



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 1 Tahun 2025 Page 3826-3837

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Analysis of Shape and Texture Identifying and Detecting Apple Fruit

Mutiana Pratiwi^{1✉}, Ulya Ilhami Arsyah²

(1) Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, (2) Politeknik Negeri Padang

Email: mutiana_pratiwi@upiptk.ac.id[✉]

Abstrak

Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan apel dengan menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) berdasarkan fitur bentuk dan tekstur apel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu sistem membedakan antara apel hijau dan apel merah. Proses identifikasi dimulai dengan segmentasi citra menggunakan metode KNN. Hasil segmentasi citra terlebih dahulu diubah menjadi citra biner, kemudian diubah menjadi citra grayscale. Kinerja sistem dicapai dengan mengombinasikan metode KNN dengan ekstraksi fitur citra grayscale. Fitur-fitur yang diekstraksi meliputi nilai metrik sebesar 0,5, eksentrisitas 0,2, kontras 0,1, korelasi 0,9, energi 0,3, dan homogenitas 0,9. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, sistem mampu mengidentifikasi apel merah dengan akurat.

Kata Kunci: *Klasifikasi Kematangan Apel, K-Nearest Neighbor (KNN), Fitur Bentuk, Fitur Tekstur, Segmentasi Citra*

Abstract

This research proposes a system for classifying the maturity levels of apples by utilizing the K-Nearest Neighbor (KNN) method based on the shape and texture features of apples. The aim of this research is to assist the system in distinguishing between green apples and red apples. The identification process begins with segmenting the image using the KNN method. The segmentation results are first converted into binary images and subsequently transformed into grayscale images. The system's performance is achieved by combining the KNN method with the extraction of grayscale image features. The extracted features include a metric value of 0.5, eccentricity of 0.2, contrast of 0.1, correlation of 0.9, energy of 0.3, and homogeneity of 0.9. Based on these values, the system is able to accurately identify red apples.

Keywords: Apple Maturity Classification, K-Nearest Neighbor (KNN), Shape Features, Texture Features, Image Segmentation

PENDAHULUAN

Gambar digital digunakan di berbagai bidang untuk kenyamanan dan efektivitas dalam memecahkan masalah. Salah satu aplikasinya adalah dalam ekstraksi karakteristik untuk klasifikasi, seperti di bidang kesehatan untuk mendeteksi penyakit pneumonia dan kanker payudara. Selain itu, di bidang pertanian, citra digital dimanfaatkan dalam proses dan klasifikasi, misalnya pada pengembangan stroberi dan apel. Bahkan, untuk mendeteksi penyakit pada tanaman, citra digital telah digunakan, seperti pada penelitian penyakit kelapa sawit dan penyakit tanaman yang dianalisis melalui daun (Dong et al. 2024).

Pemrosesan citra digital, ekstraksi fitur merupakan langkah penting yang menentukan keberhasilan proses pengenalan atau identifikasi (Khandelwal, Shukla, and Sain 2023). Fitur-fitur ini adalah karakteristik unik yang menggambarkan objek yang ditampilkan dalam gambar (Weldergs 2024). Dalam konteks computer vision, ekstraksi fitur berfungsi untuk mendapatkan ciri khas yang dapat membedakan satu objek dengan objek lainnya (Hu et al. 2023). Representasi sebuah objek dalam gambar terhadap objek aslinya sangat bergantung pada kualitas ekstraksi fitur yang dilakukan (Gokhale, Chavan, and Sonawane 2023). Proses ini mencakup penghitungan jumlah titik atau piksel yang ditemukan dalam sejumlah pemeriksaan tertentu (Zhang et al. 2024). Hasil ekstraksi fitur tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi daerah fitur yang penting. Daerah ini ditentukan berdasarkan karakteristik intrinsik citra, baik dari sudut pandang global maupun lokal, mencakup aspek seperti tekstur, bentuk, ukuran, intensitas warna, statistik, dan lainnya (Tejawati et al. 2023) (Chen et al. 2024).

