

# Análisis de métodos para la sustracción de fondo y sus principales aplicaciones

Canseco-Pinacho José Antonio<sup>1</sup>; Córdova-Esparza Diana-Margarita<sup>2</sup>; Reynosa-Guerrero Jaqueline<sup>3</sup>; Jiménez-Hernández Hugo<sup>4</sup>  
[canseco40@gmail.com](mailto:canseco40@gmail.com)<sup>1</sup>; [diana.cordova@uaq.mx](mailto:diana.cordova@uaq.mx)<sup>2</sup>; [reynosa.jaqueline@gmail.com](mailto:reynosa.jaqueline@gmail.com)<sup>3</sup>;  
[hugo.jimenez@cidesi.edu.mx](mailto:hugo.jimenez@cidesi.edu.mx)<sup>4</sup>

**Resumen** – Actualmente, los sistemas de video-vigilancia tienen una significativa aplicación en lugares públicos donde existe una gran afluencia de personas. La cantidad de información que es adquirida por este tipo de sistemas y que debe ser procesada para su interpretación, provoca que las personas encargadas de vigilar requieran de ayuda adicional para mejorar su eficiencia y resultar efectivos. Dicha ayuda adicional, se puede conseguir mediante el uso de sistemas autónomos capaces de detectar ciertos eventos predefinidos, además de permitir tomar las medidas pertinentes. La sustracción de fondo o *background sustractor* es una técnica que permite detectar objetos en movimiento (conocida como *foreground* o primer plano), mientras que descarta el resto de la escena (*background* o fondo) sin movimiento, al emplearse una cámara estática que está captando toda la escena.

En este trabajo de investigación se realizó un análisis de modelos para la sustracción de fondo además de describir sus principales aplicaciones, entendiendo que la sustracción de fondo permite el análisis de los objetos en movimiento según se requiera la aplicación de la escena en estudio.

Palabras clave: Sustracción de fondo, procesamiento de imágenes, videovigilancia.

## I. INTRODUCCION.

La localización y el seguimiento de objetos y personas se realiza mediante una computadora, a través del procesamiento de imágenes que son capturadas por medio de una cámara de video. Estas técnicas de visión por computadora tienen aplicaciones importantes en sistemas automatizados de seguridad, monitoreo de tráfico, en sistemas de control para procesos industriales y en el desarrollo de interfaces interactivas basadas en imagen (por ejemplo: realidad aumentada y computación gestual). La estrategia más difundida para llevar a cabo una primera segmentación de objetos genéricos, sean móviles o estáticos, consiste en generar un modelo adaptativo, por lo general estadístico, del fondo sobre el cual se presentan los objetos. Este modelo se compara con la imagen proporcionada por la cámara, y las regiones que difieren del fondo se marcan como objetos de interés [1].

La sustracción de fondo es una etapa fundamental en una gran cantidad de aplicaciones en las que se necesita detectar movimiento, identificar y/o seguir objetos en secuencias de

imágenes dinámicas. Entre estas aplicaciones se encuentran: la video-vigilancia, como la detección y captura del flujo de movimiento, la estimación de pose, la interacción hombre-computadora o la codificación de vídeo basado en el contenido, entre otras. El proceso de sustracción es también denominado extracción de primer plano o de objetos en movimiento (*foreground extraction*) y consiste en una serie de métodos que permiten distinguir entre zonas de fondo o estáticas (*background*) y zonas dinámicas que se corresponden con el primer plano (*foreground*) [2].

Al implementar la técnica de sustracción de fondo pueden existir algunas dificultades, enseguida se ejemplifican algunas de ellas: la presencia de regiones de fondo que no son estáticas (árboles en una plaza), las variaciones de luz en entornos no controlados (como es el caso de exteriores), la presencia de objetos inmóviles que se fusionan con el fondo después de un tiempo y la falsa detección de objetos que antes formaban parte del fondo y luego son retirados (fantasmas). Además, es deseable que el análisis se realice en tiempo real, con imágenes de alta resolución y sin requerimientos excesivos de memoria. Los numerosos algoritmos que aparecen en la literatura científica difieren fundamentalmente en cómo construyen y adaptan el modelo de fondo, en los descriptores que utilizan para representar las imágenes y en los criterios que emplean para clasificar una cierta región de la imagen como fondo u objeto de interés. El elemento más importante es el modelo utilizado para representar el fondo. Entre algunas de las publicaciones se pueden mencionar: modelos simples basados en medias móviles de píxeles, modelos estadísticos unimodales y multimodales representados por distribuciones gaussianas, modelos de cuantización vectorial (*codebooks*) y modelos que emplean análisis de componentes principales (*eigenbackgrounds*) [1].

