

## Social distancing controlled by video surveillance using open source

### Distanciamiento social controlado mediante video vigilancia usando código abierto

Jorge Gómez-Rojas<sup>1\*</sup>, Alexander Esteban Espinosa-Valdez<sup>2</sup>, Jhon Jairo Velez-Urieles<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD. en Ingeniería, [jgomez@unimagdalena.edu.co](mailto:jgomez@unimagdalena.edu.co), <https://orcid.org/0000-0002-0840-8743>, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

<sup>2</sup>Ing. electrónico, [alexanderespinoasv@unimagdalena.edu.co](mailto:alexanderespinoasv@unimagdalena.edu.co), <https://orcid.org/0000-0001-6281-8156>, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

<sup>3</sup>Ing. electrónico, [jhonvelezju@unimagdalena.edu.co](mailto:jhonvelezju@unimagdalena.edu.co), <https://orcid.org/0009-0001-9298-7863>, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

**Cómo citar:** : J. Gómez - Rojas, A. E. Espinosa - Valdez, y J. J. Velez - Urieles, "Distanciamiento social controlado mediante video vigilancia usando código Abierto", *Respuestas*, vol. 28, n.º 3, pp. 39-47, sep. 2023. <https://doi.org/10.22463/0122820X.4273>

Received on March 27, 2023 - Approved on July 03, 2023.

#### RESUMEN

##### Palabras clave:

Visión por computadora,  
Código abierto,  
Distanciamiento social,  
Video vigilancia.

El distanciamiento social ha sido una de las prácticas más usadas para afrontar el brote excesivo del COVID-19 pero también ha sido poco respetado por la comunidad. El presente artículo propone la video vigilancia con técnicas de visión por computadora para la detección del distanciamiento de personas en ambiente controlado. La metodología propuesta consiste en un sistema adaptable a diferentes sistemas de video vigilancia por medio de una calibración semiautomática para la distancia que representa cada píxel, el algoritmo desarrollado en Python obtuvo una precisión de 88.4% en el cálculo de las distancias al ser implementado en una cámara de la Universidad del Magdalena.

#### ABSTRACT

##### Keywords:

Computer vision, Open  
source, Social distancing,  
Video surveillance.

Social distancing has been one of the most used practices to deal with the excessive outbreak of COVID-19 but it has also been little respected by the community. This article proposes video surveillance with computer vision techniques to detect the distancing of people in a controlled environment. The proposed methodology consists of a system adaptable to different video surveillance systems by means of a semi-automatic calibration for the distance that each pixel represents, the algorithm developed in Python obtained an accuracy of 88.4% in the calculation of distances when implemented in a camera from the University of Magdalena.

## Introducción

Para enfrentar el crecimiento en la curva del COVID-19 se deben mantener el uso adecuado de elementos de bioseguridad personal, la vigilancia activa para la búsqueda oportuna de casos y practicar el distanciamiento social [1]. De estas prácticas, la que mejor resultados ha entregado es el mantener el distanciamiento social [2]–[5]. Sin embargo, estos elementos no siempre son considerados por las personas. Por ello, es necesario que exista una supervisión constante por parte de las autoridades sanitarias o de quien haga sus veces al interior de una organización.

La infraestructura digital de América Latina, en términos generales, no es la más adecuada para implementar estrategias tecnológicas para enfrentar pandemias como en algunas ciudades inteligentes [6]. Al inspeccionar el índice de desarrollo del ecosistema digital [7], América Latina y el Caribe se encuentra por debajo de América del Norte y Europa. A pesar de estar por encima de África y Asia Pacífico, la tasa de crecimiento anual está alrededor del 6.25%.

Actividades como el teletrabajo y la telemedicina han demostrado su eficiencia durante los periodos de aislamiento en Colombia [8].

\*Corresponding author.

E-mail Address: [jgomez@unimagdalena.edu.co](mailto:jgomez@unimagdalena.edu.co) (Jorge Gómez - Rojas)



Peer review is the responsibility of the Universidad Francisco de Paula Santander.  
This is an article under the license CC BY-NC 4.0

La Organización Mundial de la Salud (OMS) manifestó que todos los países deben equilibrar la relación de la protección de la salud, la prevención de perturbaciones económicas y sociales y el respeto de los derechos humanos [9]. Por lo que, es necesario controles para el distanciamiento social en escenarios cerrados como las escuelas y universidades [9].