Selanjutnya, pemfilteran tekstur menjadi salah satu metode penting dalam analisis citra digital. Pemfilteran ini digunakan untuk menyaring informasi tekstur pada gambar sambil tetap mempertahankan struktur utama (Dela Cruz, Miranda, and Naval 2024). Metode ini memiliki berbagai aplikasi, seperti peningkatan detail, abstraksi visual, segmentasi gambar, deteksi tepi, pemetaan nada, estimasi aliran optik, hingga estimasi pencahayaan (Yang et al. 2023) (Santhoshi and Muthukumaravel 2024). Agar efektif, metode pemfilteran tekstur harus mampu menjaga kejelasan tepi dan detail dalam gambar sambil menghilangkan informasi tekstur yang tidak relevan. Namun, tantangan yang dihadapi dalam proses ini adalah skala unit tekstur dan detail struktur utama yang sering kali tidak pasti dalam gambar acak (Dhabliya et al. 2024) (Wang et al. 2023).

Salah satu penerapan teknologi citra digital yang potensial adalah pada buah apel, yang merupakan salah satu buah paling digemari oleh banyak orang. Apel memiliki kandungan nutrisi tinggi, seperti serat, vitamin C, dan berbagai macam antioksidan. Selain itu, satu buah apel diketahui mengandung sekitar 95 kalori, sebagian besar berasal dari kandungan karbohidratnya. Walaupun tinggi kalori, apel bebas dari lemak, natrium, dan kolesterol, serta memiliki kandungan air sebesar 86 persen. Oleh karena itu, penelitian untuk menentukan tingkat kematangan apel melalui warna kulitnya menjadi sangat bermanfaat, terutama bagi para penggemar buah ini (Vedanty et al. 2023).

Setiap buah memiliki ciri khas untuk menentukan tingkat kematangannya, salah satunya adalah warna kulitnya. Pada apel, klasifikasi tingkat kematangan masih dilakukan secara manual oleh petani. Pendekatan manual ini memiliki sejumlah kelemahan, seperti membutuhkan lebih banyak tenaga dan kurangnya keakuratan karena bergantung pada penilaian subjektif manusia. Hal ini dapat menyebabkan inkonsistensi dalam menentukan apakah apel sudah matang atau belum. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem otomatis yang dapat mengidentifikasi tingkat kematangan apel secara efisien dan akurat (Lin et al. 2024).

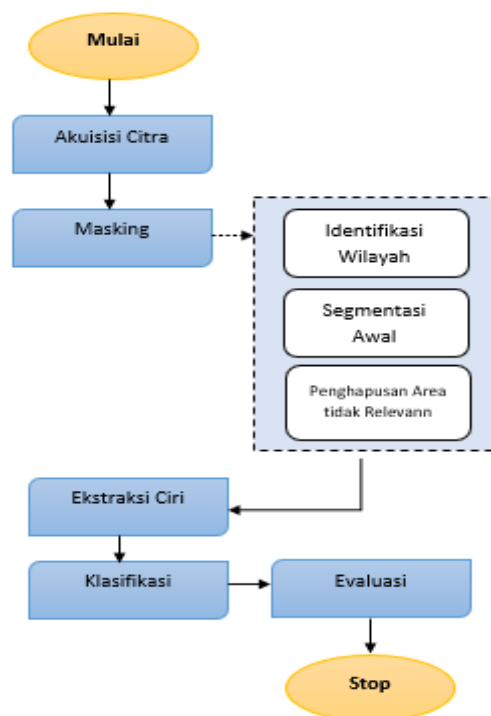
Pengolahan Citra Digital (Digital Image Processing) adalah bidang ilmu yang mempelajari bagaimana citra dapat dibentuk, diolah, dan dianalisis untuk menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan pengolahan citra digital ke dalam kehidupan sehari-hari, sehingga teknologi ini dapat membantu manusia secara efektif (Chen et al. 2023) (Gisleris and Serackis 2024). Salah satu implementasinya adalah deteksi tingkat kematangan apel melalui warna kulitnya. Sistem yang dirancang akan dilatih untuk mengenali warna dan tekstur kulit apel, sehingga mampu membedakan antara apel merah dan apel hijau

dengan akurat (Yan, Zhang, and Zhang 2024). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi penyuka apel dan pelaku industri pertanian.