En la actualidad existe una tendencia en los medios de captura para obtener imágenes a una velocidad y resolución cada vez mayores. El formato HD (720p) y FullHD (1080p) son estándares que se han extendido incluso en las cámaras de los celulares y próximamente en el formato 4K que será soportado en estos dispositivos. Es importante destacar nuevamente que no sólo ha aumentado la resolución sino también la velocidad de captura. Gracias a cámaras comerciales como las goPro, es posible contar con 120 frames por segundo en formato HD. En algunas aplicaciones no siempre es necesario procesar todos los

frames obtenidos. Sin embargo, existe una tendencia hacia la búsqueda de estrategias cada vez más eficientes para procesar la información proveniente de ellas [2].

## II. MÉTODOS DE SUSTRACCIÓN DE FONDO IMPLEMENTADOS EN SCENE.

Un píxel se describe mejor utilizando varias características visuales como el color, la textura, la distribución de intensidades, entre otras. En general, existe una característica que es dominante y puede ser más estable que el resto, en cada región de la imagen. Las características del fondo de la escena siempre son bastante invariantes o cambian poco a través de una secuencia. Por ejemplo, la iluminación a través del día.

Los algoritmos clásicos utilizan una sola característica para modelar el fondo. Algunos de estos métodos se basan en la mezcla de gaussianas (*Mixture of Gaussians - MOG*) [3], así también como en los métodos estocásticos ViBE o ViBE+ [3], que utilizan la información de color de los píxeles.

Scene3 es una herramienta informática basada en visión por computadora que es de código abierto y multiplataforma para realizar la sustracción de fondo y el seguimiento de objetos en video utilizando algoritmos basados en redes neuronales y criterios difusos de clasificación. Esta herramienta se publicó por primera vez en septiembre de 2011 [4] y se encuentra disponible como binario ejecutable para los sistemas operativos Windows y Linux en sus versiones de 32 y 64 bits.

En la Tabla 1 se describen cinco métodos de sustracción de fondo, de menor a mayor costo computacional.

**Tabla 1. Métodos de sustracción de fondo**

Método	Año	Técnica empleada	Autor
Simple gaussiana	2008	Función gaussiana multivariantes Distancia de Mahalanobis Mezcla de Gaussianas	[5] [6]
Scene3	2011	Herramienta de Visión por computadora	[4]
Fuzzy gaussian	2012	Clasificación fondo-objeto.	[7]
Mezcla de gaussianas	2013	Distancia de Mahalanobis	[8]
SOM (Modelo adaptativo, redes neuronales)	2020	ASOM, SOM	[9]

Fuente: [4].

Enseguida se describe de manera general cada método para la sustracción de fondo descrito en la Tabla 1.

### A. Simple Gaussian

Es un método rápido para entornos simples en donde las distribuciones de color de los píxeles del fondo se modelan mediante una función gaussiana multivariante. La media y las covarianzas de las gaussianas se adaptan continuamente con base en promedios móviles que involucran los píxeles de las imágenes entrantes. Los píxeles de cada fotograma se clasifican como parte del fondo o de un objeto de interés calculando la distancia de Mahalanobis entre los píxeles de la imagen fuente

y los del modelo de fondo, y luego comparando con un umbral [5].

### B. Fuzzy Gaussian

Una versión modificada del método gaussiano simple, que emplea un criterio difuso de clasificación fondo-objeto y una adaptación selectiva con promedios móviles difusos para la actualización de las gaussianas [6].

### C. Mixture of Gaussians (MOG)

Implementa el método clásico de la mezcla de gaussianas utilizando la distancia de Mahalanobis [11] como métrica. La distribución de color de cada píxel del fondo se representa mediante una suma ponderada de cuatro distribuciones gaussianas. Orientado a entornos complejos con distribuciones de color multimodales en sistemas embebidos [7] [8].