Seguimiento mediante apps, mediante Wifi o Bluetooth desde teléfonos inteligentes como herramienta de interconexión de aplicaciones, brindan una mayor penetración en la población [2][10][11][12][13]. Sin embargo, en superficies amplias con alta densidad de usuarios hacen que esta solución sea limitada y poco aplicable.

Plataformas tecnológicas han sido empleadas para captar información sobre comportamientos sociales permitiendo focalización de nichos en enfermedades virales y muertes por razones infecciosas [14].

Estrategias de video vigilancia pueden hacer perder la privacidad de una persona, sin embargo, con estrategias de nubosidad intencionada se puede mantener oculta la identidad de personas que no son de interés [15].

Desarrollos en áreas tecnológicas como la visión por computador permite entrenar a modelos para interpretar y comprender datos visuales como imágenes o videos digitales [12]. Debido a los avances recientes en el aprendizaje de máquina, como el reconocimiento de patrones y el aprendizaje profundo, la visión por computador ha permitido a las computadoras identificar y clasificar objetos con exactitud y precisión.

La visión por computador es una estrategia con alta probabilidad de ralentizar la curva de una pandemia mediante la conservación del distanciamiento social. Por ejemplo, la visión por computador permite convertir las cámaras de vigilancia en cámaras inteligentes que además de monitorear a las personas también pueden detectar, reconocer e identificar si las personas cumplen con los requisitos de distanciamiento social o no. Se puede aprovechar la tecnología de visión por computador para el monitoreo de lugares públicos y el monitoreo y detección de personas de alto riesgo (personas en cuarentena y personas con síntomas) [2].

En diferentes estudios se trabajó el cálculo de distanciamiento social mediante la distancia establecida en píxeles entre un objeto y otro [16][17]. Sin embargo, esto no permite cambiar o conocer la resolución cuando se traslada el lugar de aplicación.

En este artículo se presenta una herramienta desarrollada en software libre que permite la vigilancia del distanciamiento social mediante una metodología adaptable en un entorno controlado.

## **Materiales y Métodos**

La metodología aplicada está dividida en tres fases. En la primera, se describe el análisis y el procesamiento de videos. Posteriormente, se describe la fase de elección del método para la detección de personas y ajuste de mm/píxel para finalmente, se expone la técnica para la detección de distanciamiento.

## *Análisis y procesamiento de videos*

En el análisis y procesamiento de videos e imágenes se implementa la librería Opencv, una biblioteca de código abierto desarrollada por Intel. Esta herramienta está diseñada con un enfoque computacional eficiente para aplicaciones en tiempo real de visión por computadora.

La implementación se realizó por medio del lenguaje de programación Python, dada su versatilidad, interfaz completa y un manejo poco complejo. Esta biblioteca nos permite la manipulación, ajuste y marcado de imágenes donde se logra proyectar los resultados visuales del proceso de detección de distanciamiento social, además del desarrollo de interfaces de usuario y el entrenamiento de redes neuronales.

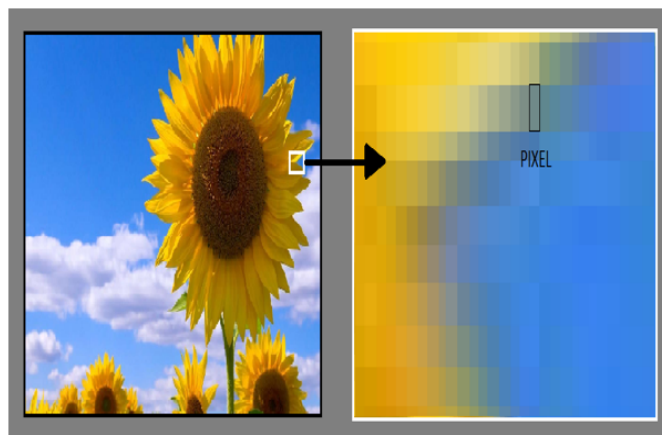
### *Método utilizado para la detección de personas*

Dentro del campo de visión por computador, se encuentran diferentes tipos de arquitecturas de detectores. Encontrando diferentes estructuras basadas en redes convoluciones como: R-CNN [18] con todas sus alternativas, Fast R-CNN, Faster R-CNN como también SSD (Single Shot Detector) y YOLO (You Only Look Once) [19].

