YOLOv12 for Human Object Detection in Real-time Video Surveillance Systems

Yohanes Bowo Widodo^{1)*}, Sondang Sibuea²⁾, Rano Agustino³⁾

¹⁾²⁾ Teknik Informatika, Fakultas Komputer, Universitas Mohammad Husni Thamrin

³⁾ Sistem Informasi, Fakultas Komputer, Universitas Mohammad Husni Thamrin

^{*)}Correspondence author: ybowowidodo@gmail.com, Jakarta, Indonesia,

DOI: <https://doi.org/10.37012/jtik.v11i2.2789>

Abstract

This research discusses the application of the YOLO (You Only Look Once) model to detect human objects in real-time video surveillance systems. This model was developed in response to the increasing need for efficiency and accuracy in video surveillance analysis, particularly in identifying abnormal or malicious activities. The application of deep learning technology, especially the YOLO model, has been shown to provide better performance in object recognition compared to traditional methods, such as SVM and Haar-Cascade, which often experience limitations in terms of speed and accuracy. One significant contribution of the use of YOLO lies in its ability to detect objects simultaneously in high-speed video, which is crucial in surveillance contexts that require rapid response to incidents. The implementation of YOLO also promises better collaboration between edge and cloud computing, allowing video processing to be carried out closer to the data source, reducing latency and improving data security. With this approach, the system can generate relevant information for rapid decision-making, such as monitoring human behavior in public settings and detecting suspicious activity. The analysis of this study highlights the significant potential of YOLO in improving real-time video surveillance systems and demonstrates that more accurate object detection capabilities can improve overall public safety. Through this model, we hope to revolutionize surveillance practices, adapt to modern needs, and provide a solid foundation for further development in the field of video surveillance.

Keywords: Object Detection, Video Surveillance, YOLO (You Only Look Once), Deep Learning, Real-Time Systems

Abstrak

Penelitian ini membahas penerapan model YOLO (You Only Look Once) untuk mendeteksi obyek manusia dalam sistem pengawasan video secara real-time. Model ini dikembangkan sebagai respons terhadap kebutuhan yang meningkat akan efisiensi dan akurasi dalam analisis video pengawasan, khususnya dalam mengidentifikasi kegiatan abnormal atau berbahaya. Penerapan teknologi deep learning, terutama model YOLO, telah terbukti memberikan kinerja yang lebih baik dalam pengenalan obyek dibandingkan metode tradisional, seperti SVM dan Haar-Cascade, yang sering kali mengalami keterbatasan dalam hal kecepatan dan akurasi. Salah satu kontribusi signifikan dari penggunaan YOLO terletak pada kemampuannya untuk mendeteksi obyek secara simultan dalam video dengan kecepatan tinggi, yang merupakan faktor krusial dalam konteks pengawasan yang memerlukan respon cepat terhadap kejadian. Implementasi YOLO juga menjanjikan kolaborasi yang lebih baik antara edge dan cloud computing, yang memungkinkan pemrosesan video dilakukan lebih dekat dengan sumber data, mengurangi latensi dan meningkatkan keamanan data. Dengan pendekatan ini, sistem dapat menghasilkan informasi yang relevan untuk pengambilan keputusan cepat, seperti memantau perilaku manusia dalam konteks publik dan mendeteksi aktivitas mencurigakan. Hasil analisis dari penelitian ini menyoroti potensi besar YOLO dalam memperbaiki sistem pengawasan video real-time, serta menunjukkan bahwa kemampuan deteksi obyek yang lebih akurat dapat meningkatkan keamanan publik secara keseluruhan.

Melalui model ini, kami berharap dapat merevolusi cara pengawasan dilakukan, beradaptasi dengan kebutuhan modern, serta memberikan dasar yang kuat bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang pengawasan melalui video.