METODE PENELITIAN

A. Kerangka Penelitian

Pada penelitian ini kami menggunakan ekstraksi citra menggunakan fitur bentuk dan tekstur dan melakukan identifikasi pengelompokan berdasarkan metode K-nearest Neighbor sehingga dapat menentukan jenis apel merah atau hijau. Berikut Langkah-langkah dalam penelitian terlihat pada bagan 1 dibawah ini.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Pada Gambar 1. Kerangka Penelitian diatas mengilustrasi kan tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian ini. Tahapan tersebut kemudian menjadi bagian-bagian sub tahapan.

B. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam melakukan klasifikasi citra buah apel berdasarkan shape dan tekstur dijelaskan pada Langkah-langkah berikut ini:

1. Akuisisi Citra

Proses akuisisi data dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan dataset yang diambil dari platform Kaggle, sebuah platform berbagi data dan kompetisi data

science yang terpercaya. Dataset ini mencakup total 77 data latih dan 20 data uji yang dipilih secara spesifik untuk memastikan akurasi dan efektivitas sistem dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah apel. Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari citra buah apel dengan variasi warna, bentuk, dan tekstur, yang dirancang untuk merepresentasikan kondisi nyata apel.

Dari 20 data uji yang digunakan, 19 citra mewakili buah apel yang telah matang, sedangkan 1 citra mewakili buah apel yang belum matang. Komposisi ini bertujuan untuk menguji kemampuan sistem dalam membedakan apel matang dan belum matang berdasarkan karakteristik visualnya. Setiap citra diproses lebih lanjut melalui beberapa tahap pengolahan citra, termasuk normalisasi, segmentasi, dan ekstraksi fitur, untuk memastikan kualitas data yang optimal sebelum dianalisis.

Selain itu, data latih yang terdiri dari 77 citra digunakan untuk melatih model klasifikasi agar mampu mengenali pola pada citra apel berdasarkan fitur bentuk dan tekstur. Fitur-fitur yang diekstraksi, seperti warna kulit, tekstur permukaan, dan bentuk keseluruhan, menjadi parameter utama yang dianalisis oleh sistem. Dengan memanfaatkan dataset yang representatif dan terstruktur, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan sistem klasifikasi tingkat kematangan buah apel secara otomatis dan efisien.

Penelitian ini juga menekankan pentingnya pemilihan dataset yang bervariasi dan berkualitas tinggi untuk meningkatkan performa sistem. Penggunaan platform Kaggle sebagai sumber data memastikan bahwa dataset yang digunakan memiliki standar yang dapat dipercaya dan mendukung validitas hasil penelitian.

2. Masking

Masking merupakan salah satu metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan tujuan untuk menyembunyikan atau menutupi suatu objek dengan objek lain, sehingga objek yang menutupi terlihat transparan dan dapat menyatu secara visual dengan objek yang ditutupi. Metode ini diterapkan untuk memastikan bahwa analisis citra berfokus pada elemen yang relevan tanpa terganggu oleh bagian lain yang tidak diperlukan.

Dalam konteks penelitian ini, masking dilakukan untuk memperoleh tingkat kecerahan warna merah yang sesuai dengan tingkat kematangan masing-masing buah apel atau citra yang digunakan. Dengan teknik ini, sistem dapat secara lebih akurat mengidentifikasi perbedaan tingkat kematangan berdasarkan karakteristik visual yang diekstraksi dari warna kulit apel. Proses masking membantu mengisolasi area penting

dalam citra, sehingga hasil analisis warna menjadi lebih konsisten dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Pendekatan ini memungkinkan citra yang digunakan memberikan informasi yang lebih spesifik dan relevan terkait tingkat kematangan buah apel. Dengan demikian, teknik masking tidak hanya meningkatkan kualitas analisis, tetapi juga membantu sistem dalam menghasilkan klasifikasi yang lebih akurat dan efisien.