El uso de YOLOV3 en el algoritmo implementado permite el procesamiento con menos coste computacional, logrando ejecutar este algoritmo en equipos de gama media con pequeñas pérdidas y una mayor cantidad en el número de cuadros por segundo con respecto a los detectores que lo asemejan [20]. Además, la gran comunidad ha permitido acceso a los diferentes conjuntos de entrenamiento que son de uso universal, ya que se pueden aplicar en diferentes ambientes sin perder su eficiencia.

### *Cálculo de distanciamiento entre personas.*

Una imagen digitalizada se puede entender como una cuadrícula compuesta por píxeles de un tamaño  $P \times P$  que corresponden a la cantidad de píxeles horizontales y verticales respectivamente [21], tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Visualización de una cuadrícula compuesta por píxeles.

Para la detección del distanciamiento de dos o más personas se ha implementado el método de clasificación por Distancia Euclidiana [6]. Matemáticamente, permite encontrar un número positivo que indica la separación de dos puntos; Considerando que una imagen es una proyección 2D de una escena tridimensional, por ello, es empleada la distancia euclidiana en 2Dt tal como se describe en la Ecuación (1):

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (1)$$

Donde:

$D$ : Valor de distancia

$X_1, Y_1$ : Coordenadas en primer punto

$X_2, Y_2$ : Coordenadas en segundo punto

Posteriormente, utilizamos la distancia euclidiana dada en cantidad de píxeles para determinar el espacio entre 2 centroides en metros.

*Cálculo de distancia por píxeles.*

Para obtener la medida de la resolución del píxel se procede a utilizar una persona como referencia, utilizando su estatura de un tamaño  $X$  (en centímetros) previamente conocido. Posteriormente, por medio del método de detección se calcula el tamaño en píxeles comparando la estatura con la detección inicial, tal como se ilustra en la Figura 2.

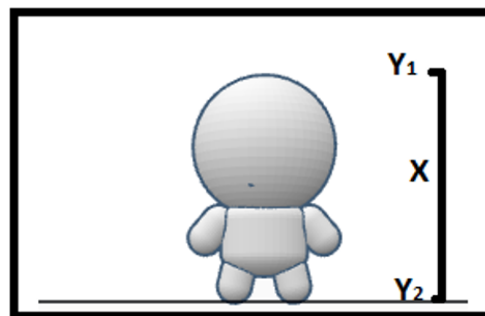


Figura 2. Medición de altura.

Luego de obtener los resultados de la detección se procede a dividir la altura  $X$  de la persona entre la cantidad de píxeles que corresponden a la altura de la detección, como se observa en (2), para este último se obtiene con la sustracción de los puntos  $y_2 - y_1$ , ya que, la magnitud de los píxeles en el eje vertical aumenta a medida que desciende a un punto inferior.

$$\text{Resolución} \left( \frac{\text{mm}}{\text{pixel}} \right) = \frac{(X \cdot 10)}{(y_2 - y_1)} \quad (2)$$

Donde:

$X$  : Altura de la persona en centímetros

$Y_1$  : Píxel superior de detección

$Y_2$  : Píxel inferior de detección

Luego de obtener esta medida se multiplica por la distancia euclidiana entre los diferentes centroides obtenidos para determinar si supera o no el distanciamiento social (2 metros).

## Resultados y Discusión

En esta sección, se muestra el procedimiento y resultados de los modelos presentados anteriormente para la clasificación de detección de personas en distanciamiento social.

Los ensayos de detección se realizaron con Darknet-53 de ImageNet como red troncal y el conjunto de datos entrenados con COCO. La interfaz se ejecuta en una máquina de cómputo con sistema operativo Windows 10, de gama media con GPU NVIDIA GeForce MX 110, con RAM de 8Gb y puesta a prueba en una cámara de seguridad instalada con una altura de 2.7 metros con vista diagonal a la entrada vehicular de la Universidad Del Magdalena.