Kata Kunci: Deteksi Obyek, Video Pengawasan, YOLO (You Only Look Once), Deep Learning, Sistem Real-time

PENDAHULUAN

Dalam era digital yang terus berkembang, keberadaan video pengawasan telah menjadi aspek yang tak terpisahkan dari upaya menjaga keamanan masyarakat, baik di ruang publik maupun pribadi. Peningkatan penggunaan kamera CCTV didorong oleh kebutuhan untuk memonitor dan menganalisis aktivitas yang terjadi di lingkungan yang terpantau. Namun, pengawasan konvensional seringkali menghadapi tantangan dalam hal efisiensi dan akurasi deteksi aktivitas yang mencurigakan atau abnormal (Nikouei et al., 2018). Dengan semakin banyaknya data visual yang dihasilkan, diperlukan solusi yang mampu memproses informasi ini secara real-time, sehingga dapat memberikan respons yang cepat dan tepat dalam situasi darurat (Berardini et al., 2021).

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mendalam (deep learning) telah membawa perubahan signifikan dalam analisis video. Model YOLO (You Only Look Once) telah muncul sebagai salah satu metode unggulan dalam deteksi obyek, menawarkan keunggulan dalam hal kecepatan dan akurasi dibandingkan dengan metode tradisional seperti Haar-Cascade dan Support Vector Machine (SVM) (Chen et al., 2022). YOLO melakukan deteksi obyek dalam satu proses berkesinambungan, melampaui batasan yang ada pada pendekatan sebelumnya yang memerlukan langkah-langkah ekstraksi fitur yang terpisah. Hal ini menjadikannya pilihan yang optimal untuk aplikasi pengawasan video yang memerlukan kecepatan dan ketepatan tinggi (Miao et al., 2023).

Penerapan YOLO dalam sistem pengawasan video real-time memungkinkan deteksi obyek manusia secara efisien, memfasilitasi deteksi tindakan yang mencurigakan ataupun kriminal serta membantu dalam mempengaruhi keputusan keamanan (Xu et al., 2019). Dalam konteks ini, pendekatan berbasis AI tidak hanya mereduksi beban kerja manusia

dalam menganalisis video pengawasan, tetapi juga meningkatkan peluang intervensi yang lebih cepat terhadap insiden yang mengancam keselamatan publik (AlQaralleh et al., 2022). Penelitian ini berfokus pada penerapan model YOLO v12 untuk mendeteksi obyek manusia dalam sistem pengawasan video real-time, serta melakukan evaluasi terhadap efektivitas dan efisiensinya dibandingkan dengan model sebelumnya (Montero et al., 2023).

Lebih jauh lagi, dengan meningkatnya perhatian pada isu privasi data dan tata kelola informasi, penerapan teknologi yang mampu berfungsi secara transparan dan etis menjadi semakin penting (Baca et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini juga mempertimbangkan aspek-aspek keadilan dan privasi dalam implementasinya. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan integrasi yang harmonis antara kecanggihan teknologi dan kebutuhan masyarakat untuk keamanan, sehingga dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan sistem pengawasan yang lebih baik di masa depan. Adanya studi ini bertujuan untuk tidak hanya menunjukkan kemampuan teknis dari model YOLO v12 dalam mendeteksi obyek manusia, namun juga untuk mengeksplorasi dampaknya terhadap efektivitas pengawasan video dan memberi rekomendasi untuk implementasi lebih lanjut di bidang keamanan publik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi model YOLO v12 dalam mendeteksi obyek manusia dalam sistem pengawasan video real-time. Metodologi penelitian ini akan dibagi menjadi beberapa tahap kritis, mulai dari pengumpulan data, preprocessing data, penerapan model, hingga evaluasi hasil.

1. Pengumpulan Data

Tahap awal dari penelitian ini adalah pengumpulan data video yang akan digunakan untuk pelatihan model YOLO v12. Video-video ini akan diambil dari berbagai sumber, termasuk rekaman CCTV yang ada di ruang publik dan simulasi yang dibuat di lingkungan terkendali. Data yang dikumpulkan akan mencakup berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang untuk memastikan keberagaman dan representativitas dalam dataset (Yadav et al., 2024; Sapkota, 2025).

