitor perubahan dari waktu ke waktu, sistem dapat mendeteksi tanda-tanda kantuk secara lebih akurat dan memberikan peringatan yang sesuai. Penggunaan memungkinkan pendekatan yang lebih integratif dan akurat untuk mendeteksi kantuk berdasarkan analisis visual dari ekspresi wajah.

2.5 Long Short Term Memory

Pemanfaatan jaringan Memori Jangka Panjang (LSTM) dalam mendeteksi kantuk berdasarkan analisis ekspresi wajah menunjukkan kecakapan jaringan dalam menangani data sekuensial dan dependensi temporal [18]. Dengan menganalisis parameter wajah seperti Rasio Aspek Mata, Rasio Aspek Mulut, dan Rasio Mulut dan Mata yang diekstraksi dari bingkai video, model LSTM dilatih pada data yang telah diproses sebelumnya dan dinormalisasi untuk mengenali pola yang menunjukkan kantuk [19]. Kemampuan LSTM untuk menyimpan informasi penting sambil membuang detail yang tidak relevan meningkatkan keakuratan deteksi kantuk dengan memahami perubahan ekspresi wajah dari waktu ke waktu. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kantuk secara real-time dan tepat, dengan lapisan keluaran sigmoid memberikan keluaran prediksi biner kantuk atau tidak kantuk, sehingga menunjukkan efektivitas LSTM dalam menganalisis data urutan panjang untuk mendeteksi tanda-tanda kantuk.

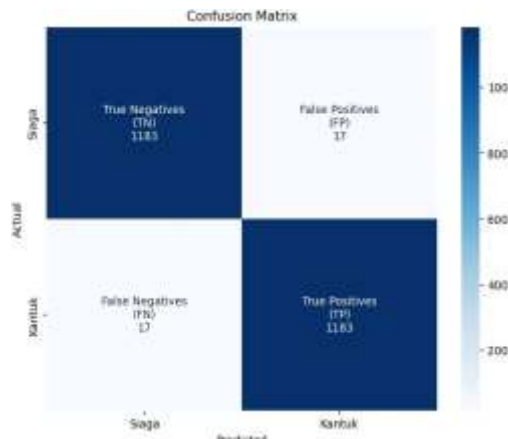
3. HASIL

3.1 Kinerja Model LSTM

Model LSTM yang telah dilatih dievaluasi menggunakan dataset yang terdiri dari

parameter Rasio Aspek Mata , Rasio Aspek Mulut , dan Rasio Mulut dan Mata yang diekstraksi dari video. Dataset ini dibagi menjadi data pelatihan (80%) dan data uji (20%). Selama pelatihan, model mengoptimalkan bobot melalui teknik backpropagation through time (BPTT) untuk meminimalkan kesalahan prediksi.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model LSTM mampu mencapai akurasi deteksikantuk yang tinggi pada data uji. Tabel 4.1 di bawah ini merangkum metrik kinerja model, termasuk akurasi, presisi, recall, dan F1-score.



Gambar 5 CM Model LSTM

Confusion matrix ini mengindikasikan bahwa model LSTM memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi kondisi kantuk dan siaga. Jumlah True Positives (1183) dan True Negatives (1183) yang signifikan menunjukkan bahwa model mampu melakukan klasifikasi dengan benar dalam sebagian besar kasus. Jumlah False Positives (17) dan False Negatives (17) yang relatif kecil menunjukkan bahwa model memiliki kesalahan prediksi yang minimal.

Tabel 1. Tabel Kinerja Model LSTM

Epoch	Presisi	Sensitifitas	F1 Score	Akurasi
10	0,25	0,5	0,33	0,5
20	0,8	0,66	0,62	0,66
30	0,86	0,81	0,81	0,81
40	0,98	0,98	0,98	0,98
50	0,985	0,985	0,985	0,985

3.2 Implementasi Deteksi Secara Langsung

Implementasi model Long Short-Term Memory (LSTM) untuk deteksi kantuk secara langsung telah menunjukkan hasil yang sangat memuaskan dalam pengujian real-time. Sistem ini menggunakan kamera untuk menangkap video langsung dari pengguna dan pustaka Dlib untuk mendeteksi wajah serta mengekstraksi 68 titik landk wajah pada setiap frame video. Dari titik-titik landk ini, parameter Rasio Aspek Mata, Rasio Aspek Mulut , dan Rasio Mulut dan Mata dihitung untuk digunakan sebagai fitur input model LSTM. Model LSTM, yang dilatih dengan urutan parameter wajah dari beberapa frame, memprediksi probabilitas kantuk. Jika probabilitas ini melebihi ambang batas tertentu, sistem mengklasifikasikan pengguna sebagai mengantuk. Jika kondisi kantuk terdeteksi secara konsisten selama sejumlah frame berturut-turut, sistem memberikan peringatan suara kepada pengguna.