### D. Adaptive SOM (ASOM)

Modela el fondo en forma adaptativa y multimodal por medio de redes neuronales de tipo competitiva, similares al Mapa AutoOrganizado de Kohonen (*Self Organizing Map - SOM*). Para cada píxel del fondo se construye un mapa de 3x3 neuronas que modela su distribución de color. La red neuronal se adapta a las variaciones del entorno utilizando una variante simple del algoritmo de Kohonen con los píxeles de las imágenes entrantes. Si el color de un píxel entrante no pertenece al mapa correspondiente, se clasifica como parte de un objeto de interés [10].

En general, los algoritmos de sustracción de fondo se pueden clasificar según el modelo de fondo que utilizan, y la forma en que calculan la distancia con este modelo para clasificar las escenas. El modelo de fondo generalmente se describe a nivel de píxel. Por ejemplo, el modelado por el valor de intensidad promedio, por varios píxeles anteriores o como una o múltiples distribuciones Gaussianas [10]. A su vez, estos métodos utilizan parámetros que permiten actualizar el modelo de fondo para ir ajustándolo a los cambios que se producen a lo largo de una secuencia de video. Es común post-procesar la salida de la sustracción de fondo, para mejorar los resultados de los métodos mencionados. Para poder evaluarlos se utilizan datasets tradicionales [11], que permiten comparar el desempeño (*performance*) entre los mismos. Los métodos típicos de post-procesamiento en la sustracción de fondo incluyen, por ejemplo, la remoción de ruido, la aplicación de filtros de suavizado, entre otros. Sin embargo, todos ellos son muy dependientes de los parámetros utilizados para las distintas secuencias de video, y además tienen el problema de aumentar el tiempo computacional de los algoritmos.

### III. SUSTRACCIÓN DE FONDO

Se puede realizar la sustracción de fondo basada en la segmentación de objetos en una secuencia de video, mediante los siguientes pasos:

- Inicialización de fondo o generación de fondo, y extracción de fondo o reconstrucción de fondo, que puede ser fuera de línea.
- Modelado de fondo, llamado representación de fondo. Básicamente, describe el modelo de fondo usado para representarlo.
- Mantenimiento de fondo, se trata del mecanismo que se adapta automáticamente a los cambios a través del tiempo, puede ser en línea.
- Clasificación de píxeles (objetos en movimiento).

En otros casos se utiliza la inicialización en segundo plano haciendo sustracción de fondo de un video tomado por una cámara para generar una imagen de fondo limpia de la escena o para detectar objetos en primer plano, una de las aplicaciones puede ser la fotografía computacional, donde el usuario necesita una imagen clara del fondo y en ella existen objetos al frente que significan ruido.

#### A. Aplicaciones basadas en la sustracción de fondo

La sustracción de fondo ofrece una buena solución en términos de calidad y tiempo computacional.

En la video vigilancia de actividades humanas se utiliza para identificar el seguimiento de objetos de interés en diferentes ambientes. Los entornos más frecuentes son escenas de tráfico, para detectar accidentes o algún otro incidente que detenga el tráfico. Asimismo, éste se puede caracterizar como vacío, fluido y pesado o denso.

#### B. Análisis de actividades humanas

La sustracción de fondo también es utilizada para la toma de decisiones en algunos deportes o en el análisis del rendimiento de atletas. En el trabajo de [13] suponen que el movimiento es grabado desde una vista lateral de un remero, el remero es capturado completamente por el video todo el tiempo y el fondo detrás del atleta y su cuerpo tiene diferentes colores. También se asume, que la sombra del atleta no se proyecta en el fondo o el suelo y el atleta está haciendo la sesión con una frecuencia de brazada entre 15 y 45 golpes por minuto además el tratamiento de la información se realiza mediante los algoritmos *Gaussian Mixture Model (GMM)* y *K-Nearest Neighbor (K\_NN)* de OpenCV.

#### C. Sustitución de fondo.

El objetivo de la sustitución de fondo es extraer el primer plano y combinarlo con un nuevo fondo [14], utilizando el espacio de color RGB y un modelo de mezcla de gaussianas.

Todas estas aplicaciones requieren de la detección de movimiento de objetos quienes tienen sus propias características y son un reto debido a la localización de la cámara, el ambiente y el tipo de objetos en movimiento.