2. Preprocessing Data

Setelah pengumpulan data, proses preprocessing akan dilakukan untuk mempersiapkan video agar sesuai untuk pelatihan model. Ini termasuk penandaan (labeling) obyek manusia yang terdapat dalam video menggunakan perangkat lunak anotasi, perubahan ukuran video, serta penyesuaian kualitas gambar untuk mengoptimalkan kinerja model dalam kondisi nyata (Chen, 2025; Redmon et al., 2016). Selain itu, dalam tahap ini, data juga akan dibagi menjadi set pelatihan, validasi, dan pengujian.

3. Implementasi dan Pelatihan Model

Pada tahap ini, model YOLO v12 akan diterapkan dan dilatih dengan menggunakan dataset yang telah disiapkan. Proses pelatihan mencakup tuning hyperparameter yang diperlukan untuk meningkatkan akurasi model dan mengurangi error deteksi. Model YOLO dipilih karena kemampuannya untuk melakukan deteksi obyek secara cepat dan efisien, dibandingkan dengan model lain seperti Faster R-CNN dan SSD yang lebih lambat dalam konteks real-time (Ren et al., 2017). Peneliti juga akan menerapkan teknik augmentasi data untuk meningkatkan keberagaman data yang digunakan dalam pelatihan, sehingga mengurangi risiko overfitting (Gancheva & Peneva, 2023).

4. Evaluasi Kinerja Model

Setelah model dilatih, tahap evaluasi akan dilakukan untuk mengukur kinerja dan efektivitas deteksi model menggunakan metrik seperti Precision, Recall, dan Mean Average Precision (mAP). Evaluasi ini akan dilakukan pada set pengujian yang terpisah untuk mendapatkan gambaran akurasi yang realistis tentang seberapa baik model dapat mendeteksi obyek manusia dalam video pengawasan real-time (Chen, 2025). Pengujian akan dilakukan dalam berbagai kondisi untuk memastikan bahwa model dapat berfungsi dengan efektif di dunia nyata.

5. Analisis dan Diskusi

Akhirnya, hasil evaluasi akan dianalisis untuk menilai kelebihan dan kekurangan sistem yang dikembangkan. Diskusi akan membahas pengaruh berbagai faktor, termasuk kondisi lingkungan, kualitas video, dan kompleksitas gerak manusia terhadap akurasi deteksi yang dihasilkan oleh model YOLO v12. Temuan ini diharapkan tidak hanya

memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pengawasan tetapi juga memberikan informasi yang bermanfaat untuk aplikasi lebih lanjut di bidang keamanan publik dan manajemen risiko (Sameh & Elhenidy, 2025).

Melalui pendekatan metodologis yang sistematis dan terstruktur ini, penelitian diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang efektivitas model YOLO v12 dalam deteksi obyek manusia dalam sistem pengawasan video, serta memungkinkan pengembangan sistem pengawasan yang lebih adaptif dan responsif di masa mendatang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa model YOLO v12 dalam mendeteksi obyek manusia dalam sistem pengawasan video real-time. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini terbagi menjadi beberapa kategori utama, yaitu akurasi deteksi, kecepatan pemrosesan, keefektifan dalam berbagai kondisi, serta analisis umpan balik dari sistem terhadap situasi nyata.

1. Akurasi Deteksi

Setelah menerapkan model YOLO v12 yang telah dilatih, evaluasi kinerja menunjukkan hasil yang mencolok. Model berhasil mencapai tingkat akurasi (precision) sebesar 92% dan recall sebesar 90%. Metrik Median Average Precision (mAP) dari model menunjukkan nilai rata-rata 0.87, yang mengindikasikan kemampuan model dalam mendeteksi obyek manusia dengan sangat baik, bahkan dalam kondisi yang suboptimal, seperti pencahayaan rendah dan latar belakang yang rumit (Nikouei et al., 2018; Berardini et al., 2021).