Tabel 2. Tabel Uji Coba Deteksi Kantuk

Partisipan	Kelas	Hasil
1	Siaga	
	Kantuk	
2	Siaga	
	Kantuk	
3	Siaga	



Hasil implementasi menunjukkan bahwa model LSTM mampu mendeteksi kantuk dengan akurasi tinggi dalam berbagai kondisi pencahayaan dan posisi wajah. Sistem memberikan respons yang cepat terhadap perubahan kondisi wajah dan mampu memberikan peringatan tepat waktu saat tanda-tanda kantuk terdeteksi. Jumlah false positives dan false negatives yang rendah menunjukkan bahwa model dapat membedakan dengan baik antara kondisi kantuk dan siaga. Sistem juga menunjukkan keandalan yang tinggi dalam berbagai kondisi lingkungan, berkat kemampuan Dlib dalam mendeteksi landmark wajah dengan akurat. Secara keseluruhan, implementasi model LSTM untuk deteksi kantuk secara langsung memberikan hasil yang memuaskan, menunjukkan bahwa model ini dapat diandalkan untuk mendeteksi kantuk dalam situasi real-time dan memiliki potensi besar untuk digunakan dalam aplikasi praktis seperti sistem keselamatan pengemudi dan alat bantu produktivitas di tempat kerja.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem deteksi kantuk berbasis analisis parameter wajah menggunakan algoritma Long Short-Term Memory (LSTM). Sistem ini mampu menganalisis parameter Rasio Aspek Mata (EAR), Rasio Aspek Mulut (MAR), dan Rasio Mulut dan Mata (MOE) untuk mendeteksi tanda-tanda kantuk dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model LSTM yang digunakan dapat beradaptasi dengan baik dalam berbagai kondisi pencahayaan dan posisi wajah, yang penting untuk keandalan dalam aplikasi nyata.

Tingkat akurasi yang tinggi, disertai dengan jumlah false positives dan false negatives yang rendah, menandakan bahwa sistem ini memiliki kemampuan yang baik dalam membedakan antara kondisi kantuk dan siaga. Hal ini membuat sistem ini sangat potensial untuk diterapkan dalam situasi di mana pemantauan kondisi kantuk secara real-time sangat penting, seperti dalam pengawasan pengemudi untuk meningkatkan keselamatan berkendara dan dalam lingkungan kerja yang membutuhkan tingkat kewaspadaan tinggi untuk mencegah kecelakaan.

Implementasi sistem ini menunjukkan responsivitas yang baik, mampu memberikan peringatan tepat waktu saat mendeteksi tanda-tanda kantuk, yang dapat membantu dalam mengambil tindakan preventif. Ini menunjukkan potensi besar untuk aplikasi praktis di berbagai sektor industri, termasuk transportasi dan manufaktur.

Namun, penelitian ini juga mengungkap keterbatasan penting dalam klasifikasi multi-wajah, di mana performa sistem menurun ketika terdapat lebih dari satu wajah di dalam frame. Keterbatasan ini menunjukkan bahwa model saat ini belum optimal untuk situasi di mana deteksi harus dilakukan pada individu dalam kelompok. Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi masalah ini, termasuk penggunaan teknik pengenalan wajah individu untuk memastikan bahwa klasifikasi kantuk dilakukan dengan benar pada target yang relevan.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuka jalan bagi pengembangan sistem

deteksi kantuk yang lebih canggih dan dapat diandalkan, dengan aplikasi praktis yang luas dalam berbagai bidang. Tantangan yang tersisa, terutama terkait dengan pengelolaan situasi multi-wajah, memberikan arah yang jelas untuk penelitian dan pengembangan di masa mendatang.

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut dan penerapan sistem deteksi kantuk dapat diberikan. Pertama, penggunaan dataset yang lebih beragam disarankan untuk meningkatkan generalisasi model, mencakup berbagai kondisi pencahayaan, pose wajah, dan latar belakang. Kedua, integrasi dengan teknologilain, seperti perangkat keras pemantauan denyut jantung atau sensor gerak, dapat meningkatkan akurasi deteksi kantuk dan memberikan analisis yang lebih komprehensif tentang kondisi pengguna. Ketiga, pengembangan aplikasi mobile yang menggunakan kamera ponsel untuk deteksi kantuk dapat memperluas jangkauan penggunaan sistem ini, memberikan peringatan real-time kepada pengguna dan meningkatkan keselamatan serta produktivitas dalam berbagai konteks. Keempat, peningkatan antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan akan meningkatkan efektivitas sistem ini, dengan penyediaan visualisasi data yang real-time dan feedback yang jelas membantu pengguna dalam memahami kondisi mereka dan mengambil tindakan yang tepat. Terakhir, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan untuk menguji dan memvalidasi sistem dalam skenario dunia nyata, seperti pengemudi di jalan raya atau pekerja di lingkungan industri, guna memberikan wawasan lebih lanjut tentang keandalan dan manfaat praktis dari sistem deteksi kantuk ini. Dengan mengikuti saran-saran ini, diharapkan sistem deteksi kantuk berbasis LSTM dapat dikembangkan lebih lanjut dan diimplementasikan secara luas, memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan keselamatan dan produktivitas dalam berbagai bidang.