3. Ekstraksi

Dalam penelitian ini, ekstraksi ciri dilakukan dengan menggunakan teknik algoritma Hue Saturation Value (HSV). HSV adalah model warna yang merepresentasikan warna dengan memisahkan informasi rona (hue), intensitas warna (saturation), dan tingkat kecerahan (value). Model ini bekerja dengan mencampurkan berbagai rona warna dengan saturasi yang menyerupai variasi warna cerah, serta nilai dimensi yang menggambarkan campuran warna dengan jumlah yang bervariasi dari warna hitam atau putih.

Pada penelitian ini, ekstraksi fitur warna berbasis HSV bertujuan untuk memanfaatkan ciri warna sebagai parameter utama dalam menentukan tingkat kematangan buah apel. Warna kulit apel menjadi batasan atau patokan apakah sebuah apel dapat dikategorikan matang atau belum. Proses ini didukung oleh metode masking sebelumnya yang menggunakan warna merah sebagai acuan utama. Dengan demikian, warna merah yang diekstraksi dari model HSV menjadi indikator utama untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah apel.

Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk memproses citra secara lebih akurat dan konsisten, sehingga hasil klasifikasi kematangan buah apel berdasarkan warna kulitnya dapat dilakukan dengan lebih efektif. Penggunaan algoritma HSV memberikan keunggulan dalam menangkap variasi rona, saturasi, dan kecerahan, yang semuanya menjadi aspek penting dalam analisis warna buah.

4. Klasifikasi

Pada tahap klasifikasi, kami menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) untuk mengolah dataset setelah proses ekstraksi fitur citra menggunakan model Hue Saturation Value (HSV). Citra apel yang telah diekstraksi kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma KNN dengan parameter $k = 2$, yang merepresentasikan dua kelas, yaitu matang dan belum matang. Metode ini dipilih karena kesederhanaan dan efektivitasnya dalam menentukan klasifikasi berdasarkan kedekatan dengan tetangga terdekat dalam ruang fitur.

Pada tahap akhir, kami melakukan evaluasi terhadap hasil klasifikasi untuk menentukan tingkat akurasi dari model yang telah diterapkan. Untuk itu, diperlukan metode evaluasi yang sesuai guna mengukur performa model. Dalam penelitian ini, kami menggunakan metode Hold-Out Estimation, yang membagi dataset menjadi data latih dan data uji. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi metrik performa seperti akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas dalam klasifikasi. Hasil dari evaluasi ini diperoleh melalui perhitungan yang sistematis menggunakan rumus atau formula yang relevan, yang mencakup penghitungan:

- Akurasi: Proporsi klasifikasi yang benar terhadap total data uji.

$$A = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

- Sensitivitas (Recall): Kemampuan model dalam mengidentifikasi kelas positif (apel matang).

$$S = \frac{TP}{TP + FN}$$

- Spesifisitas: Kemampuan model dalam mengidentifikasi kelas negatif (apel belum matang).

Keterangan:

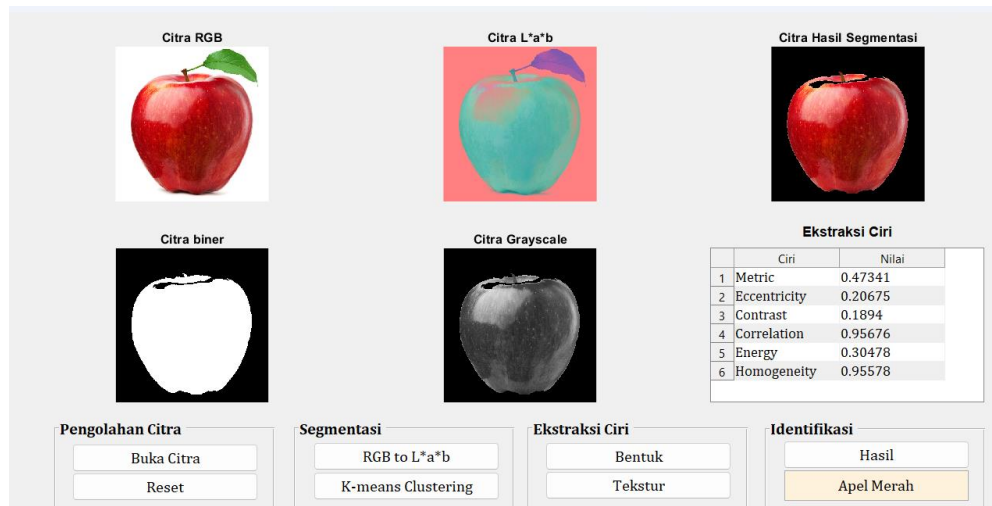
- True Positives (TP): adalah jumlah tuple positif yang benar diklasifikasi oleh classifier (model klasifikasi yang telah kita bangun). atau tuple positif yang diprediksi juga sebagai positif
- True Negative (TN): adalah jumlah tuple negatif yang benar diprediksi oleh classifier. atau tuple negatif diprediksi juga sebagai negatif
- False Positive (FP): adalah jumlah tuple negatif yang salah diprediksi sebagai positif.
- False Negative (FN): adalah jumlah tuple positif yang salah diprediksi sebagai negatif.

5. Evaluasi

Tapahan ini bertujuan untuk memastikan bahwa model klasifikasi yang dikembangkan memiliki kinerja yang baik dan mampu memberikan hasil yang konsisten dan akurat. Dengan menggunakan pendekatan ini, penelitian dapat memberikan kontribusi signifikan dalam penerapan teknologi klasifikasi otomatis pada buah apel berdasarkan tingkat kematangannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dataset yang ada dan telah melalui proses preprocessing maka pada tahap selanjutnya pada percobaan yang kami lakukan menggunakan Metode Klasifikasi dengan K-Nearest Neighbor (KNN). Berikut lampiran bukti dengan 5 data percobaan dengan menghasilkan hasil berikut:



Gambar 2. Hasil Pengujian

Pada gambar di atas menampilkan alur proses pengolahan citra untuk mengidentifikasi jenis apel (merah atau lainnya) menggunakan berbagai metode pengolahan citra dan analisis fitur. Pada bagian Pengolahan Citra, terdapat tombol Buka Citra dan Reset, yang menandakan bahwa sistem ini dirancang untuk memulai dengan mengunggah citra apel dalam format RGB. Citra ini kemudian akan diproses lebih lanjut melalui beberapa tahapan pengolahan seperti segmentasi, konversi warna, dan analisis fitur. Citra RGB di sisi kiri atas merupakan citra apel asli dalam format warna dasar merah, hijau, dan biru (RGB). Citra ini menjadi input awal dalam proses identifikasi. Selanjutnya pada bagian Segmentasi, sistem melakukan konversi citra dari ruang warna RGB ke ruang warna Lab* menggunakan tombol RGB to Lab*. Proses ini bertujuan untuk memisahkan warna menjadi tiga komponen: kecerahan (L^*), saluran warna hijau-merah (a^*), dan saluran warna biru-kuning (b^*). Hasil segmentasi pada citra Citra Lab* menunjukkan pemisahan visual warna apel dengan latar belakang, yang memungkinkan analisis lebih fokus pada area apel. Kemudian, segmentasi lebih lanjut dilakukan menggunakan metode K-means Clustering untuk mengelompokkan piksel berdasarkan kesamaan warna. Hasilnya adalah Citra Hasil Segmentasi, di mana apel berhasil dipisahkan dari latar belakang dengan warna dominan yang diidentifikasi secara lebih akurat. Setelah segmentasi, citra diolah menjadi Citra Biner: Menampilkan apel dalam bentuk siluet putih (area objek) dengan latar belakang hitam. Ini dilakukan untuk fokus pada bentuk dan batas apel secara

lebih jelas. Citra Grayscale: Mengubah citra menjadi skala abu-abu untuk memungkinkan analisis tekstur dan intensitas warna, yang merupakan aspek penting dalam ekstraksi fitur. Selanjutnya sistem melakukan analisis lebih lanjut untuk mengekstraksi ciri-ciri unik dari citra apel. Tabel Ekstraksi Ciri di kanan atas menampilkan fitur-fitur berikut:

- Metric: 0.7431, menggambarkan rasio dimensi objek.
- Eccentricity: 0.2095, menunjukkan tingkat keovalan apel (bentuk mendekati bulat).
- Contrast: 0.0689, mengindikasikan perbedaan intensitas antara area terang dan gelap.
- Correlation: 0.9566, mengukur hubungan spasial antara piksel-piksel yang berdekatan.
- Energy: 0.8578, menunjukkan konsistensi pola tekstur.
- Homogeneity: 0.95578, mengukur keseragaman tekstur.
- Ekstraksi fitur ini digunakan untuk menentukan parameter yang membantu klasifikasi apel.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi tingkat kematangan apel dengan menggunakan segmentasi warna berbasis ruang warna Lab*, ekstraksi fitur menggunakan model Hue Saturation Value (HSV), dan klasifikasi dengan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN). Metode segmentasi efektif memisahkan objek apel dari latar belakang, sementara ekstraksi fitur warna dan tekstur menghasilkan parameter penting seperti metrik bentuk, eksentrisitas, kontras, korelasi, energi, dan homogenitas, yang mendukung klasifikasi apel ke dalam dua kategori, yaitu matang dan belum matang. Evaluasi menggunakan Hold-Out Estimation menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang baik dalam hal akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi besar sistem pengolahan citra digital untuk otomatisasi identifikasi kematangan apel, memberikan efisiensi dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode manual. Penelitian ini juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut dengan meningkatkan jumlah dataset, menggunakan algoritma yang lebih kompleks, atau mengembangkan sistem real-time untuk aplikasi praktis di industri pertanian atau ritel.

DAFTAR PUSTAKA

Chen, Jiaxiang, Jiayuan Fan, Hancheng Ye, Jie Li, Yongbing Liao, and Tao Chen. 2023.

- "Exploring Kernel-Based Texture Transfer for Pose-Guided Person Image Generation." *IEEE Transactions on Multimedia* 25:7337–49. doi: 10.1109/TMM.2022.3221351.
- Chen, Kecheng, Tiexin Qin, Victor Ho Fun Lee, Hong Yan, and Haoliang Li. 2024. "Learning Robust Shape Regularization for Generalizable Medical Image Segmentation." *IEEE Transactions on Medical Imaging* 43(7):2693–2706. doi: 10.1109/TMI.2024.3371987.
- Dela Cruz, Joshua R., Vince Raphael R. Miranda, and Prospero C. Naval. 2024. "Optimizing Rice Disease Classification: A Comparative Study of Different Color, Shape and Texture Features." *International Conference on Cybernetics and Innovations, ICCI 2024* 1–6. doi: 10.1109/ICCI60780.2024.10532443.
- Dhabliya, Dharmesh, V. J. Vijayalakshmi, Amit Kumar Sharma, Gourav Sood, B. Latha, and Y. R. Meena. 2024. "A Comparative Analysis of Texture Analysis Methods for Image Retrieval." *2024 15th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2024* 1–5. doi: 10.1109/ICCCNT61001.2024.10725253.
- Dong, Jinda, Fei Xue, Tingting Dong, and Hengliang Tang. 2024. "Research on Apple Recognition and Counting Model Based on Image Processing." *2024 5th International Conference on Big Data and Artificial Intelligence and Software Engineering, ICBASE 2024* 120–24. doi: 10.1109/ICBASE63199.2024.10762430.
- Gisleris, Ervinas, and Arturas Serackis. 2024. "Evaluation and Optimization of Texture Extraction and Reconstruction for 3D Eyewear Modeling from Single RGB Images." *Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering - Proceedings of the 11th IEEE Workshop, AIEEE 2024*. doi: 10.1109/AIEEE62837.2024.10586597.
- Gokhale, Atharva, Ameya Chavan, and Sheetal Sonawane. 2023. "Leveraging ML Techniques for Image-Based Freshness Index Prediction of Fruits and Vegetables." *2023 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics, ESCI 2023* 1–6. doi: 10.1109/ESCI56872.2023.10100260.
- Hu, Qingying, Wei Lu, Hui Luo, Dejian Dai, Yingming Deng, and Aiguo Song. 2023. "Noncontact Detection Method for Food Texture Assessment Based on Air Puff Combined With Structured Light Imaging." *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 72. doi: 10.1109/TIM.2023.3273666.
- Khandelwal, Ankit, Aasheesh Shukla, and Mangal Sain. 2023. "A Survey on Automated Disease Diagnosis and Classification of Herbal Plants Using Digital Image