### Calibración del sistema.

En el ambiente de estudio se observa una persona de 182 cm de altura como punto de referencia inicial, donde, su medida dentro de la imagen corresponde a 150 píxeles y aplicando la ecuación (2) se obtuvo un valor de 12.13 mm/píxel. En la figura 3 se muestra la primera ventana de la interfaz que nos permite calcular el valor que representa un píxel en milímetros, por medio de una imagen o captura en tiempo real ajustada a 500\*500 píxeles.

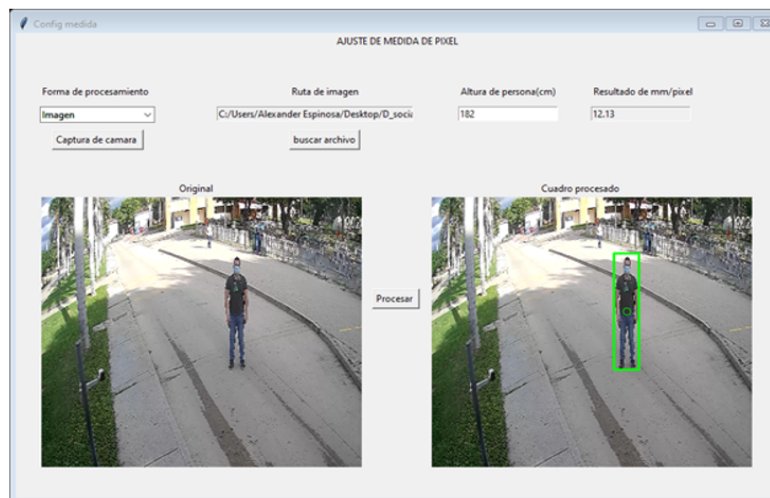


Figura 3. Ventana de la interfaz para calcular valor mm/píxel.

Con el valor obtenido se examina en diferentes medidas, variando la profundidad con referencia al punto inicial, se verifica con 3 medidas básicas en el distanciamiento social de 2 personas separadas 100 cm, 150 cm y 200 cm en cada punto, obteniendo la distancia en píxeles como se muestra en la figura 4.

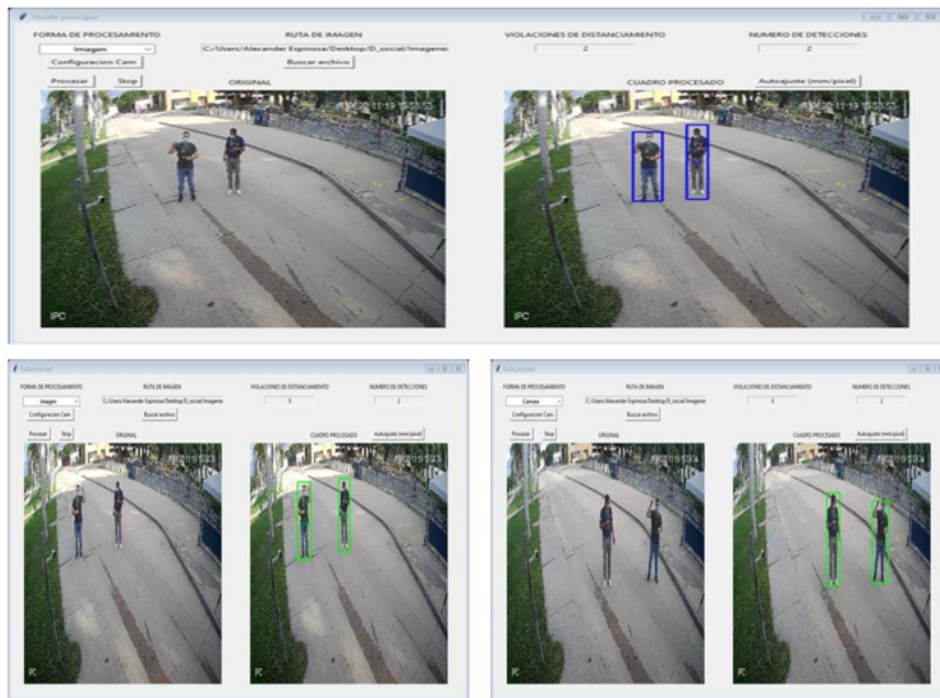


Figura 4. Ventanas de la interfaz con distancias en diferentes distancias.