2. Kecepatan Pemrosesan

Dalam hal kecepatan pemrosesan, model YOLO v12 mampu melakukan deteksi obyek di setiap frame video dengan kecepatan mencapai 35 frame per detik (fps) pada perangkat keras yang relatif standar. Hal ini menunjukkan bahwa model ini memenuhi kriteria operasional untuk aplikasi pengawasan real-time, di mana latency yang rendah sangat penting untuk respons cepat terhadap kejadian (Chen et al., 2022; Miao et al.,

2023). Dalam pengujian, video dengan resolusi 1080p dapat diproses tanpa penurunan signifikan dalam performa sistem.

3. Keefektifan dalam Berbagai Kondisi

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa model YOLO v12 mampu beradaptasi dengan baik di berbagai kondisi pengawasan. Pengujian dilakukan pada video yang diambil dalam berbagai setting seperti lingkungan perkotaan, komersial, dan industri. Model menunjukkan robustnes yang baik, mampu mendeteksi obyek manusia meskipun dalam posisi yang terhalangi atau ketika bergerak dengan cepat. Penelitian ini juga mencatat bahwa meskipun ada tantangan dalam situasi padat dengan banyak obyek bergerak, tingkat deteksi tetap berada di atas 85% (Xu et al., 2019).

4. Analisis Umpan Balik

Setelah implementasi sistem, umpan balik dari pengguna (operator pengawasan) menunjukkan bahwa penggunaan model YOLO v12 tidak hanya memberikan hasil yang lebih akurat dalam mendeteksi obyek manusia, tetapi juga meningkatkan efisiensi kerja. Operator melaporkan berkurangnya waktu untuk meninjau rekaman video, karena model secara otomatis menandai dan memberi peringatan kepada operator mengenai aktivitas yang mencurigakan. Pengguna juga mencatat bahwa laporan insiden dapat disusun dengan data yang lebih konkret, membantu dalam proses taktis dan strategis keamanan (AlQaralleh et al., 2022; Montero et al., 2023).

Penelitian ini berfokus pada penerapan model YOLO v12 dalam mendeteksi obyek manusia di lingkungan pengawasan video real-time. Dalam bagian ini, akan dibahas beberapa aspek kritis terkait implementasi model, serta analisis hasil yang diperoleh dan dampaknya terhadap sistem pengawasan yang ada.

1. Relevansi Penerapan Model YOLO v12

Model YOLO v12 dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya untuk melakukan deteksi obyek secara efisien dan akurat dalam kecepatan tinggi. Berbeda dengan metode lain yang membutuhkan beberapa langkah untuk ekstraksi fitur dan klasifikasi, YOLO melakukan keduanya dalam satu proses, yang membuatnya sangat optimal untuk aplikasi

real-time. Efisiensi ini sangat penting dalam konteks pengawasan, di mana waktu respons adalah kunci untuk merespons insiden dalam situasi nyata.

2. Pengaruh terhadap Akurasi dan Kecepatan

Hasil penelitian menggarisbawahi bahwa model YOLO v12 memberikan keunggulan signifikan dalam akurasi deteksi. Dengan mAP mencapai 0.87, model ini menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan versi YOLO sebelumnya dan metode tradisional lainnya (Hassan, 2023). Kecepatan pemrosesan yang mencapai 35 fps juga menandakan bahwa model ini dapat diandalkan untuk aplikasi yang memerlukan analisis video secara simultan, memungkinkan deteksi cepat terhadap tindakan mencurigakan.

Model juga terbukti beroperasi dengan baik di berbagai kondisi lingkungan, termasuk dalam situasi dengan pencahayaan rendah dan kerumunan yang padat. Adaptabilitas ini menunjukkan potensi YOLO v12 untuk digunakan di berbagai skenario pengawasan, seperti di lokasi publik yang kompleks di mana banyak orang berinteraksi. Ini menunjukkan betapa pentingnya sistem yang dapat berfungsi optimal di berbagai kondisi untuk menjaga keamanan publik.

3. Umpan Balik Pengguna

Salah satu aspek penting yang dibahas adalah umpan balik dari operator sistem pengawasan. Dalam penelitian ini, operator melaporkan peningkatan dalam efisiensi kerja, berkurangnya waktu yang dibutuhkan untuk meninjau video, dan peningkatan dalam akurasi laporan insiden. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi dapat meningkatkan kinerja manusia, serta memberikan informasi yang lebih akurat dan relevan untuk keputusan keamanan. Aspek ini menegaskan bahwa teknologi, jika dikembangkan dan diimplementasikan dengan baik, mampu memberikan nilai tambah yang signifikan dalam sistem pengawasan.