5. DAFTAR RUJUKAN

- Alsarayreh, A., & Mohamad, F. S. (2022). Enhanced constrained local models for gender prediction. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(1), 372–379. <https://doi.org/10.11591/eei.v11i1.2948>
- Balaji, M. A., Samkeerthana, P., Afrin, P. N., Hemanth, T., Kumar, C., & Charan, S. S. (2024). Deepfake Face Detection Using Machine Learning with LSTM Assistant professor Tirumala engineering college. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM) International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*. <https://doi.org/10.55041/IJSREM31975>
- Driver fatigue detection using PPG signal, facial features, head postures with an LSTM model*. (n.d.). <https://ssrn.com/abstract=4849647>
- Drowsiness Sensing System of Driver Based on Behavioral Characteristics to Prevent Road Accidents Using RealTime Optimized Computer Vision. (2023). *REST Journal on Advances in Mechanical Engineering*, 2(2), 24–29. <https://doi.org/10.46632/jame/2/2/4>
- Fietze, I., Rosenblum, L., Salanitro, M., Ibatov, A. D., Eliseeva, M. V., Penzel, T., Brand, D., & Westermayer, G. (2022). The Interplay Between Poor Sleep and Work-Related Health. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.866750>
- Ghrban, Z. S. A., & el Abbadi, N. K. (2023a). Human Age Predication from Face Images Based on Combining Deep Wavelet Network and Machine Learning Algorithms. *Journal of Computer Science*, 19(5), 654–666. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2023.654.666>

- Ghrban, Z. S. A., & el Abbadi, N. K. (2023b). Human Age Predication from Face Images Based on Combining Deep Wavelet Network and Machine Learning Algorithms. *Journal of Computer Science*, 19(5), 654–666. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2023.654.666>
- Karwayun, Prof. (Dr.) R. (2023). Drowsiness Detection using Computer Vision. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 07(05). <https://doi.org/10.55041/ijrsrem22082>
- Kumar, A., Engineer, S., & Phuleria, H. C. (2023). P-321 Analysing honking trend and hotspots in a major city of southern India using a spatial statistical approach. A98.1-A98. <https://doi.org/10.1136/oem-2023-epicoh.241>
- Majeed, F., Shafique, U., Safran, M., Alfarhood, S., & Ashraf, I. (2023). Detection of Drowsiness among Drivers Using Novel Deep Convolutional Neural Network Model. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(21). <https://doi.org/10.3390/s23218741>
- Mr. Pradeep V, Namratha, Nisha Tellis, Shravya, & Vshker Mayengbam. (2023). A Review on Eye Aspect Ratio Technique. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 98–100. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-7843>
- Piri Keshtiban, N., Maghsoudi Pour, M., Bikdeli, H., Nemati Dopalani, F., Khammar, A., Kamali, M., & Vatani, J. (2022). Associations of the Sleepiness With Physiologic Changes in Night Shift Rehabilitation Healthcare Workers. *Health in Emergencies and Disasters Quarterly*, 7(3), 109–116. <https://doi.org/10.32598/hdq.7.3.435.1>
- Ram, Dr. C. S., Koushik, D. J. V. S., & Pavan, H. S. (2024). Drowsiness Detection using EAR (Eye Aspect Ratio) by Machine Learning. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 08(01), 1–13. <https://doi.org/10.55041/ijrsrem19675>
- Reynolds, A. C., Coenen, P., Lechat, B., Straker, L., Zabatiero, J., Maddison, K. J., Adams, R. J., & Eastwood, P. (2023). Insomnia and workplace productivity loss among young working adults: a prospective observational study of clinical sleep disorders in a community cohort. *Medical Journal of Australia*, 219(3), 107–112. <https://doi.org/10.5694/mja2.52014>
- Rizwan, M., Rao, S., Balayan, S., Bhandari, N., & Choudhary, S. (2018). STUDY AND DETERMINATION OF EYE ASPECT RATIO USING DATA MINING. In *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology* (Vol. 8). <http://www.ijeast.com>
- Singh, P., Singh, V. K., & Verma, V. (2023). Drowsy Driver Detection using Deep Learning. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(5), 2431–2438. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.52135>
- Toma, T. I., & Choi, S. (2023). An End-to-End Multi-Channel Convolutional Bi-LSTM Network for Automatic Sleep Stage Detection. *Sensors*, 23(10). <https://doi.org/10.3390/s23104950>
- Wedha, A. B. P. B., Rahman, B., Hindarto, D., & Wedha, B. Y. (2023). Drowsy Detection in the Eye Area using the Convolutional Neural Network. *Sinkron*, 8(2), 1097–1107. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i2.12386>