### IV. VIDEOVIGILANCIA DE ACTIVIDADES HUMANAS

La videovigilancia es la principal aplicación del modelado y detección del primer plano ya sea en entornos estáticos o en movimiento, utilizando las siguientes aproximaciones:

#### A. Primer Plano estático (SFO, static foreground objects)

Este modelo se utiliza para detectar objetos abandonados o robados que desaparecen de acuerdo con el interés del usuario [15], o la detección de objetos que permanecen estáticos en una secuencia de imágenes.

#### B. Objetos en primer plano en movimiento (MFO, moving foreground objects)

Se necesitan objetos en movimiento para su detección y pueden ser desde vehículos en el tráfico, o productos en una banda transportadora para supervisión o en casos en donde se mantiene una actualización del fondo para buena detección de los objetos de importancia en movimiento [16].

#### C. Vigilancia del tráfico

Los videos de vigilancia del tráfico presentan sus propias características en términos de la ubicación de la cámara, entornos y tipos de objetos en movimiento. A continuación, se destacan algunas de ellas:

- Localización de las cámaras. Videos tomados con cámaras fijas, videos aéreos y videos satelitales [17] de muy alta resolución, monodireccional u omnidireccional.
- Calidad de las cámaras. La mayoría de las cámaras de vigilancia de circuito cerrado son HD, las cámaras de baja calidad generan uno o dos fotogramas por segundo de 100 kpixeles/imagen que permiten reducir datos y costo.
- Ambiente. Los escenarios para el tráfico presentan carreteras, caminos y entornos de tráfico urbano con diferentes retos. A menudo hay sombras y cambios de iluminación y árboles que mueven su follaje con el viento.
- Objetos en primer plano. Son todos los usuarios de la carretera que tienen una apariencia diferente en términos de color, forma y comportamiento como lo son cualquier

tipo de vehículo en movimiento: automóviles, camiones, motocicletas, ciclistas y peatones [18].

Estas características específicas pueden generar algunas implicaciones y desafíos que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Valores de sustracción de fondo. La intensidad de la escena es generalmente registrada como la posición y valor del pixel en la imagen, entonces la intensidad del fondo se puede determinar analizando el histograma de intensidad. Sin embargo, la variación y el ruido de los dispositivos de adquisición puede resultar en una estimación errónea y generar un objeto en el primer plano de acuerdo con la frecuencia de la intensidad máxima del histograma.
- Desafíos debido a las cámaras. En el caso de que las cámaras sean colocadas en un trípode puede haber movimiento debido al viento. En el caso de videos aéreos, la detección presenta retos debido a: la distancia del objeto, objetos simultáneos, movimiento de la cámara y sombras en la escena.
- Desafíos del ambiente. La vigilancia debe estar en funcionamiento las 24 horas del día los 7 días de la semana con diferentes condiciones meteorológicas en escenas diurnas o nocturnas. Por lo tanto, la escena de fondo cambia drásticamente con el tiempo por la sombra de objetos, las condiciones lumínicas y los reflejos.
- Desafíos debido a los objetos presentes en el primer plano. Por ejemplo, los objetos en movimiento pueden tener el mismo color a la trayectoria o pueden existir sombras. Además, los vehículos pueden detenerse ocasionalmente en intersecciones, semáforos o señales de control, así como en escenarios donde las calles están muy transitadas y se pueden encontrar objetos fusionados [19].
- Desafíos debido a la implementación. Por ejemplo, el tiempo de cómputo debe ser lo más bajo posible porque la mayoría de las aplicaciones requieren de la detección en tiempo real.

En la Tabla 2 se muestra una descripción general de diferentes publicaciones que encuentran en la literatura referentes a la vigilancia del tráfico. Se presenta una descripción general sobre el modelo de fondo, la obtención del primer plano, espacio de color y algunas de las técnicas usadas por los autores. Dentro de este análisis se puede destacar que es posible utilizar un modelo unimodal o multimodal dependiendo de donde se coloca la cámara. Por ejemplo, si la cámara está principalmente grabando la carretera, los modelos más utilizados son los unimodales como, por ejemplo: la mediana, el histograma o la simple Gaussiana. Mientras que, si la cámara está en un entorno dinámico con árboles ondeando, la mayoría de los modelos son multimodales como los modelos de mezcla de gaussianas (MOG). Para los espacios de color, los autores usan normalmente el espacio de color RGB, pero la intensidad y el

espacio YCrCb también se emplean para dar mayor robustez ante cambios abruptos de iluminación.