### Rendimiento de algoritmo implementado

En la Tabla 1, se presentan la relación de error con respecto a las medidas obtenidas con un flexómetro del centroide 1 al centroide 2 de las personas presentadas en las pruebas, donde se presenta un error promedio de 13.10% para los puntos paralelos a la posición de ajuste de píxel, además, en los puntos examinados entre la posición inicial de referencia y la cámara se obtuvo un promedio de eficiencia de 88.4% en el cálculo de sus medidas, mientras las medidas obtenidas alejados de la cámara su error aumenta hasta un 42.26%.

Tabla I. Relación de error con respecto a la profundidad del punto inicial

Posición	Distancia real	Distancia calculada	% de error
Posición inicial	100 cm	89.51	10.49 %
	150 cm	128.34	14.44 %
	200 cm	171.24	14.38 %
100 cm del Punto inicial alejándose de la cámara	100 cm	75.39	24.61 %
	150 cm	117.34	21.77 %
	200 cm	154.21	22.89 %
200 cm del Punto inicial alejándose de la cámara	100 cm	54.21	45.79 %
	150 cm	85.23	43.18 %
	200 cm	124.35	37.82 %
200 cm del Punto inicial acercándose a la cámara	100 cm	94.4	5.6 %
	150 cm	128.77	14.15 %
	200 cm	169.9	15.05 %

A diferencia de la metodología presentada en [19] y [20] que establece un número de píxeles como diferencia, la interfaz implementada permite la detección del distanciamiento por medio de videovigilancia

en la Universidad Del Magdalena logra una eficiencia del 88.4% para la medición de distancias mediante el algoritmo de calibración de resolución. Además, así como se menciona en [22] el factor humano puede afectar los rendimientos del sistema en el momento de calibrar.

## Conclusiones

El algoritmo YOLOv3 permite una detección eficiente con una respuesta en poco tiempo, ideal para realizar aplicación de análisis de imágenes en tiempo real en equipos de baja capacidad.

En el caso de establecer si se viola o no el distanciamiento social, el cálculo de la separación por medio de la distancia euclidiana no tiene en cuenta la profundidad en la que se encuentran los objetos a medir. Sin embargo, para el lugar de pruebas se logra una eficiencia del 88.4% para medir el distanciamiento social incluyendo diferentes distancias de la cámara.

El método propuesto nos permite adaptar un sistema de video vigilancia en un detector de violaciones de distanciamiento social después de realizar una calibración del sistema para el ambiente en el que se implemente, la eficiencia del sistema depende del proceso de ajuste de la medida por píxel que puede variar por diferentes factores como: profundidad, iluminación, vista, resolución y postura de la persona.

## Referencias

- [1] J. Bedford et al., “COVID-19: towards controlling of a pandemic,” *Lancet Lond. Engl.*, vol. 395, no. 10229, pp. 1015–1018, Mar. 2020, doi: 10.1016/S0140-6736(20)30673-5.
- [2] C. T. Nguyen et al., “Enabling and Emerging Technologies for Social Distancing: A Comprehensive Survey and Open Problems,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 153479–153507, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3018140.
- [3] J. Y. Noh, H. Seong, J. G. Yoon, J. Y. Song, H. J. Cheong, and W. J. Kim, “Social Distancing against COVID-19: Implication for the Control of Influenza,” *J. Korean Med. Sci.*, vol. 35, no. 19, Mar. 2020, doi: 10.3346/jkms.2020.35.e182.
- [4] S. Kissler, C. Tedijanto, M. Lipsitch, and Y. H. Grad, “Social distancing strategies for curbing the COVID-19 epidemic.” *medRxiv*, p. 2020.03.22.20041079, Mar. 24, 2020. doi: 10.1101/2020.03.22.20041079.
- [5] N. S. Punn, S. K. Sonbhadra, S. Agarwal, and G. Rai, “Monitoring COVID-19 social distancing with person detection and tracking via fine-tuned YOLO v3 and Deepsort techniques.” arXiv, Apr. 27, 2021. Accessed: Mar. 06, 2023. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2005.01385>
- [6] M. Gupta, M. Abdelsalam, and S. Mittal, “Enabling and Enforcing Social Distancing Measures using Smart City and ITS Infrastructures: A COVID-19 Use Case.” arXiv, Apr. 13, 2020. doi: 10.48550/arXiv.2004.09246.
- [7] C. E. para A. L. y el Caribe, *Las oportunidades de la digitalización en América Latina frente al*