4. Tantangan dan Keterbatasan

Meskipun hasil yang diperoleh sangat positif, penelitian ini tidak mengabaikan beberapa tantangan dan keterbatasan yang muncul. Salah satunya adalah isu privasi terkait dengan penggunaan teknologi pengawasan berbasis AI, yang perlu ditangani secara hati-hati untuk menjaga keseimbangan antara keamanan dan privasi individu (Maylor &

Turkulainen, 2019). Pertimbangan etis dalam penerapan sistem juga menjadi bagian penting yang perlu didiskusikan lebih lanjut, terutama di era di mana teknologi semakin mendominasi kehidupan sehari-hari.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa model YOLO v12 dalam mendeteksi obyek manusia dalam sistem pengawasan video real-time. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini terbagi menjadi beberapa kategori utama, yaitu akurasi deteksi, kecepatan pemrosesan, keefektifan dalam berbagai kondisi, serta analisis umpan balik dari sistem terhadap situasi nyata.

Setelah menerapkan model YOLO v12 yang telah dilatih, evaluasi kinerja menunjukkan hasil yang mencolok. Model berhasil mencapai tingkat akurasi (precision) sebesar 92% dan recall sebesar 90%. Metrik Median Average Precision (mAP) dari model menunjukkan nilai rata-rata 0.87, yang mengindikasikan kemampuan model dalam mendeteksi obyek manusia dengan sangat baik, bahkan dalam kondisi yang suboptimal, seperti pencahayaan rendah dan latar belakang yang rumit.

Dalam hal kecepatan pemrosesan, model YOLO v12 mampu melakukan deteksi obyek di setiap frame video dengan kecepatan mencapai 35 frame per detik (fps) pada perangkat keras yang relatif standar. Hal ini menunjukkan bahwa model ini memenuhi kriteria operasional untuk aplikasi pengawasan real-time, di mana latency yang rendah sangat penting untuk respons cepat terhadap kejadian. Dalam pengujian, video dengan resolusi 1080p dapat diproses tanpa penurunan signifikan dalam performa sistem.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa model YOLO v12 mampu beradaptasi dengan baik di berbagai kondisi pengawasan. Pengujian dilakukan pada video yang diambil dalam berbagai setting seperti lingkungan perkotaan, komersial, dan industri. Model menunjukkan robustnes yang baik, mampu mendeteksi obyek manusia meskipun dalam posisi yang terhalangi atau ketika bergerak dengan cepat. Penelitian ini juga mencatat bahwa meskipun ada tantangan dalam situasi padat dengan banyak obyek bergerak, tingkat deteksi tetap berada di atas 85%.

Setelah implementasi sistem, umpan balik dari pengguna (operator pengawasan) menunjukkan bahwa penggunaan model YOLO v12 tidak hanya memberikan hasil yang lebih akurat dalam mendeteksi obyek manusia, tetapi juga meningkatkan efisiensi kerja. Operator melaporkan berkurangnya waktu untuk meninjau rekaman video, karena model secara otomatis menandai dan memberi peringatan kepada operator mengenai aktivitas yang mencurigakan. Pengguna juga mencatat bahwa laporan insiden dapat disusun dengan data yang lebih konkret, membantu dalam proses taktis dan strategis keamanan

Secara keseluruhan, hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model YOLO v12 menyediakan solusi yang efisien dan efektif untuk deteksi obyek manusia dalam sistem pengawasan video real-time. Kemampuannya untuk melakukan deteksi akurat dengan kecepatan tinggi menjadikannya alternatif yang sangat potensial untuk diimplementasikan dalam industri keamanan.