**Tabla 2. Aplicaciones en la vigilancia del tráfico**

Aplicación	Autor(es)	Modelo de sustracción de fondo	Mantenimiento del fondo	Detección del primer plano	Espacio de color	Técnica de procesamiento
Video vigilancia de calles y tráfico denso	Lee et al (2015) [12]	GDCM	Mantenimiento selectivo	AND	RGB	Detección de sombras
	Agel et al.(2016)[13]	SG Intensidades	Idem SG	Idem SG	RGB	No se menciona
	Wang et al. (2016)[14]	Mediana				
Video vigilancia de tráfico utilizando cámara convencional	Dey y Praveen (2016) [15]	GDSM con sustracción de fondo	Si	AND	RGB	Post-procesamiento
	Hadizuzaman et al. ( 2017) [16]	Mediana	Si	Idem Mediana	Intensidad	Detección de sombras
Video vigilancia de tráfico mediante cámaras montada a distancias largas	Tonopov et al. (2015) [17]	MOG	MOG	MOG	Color	Ajuste de brillo
	Zhang et al. (2016) [18]	GMMCM	MOG	Periodo de confianza	Intensidad	Clasificación de la densidad de tráfico
Eliminación de luz	Quesada y Rodriguez [19]	incPCP	incPCP	incPCP	Intensidad	No se menciona
Intersección	Li et al. (2016) [20]	GMM	GMM	GMM	RGB	Remueve sombras
	Aldieck (2015) [21]	Zivkovic-HeijdenGMM	GMM	GMM	GMM	RGB
Detección de obstáculos	Li et al. (2016) [22]	incPCP	incPCP	incPCP	RGB	Cámaras multimodales.
	Lan et al. (2015) [23]	SUOG	Mantenimiento selectivo	GMM	RGB	Modelo de detección de obstáculos.

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Después de revisar los diferentes métodos para la sustracción de fondo, se concluye que se deben considerar parámetros y factores del escenario que se está procesando. Por ejemplo, si se tiene la inicialización de fondo, se necesita un fondo ideal. También existen métodos que van construyendo el fondo y que pueden corregirse a través del tiempo. Del análisis realizado en esta investigación se puede inferir que los mejores métodos son los adaptativos sobre todo para imágenes adquiridas en un escenario exterior donde existen muchas variaciones que pueden interferir en la adquisición de la secuencia de video como, por ejemplo, las condiciones lumínicas de la escena.

## RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado.

## V. REFERENCIAS

- [1] I. Laurence Bender, "Vision por computadora para las artes electrónicas usando métodos de sustracción de fondo acelerados mediante técnicas de GPUPU.," 2014.
- [2] L. Gervasoni, "Aplicación de un método de sustracción de fondo a partir de imágenes de video-vigilancia.," *15th Argentine Symposium on Technology, AST.*, 2014.