- Processing." 2023 6th International Conference on Information Systems and Computer Networks, ISCON 2023 1–5. doi: 10.1109/ISCON57294.2023.10112042.
- Lin, Fanzhao, Kexin Bao, Yong Li, Dan Zeng, and Shiming Ge. 2024. "Learning Contrast-Enhanced Shape-Biased Representations for Infrared Small Target Detection." *IEEE Transactions on Image Processing* 33:3047–58. doi: 10.1109/TIP.2024.3391011.
- Santhoshi, A., and A. Muthukumaravel. 2024. "Texture and Shape-Based Feature Extraction for Colorectal Tumor Segmentation." *10th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2024* 1:315–20. doi: 10.1109/ICACCS60874.2024.10717222.
- Tejawati, Andi, Anindita Septiarini, Andi Pangeran Asdar, Masna Wati, Hamdani Hamdani, Saipul, and Surya Eka Priyatna. 2023. "Batik Pattern Classification Using Decision Tree Based on Color-Texture Features." *2023 6th International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering: Integrating Scalable Digital Connectivity, Intelligence Systems, and Green Technology for Education and Sustainable Community Development, ICVEE 2023 - Proceeding* 347–52. doi: 10.1109/ICVEE59738.2023.10348243.
- Vedanty, Putu Prianka, Made Windu Antara Kesiman, I. Made Gede Sunarya, and I. Gusti Ayu Agung Diatri Indradewi. 2023. "Identification of Leaf Diseases of Medicinal Plants Using K-Nearest Neighbor Based on Color, Texture, and Shape Features." *2023 10th International Conference on Advanced Informatics: Concept, Theory and Application, ICAICTA 2023* 1–6. doi: 10.1109/ICAICTA59291.2023.10390034.
- Wang, Fei, Manyu Wang, Han Li, Zongkai Yang, Youbin Song, and Zhihua Chen. 2023. "Video Fog Detection Based on Dynamic Texture Analysis." *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, BMSB 2023-June:1–4*. doi: 10.1109/BMSB58369.2023.10211187.
- Weldergs, Gebrhans Weldegebriel. 2024. "Orange Fruit Disease Detection and Classification Using AI-Based Techniques." *2024 International Conference on Information and Communication Technology for Development for Africa (ICT4DA)* 108–13. doi: 10.1109/ICT4DA62874.2024.10777141.
- Yan, Han, Haijun Zhang, and Zhao Zhang. 2024. "Learning to Disentangle the Colors, Textures, and Shapes of Fashion Items: A Unified Framework." *IEEE Transactions on Multimedia* 26:5615–29. doi: 10.1109/TMM.2023.3338050.
- Yang, Xi, Zihan Wang, Ziyu Wei, and Dong Yang. 2023. "SCSP: An Unsupervised Image-to-Image Translation Network Based on Semantic Cooperative Shape Perception."

IEEE Transactions on Multimedia 26:4950–60. doi: 10.1109/TMM.2023.3328176.

Zhang, Yu, Jianqi Chen, Zhenbang Peng, Yi Dang, Zhenwei Shi, and Zhengxia Zou. 2024. "Physical Adversarial Attacks Against Aerial Object Detection With Feature-Aligned Expandable Textures." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 62:1–15. doi: 10.1109/TGRS.2024.3426272..