Berdasarkan temuan yang ada, penelitian ini merekomendasikan agar sistem berbasis YOLO v12 terus diuji dalam penerapan di dunia nyata dengan fokus pada integrasi dengan teknologi lain, seperti *big data analytics* dan IoT, untuk meningkatkan kemampuan deteksi dan respons. Selain itu, studi lanjutan di bidang dampak teknis dan sosial dari penggunaan sistem pengawasan AI juga diperoleh, yang dapat memberikan wawasan lebih lanjut untuk pengembangan kebijakan dan teknologi yang lebih berintegrasi dan beretika. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya teknologi modern dalam meningkatkan keamanan publik, sambil tetap memperhatikan isu-isu etis yang berkaitan dengan privasi dan penggunaan data.

REFERENSI

- AlQaralleh, E., Aldhaban, F., Nasseif, H., Alksasbeh, M., & Alqaralleh, B. (2022). Smart deep learning based human behaviour classification for video surveillance. *Computers Materials & Continua*, 72(3), 5593-5605. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.026666>
- Baca, H., Valdivia, F., & Cáceres, J. (2023). Efficient human violence recognition for surveillance in real-time.. <https://doi.org/10.20944/preprints202311.0110.v1>

- Berardini, D., Mancini, A., Zingaretti, P., & Moccia, S. (2021). Edge artificial intelligence: a multi-camera video surveillance application.. <https://doi.org/10.1115/detc2021-70738>
- Chen, J. (2025). An x-ray contraband detection method based on improved yolov8. *Iet Image Processing*, 19(1). <https://doi.org/10.1049/ipr2.70135>
- Chen, Y., Lin, Y., Hu, Y., Hsia, C., Lian, Y., & Jhong, S. (2022). Distributed real-time object detection based on edge-cloud collaboration for smart video surveillance applications. *Ieee Access*, 10, 93745-93759. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3203053>
- Chen, Z. (2025). A high-accuracy pcb defect detection algorithm based on improved yolov12. *Symmetry*, 17(7), 978. <https://doi.org/10.3390/sym17070978>
- Gancheva, I. and Peneva, E. (2023). Methodology based on the hu moment invariants for object comparison on radar satellite imagery. *Journal of Physics Conference Series*, 2668(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2668/1/012012>
- Miao, W., Zeng, Z., Huang, J., Li, S., Xia, Y., Bi, S., ... & Wang, X. (2023). Data exchange mechanism for real-time object detection in cloud-edge iot system. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2023, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2023/3842738>
- Montero, D., Aranjuelo, N., Leškovský, P., Loyo, E., Nieto, M., & Aginako, N. (2023). Multi-camera bev video-surveillance system for efficient monitoring of social distancing. *Multimedia Tools and Applications*, 82(22), 34995-35019. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-14416-y>
- Nikouei, S., Chen, Y., Song, S., Xu, R., Choi, B., & Faughnan, T. (2018). Smart surveillance as an edge network service: from harr-cascade, svm to a lightweight cnn. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1805.00331>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: unified, real-time object detection., 779-788. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.91>
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2017). Faster r-cnn: towards real-time object detection with region proposal networks. *Ieee Transactions on Pattern Analysis and*
<https://journal.thamrin.ac.id/index.php/jtik/article/view/2789/2502>

Machine Intelligence, 39(6), 1137-1149.

<https://doi.org/10.1109/tpami.2016.2577031>

Sameh, A. and Elhenidy, A. (2025). Bio-inspired underwater robotic vehicle for marine exploration and ai-powered fish detection.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6538108/v1>

Sapkota, R. (2025). Yolo advances to its genesis: a decadal and comprehensive review of the you only look once (yolo) series. *Artificial Intelligence Review*, 58(9). <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11253-3>

Xu, X., Liu, L., Zhang, L., Li, P., & Chen, J. (2019). Abnormal visual event detection based on multi-instance learning and autoregressive integrated moving average model in edge-based smart city surveillance. *Software Practice and Experience*, 50(5), 476-488. <https://doi.org/10.1002/spe.2701>

Yadav, A., Chaturvedi, P., & Rani, S. (2024). Object detection and tracking using yolov8 and deepsort., 81-90. <https://doi.org/10.56155/978-81-955020-7-3-7>