- [3] L. Cruz, "Seguimiento automático de objetos en sistemas con múltiples cámaras," Tesis de Licenciatura, 2013.
- [4] B. O, "A powerful random technique to estimate the background in video sequences.," *IEEE International conference on acustics, speech and signal processing.*, 2009.
- [5] T. & K. W. Intachak, ". Real-time illumination feedback system for adaptive background subtraction working in traffic video monitoring.," in *International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communications Systems (ISPACS)*, 2011.
- [6] Y. J. P. M. E. B. L. H. & R. C. Benezeth, "Review and evaluation of commonly-implemented background subtraction algorithms.," in *International Conference on Pattern Recognition* , 2008.
- [7] J. E. S. Morales, "Substracción de fondo basado en movimiento," *Cimat*, 2008.
- [8] Z. B. T. Z. X. & F. Y. Zhao, " A fuzzy background modeling approach for motion detection in dynamic backgrounds," in *International Conference on Multimedia and Signal Processing* , Berlin, Heidelberg, 2012.
- [9] H. B. R. & S. G. Tabkhi, "Algorithm and architecture co-design of Mixture of Gaussian (MoG) background subtraction for embedded vision," in *Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, 2013.
- [10] S. & M. X. Lu, "Adaptive random-based self-organizing background subtraction for moving detection.," *Journal of Machine Learning and Cybernetics*, pp. 1267-1276, 2020.
- [11] R. D. J. P. R. A. D. L. P. A. & V. M. Barbuza, "Un método para la sustracción de fondo en videos inestables.," *Mecánica Computacional*, pp. 3409-3417, 2016.
- [12] G. T. L. M. J. V. A. & C. D. Cerutti, "Understanding leaves in natural images—a model-based approach for tree species identification.," *Computer Vision and Image Understanding*, pp. 1482-1501, 2013.
- [13] B. TAMÁS, "Detecting and analyzing rowing motion in videos.," *BME Scientific Student Conf.*, 2016.
- [14] H. HUANG, " Practical automatic background substitution for live video.," *Computational Visual Media.*, 2017.
- [15] C. CUEVAS, R. MARTINEZ and N. GARCIA, "Detection of stationary foreground objects: A survey.," *CUEVAS, Carlos; MARTINEZ, Raquel; GARCIA, Narciso. Detection of A survey. Computer Vision and Image Understanding*, vol. 152, pp. 41-57., 2016.
- [16] Q. e. a. LING, " A background modeling and foreground segmentation approach based on the feedback of moving objects in traffic surveillance systems.," *Neurocomputing*, vol. 133, pp. 32-45, 2014.
- [17] J. ZHANG, X. JIA and J. HU, "Error bounded foreground and background modeling for moving object detection in satellite videos.," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vols. 58, no 4, pp. 2659-2669., 2019, .
- [18] J. e. a. HAO, "Spatio-temporal traffic scene modeling for object motion detection," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, pp. 295-302, 2012.
- [19] E. B. M. S. R. L. Q. Li, "Scene- independent feature and classifier based vehicle headlight and shadow removal in video sequences.," *IEEE Winter Applications of computer vision Workshops.* , 2016.
- [20] R. G.Lee, "A genetic algorithm-based moving object detection for real-time traffic surveillance.," *IEEE Signal Process*, pp. 1619-1622, 2015.
- [21] M. S. A. S.Aqel, "Background modeling algorithm based on transitions intensities.," *Comput*, vol. 4, 2015.
- [22] Y. L. C. G. K. Wang, "A multiple view learning approach to foreground detection for traffic surveillance applications.," *IEEE* , 2016.
- [23] N. P. J.Dey, "Moving object detection using genetic algorithm for traffic surveillance.," *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques. ICEEOT.*, pp. 2289-2293, 2016.
- [24] N. F. R. M.Hadiuzzaman, "Pixel based heterogeneous traffic measurement considering shadow and illumination variation.," *Signal Image Video process*, pp. 1-8, 2017.
- [25] L. G. S. Z. S. K. E. Toropov, "Traffic flow from a lowframe rate city camera.," *International Conference on Image processing.*, 2015.
- [26] C. Z. J. H. A. C. Y.Zhang, "Vehicles detection in complex urban traffic scenes using Gaussian mixture model with confidence measurement.," *IEEE Intell*, pp. 918-923, 2016.
- [27] P. R. J. Quesada, "Automatic vehicle counting method based on principal component pursuit background modeling.," *IEEE International conference on Image Processing.*, 2016.
- [28] T. Alldieck., "Information based multimodal background subtraction for traffic monitoring applications.," *Aalborg University, Danemark.*, 2015.
- [29] A. C. G. D. Y. W. C. Li, "Robust vehicle tracking for urban traffic videos at intersections.," *IEEE Advanced Video and Signal based Surveillance. AVSS 2016*, 2016.
- [30] Y. J. D. Y. J.Lan, "A new automatic obstacle detection method based on selective updating of gaussian mixture model.," *International Conference on Transportatio Information and Safety.*, 2015.
- [31] M. T. E. & P. J. A. S. Portillo, " Mahalanobis y las aplicaciones de su distancia estadística," *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 2008.
- [32] H. Z. G. P. C. & X. Q. Pan, "Background subtraction for night videos," *PeerJ Computer Science*, p. 592, 2021.
- [33] s. A. A. M. Sabri., "Traffic video surveillance: background modeling and shadow elimination.," *International Conference on Information Technologic for Organizations Development.*, pp. 1-6, 2016.