- COVID-19*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2020. Accessed: Mar. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45360-opportunidades-la-digitalizacion-america-latina-frente-al-covid-19>
- [8] J. R. Márquez V, “Teleconsulta en la pandemia por Coronavirus: desafíos para la telemedicina pos-COVID-19,” *Rev. Colomb. Gastroenterol.*, vol. 35, no. 1, pp. 5–16, May 2020.
- [9] R. M. Viner et al., “School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: a rapid systematic review,” *Lancet Child Adolesc. Health*, vol. 4, no. 5, pp. 397–404, May 2020, doi: 10.1016/S2352-4642(20)30095-X.
- [10] Y. Liang et al., “Progress on the investigation and monitoring of marine phycotoxins in China,” *Harmful Algae*, vol. 111, p. 102152, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.hal.2021.102152.
- [11] C. Menni et al., “Real-time tracking of self-reported symptoms to predict potential COVID-19,” *Nat. Med.*, vol. 26, no. 7, Art. no. 7, Jul. 2020, doi: 10.1038/s41591-020-0916-2.
- [12] S. A. Chun, A. C.-Y. Li, A. Toliyat, and J. Geller, “Tracking Citizen’s Concerns during COVID-19 Pandemic,” in *The 21st Annual International Conference on Digital Government Research*, in dg.o ’20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Jun. 2020, pp. 322–323. doi: 10.1145/3396956.3397000.
- [13] Y. Mejova and K. Kalimeri, “COVID-19 on Facebook Ads: Competing Agendas around a Public Health Crisis,” in *Proceedings of the 3rd ACM SIGCAS Conference on Computing and Sustainable Societies*, in COMPASS ’20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Jul. 2020, pp. 22–31. doi: 10.1145/3378393.3402241.
- [14] F. Shahid, S. H. Ony, T. R. Albi, S. Chellappan, A. Vashistha, and A. B. M. A. A. Islam, “Learning from Tweets: Opportunities and Challenges to Inform Policy Making During Dengue Epidemic,” *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, vol. 4, no. CSCW1, p. 65:1-65:27, May 2020, doi: 10.1145/3392875.
- [15] M. Grambow, J. Hasenburg, and D. Bermbach, “Public Video Surveillance: Using the Fog to Increase Privacy,” in *Proceedings of the 5th Workshop on Middleware and Applications for the Internet of Things*, in M4IoT’18. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Dec. 2018, pp. 11–14. doi: 10.1145/3286719.3286722.
- [16] M. Rezaei and M. Azarmi, “DeepSOCIAL: Social Distancing Monitoring and Infection Risk Assessment in COVID-19 Pandemic,” *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 21, p. 7514, Oct. 2020, doi: 10.3390/app10217514.
- [17] I. Ahmed, M. Ahmad, and G. Jeon, “Social distance monitoring framework using deep learning architecture to control infection transmission of COVID-19 pandemic,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 69, p. 102777, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2021.102777.
- [18] M. Maity, S. Banerjee, and S. Sinha Chaudhuri, “Faster R-CNN and YOLO based Vehicle detection:



A Survey,” *2021 5th Int. Conf. Comput. Methodol. Commun. ICCMC*, pp. 1442–1447, Apr. 2021, doi: 10.1109/ICCMC51019.2021.9418274.

- [19] J. Redmon and A. Farhadi, “YOLOv3: An Incremental Improvement.” *arXiv*, Apr. 08, 2018. doi: 10.48550/arXiv.1804.02767.
- [20] W. Fang, L. Wang, and P. Ren, “Tinier-YOLO: A Real-Time Object Detection Method for Constrained Environments,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 1935–1944, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2961959.
- [21] F. D. Aferi, T. W. Purboyo, and R. E. Saputra, “Cotton Texture Segmentation Based On Image Texture Analysis Using Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) And Euclidean Distance,” vol. 13, no. 1, 2018.
- [22] M. ÖZBEK, M. SYED, and İ. ÖKSÜZ, “Subjective analysis of social distance monitoring using YOLO v3 architecture and crowd tracking system,” *Turk. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 29, no. 2, pp. 1157–1170, Jan. 2021, doi: 10.3906/elk-2008-66.