



Inteligencia artificial en el proceso enseñanza y aprendizaje para mediciones físico matemáticas en el posicionamiento de cuerpos

Artificial intelligence in the teaching and learning process for physical-mathematical measurements in body positioning

Inteligência artificial no processo de ensino e aprendizagem de medidas físico-matemáticas no posicionamento corporal

María Belén Terán-Herrera^I

mbteran@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-3066-9708>

Audelia Mariana Escobar-Gavilanes^{III}

marianitaescobargav@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-5977-3959>

Raúl Marcelo Naranjo-Montaguano^V

raul.naranjo@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0005-1797-9061>

Paulina Liliana Ricaurte-Morocho^{VII}

paulina.ricaurte@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0004-3921-9226>

Susana Karina Suárez-Ramírez^{IX}

karina.suarez@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0007-5642-8267>

Carlos Alberto Analuiza-Lara^{II}

carlos.analuiza@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2499-40577>

Rosa Elizabeth Miranda-Escobar^{IV}

elizabeth.miranda@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0001-5290-3426>

Fénix Yolanda Oñate-Quinatoa^{VI}

fenix.onate@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0007-7964-8326>

Limber Fabricio Sánchez-Rosero^{VIII}

limber.sanchez@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0003-9065-5501>

Wilson Eduardo Toaza-Tipantasig^X

wilson.toaza@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0006-0369-7685>

Correspondencia: mbteran@espe.edu.ec

Ciencias de la Educación

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 13 de agosto de 2023 * **Aceptado:** 30 de agosto de 2023 * **Publicado:** 26 de septiembre de 2023

- I. Universidad de las Fuerzas Armadas, Cotopaxi, Ecuador.
- II. Escuela de Educación Básica Alfonsina Storni, Tungurahua, Ecuador.
- III. Unidad Educativa 17 de Abril, Tungurahua, Ecuador.
- IV. Unidad Educativa Josefa Calixto, Tungurahua, Ecuador.
- V. Unidad Educativa 17 de Abril, Tungurahua, Ecuador.
- VI. Unidad Educativa 17 de Abril, Tungurahua, Ecuador.
- VII. Unidad Educativa 17 de Abril, Tungurahua, Ecuador.
- VIII. Unidad Educativa 17 de Abril, Tungurahua, Ecuador.
- IX. Unidad Educativa 17 de Abril, Tungurahua, Ecuador.
- X. Unidad Educativa 17 de Abril, Tungurahua, Ecuador.

Resumen

El objetivo de la presente investigación en el ámbito educativo de nivel secundario y superior, fue crear un algoritmo que permita el uso de inteligencia artificial para aumentar la distancia entre objetos mediante una cámara Kinect. El proceso de investigación estuvo sostenido por un enfoque positivista de alcance exploratorio – descriptivo, bajo un proceso cuasi experimental, para lo cual se generaron 150 pruebas y 45 ensayos para establecer los resultados, el análisis se generó mediante el software denominado inteligencia artificial para lo cual los localizadores se generaron a través de posicionamientos vectoriales en referencia a la distancia del objeto para el direccionamiento de cada una de las posiciones. Los resultados muestran que el algoritmo se puede utilizar para estimar la distancia entre cuatro objetos, logrando una estimación de distancia del 94,7% en la imagen procesada. Se concluye que la distancia al objeto se puede estimar utilizando una sola cámara con un error medio de 0,97% y una desviación estándar de 0,1% de la distancia. Según los errores obtenidos, el error medio es 1,00% y la desviación estándar es 2,24%. Por lo tanto, se puede concluir que el algoritmo SURF se puede utilizar para la detección de objetos y la estimación de la distancia de los objetos en aplicaciones robóticas. El robot utiliza una sola cámara, lo que ayudará a reducir el costo de fabricación del robot, facilitará la instalación de equipos y reducirá la posibilidad de errores debido a variables externas que interfieren con la imagen capturada.

Palabras Clave: Distancia; Posición; Cámara; Vectores.

Abstract

The objective of this research in the educational field at the secondary and higher level was to create an algorithm that allows the use of artificial intelligence to increase the distance between objects using a Kinect camera. The research process was supported by a positivist approach of exploratory - descriptive scope, under a quasi-experimental process, for which 150 tests and 45 trials were generated to establish the results, the analysis was generated using software called artificial intelligence for which The locators were generated through vector positioning in reference to the distance of the object for the addressing of each of the positions. The results show that the algorithm can be used to estimate the distance between four objects, achieving a distance estimate of 94.7% in the processed image. It is concluded that the distance to the object can be estimated using a single camera with a mean error of 0.97% and a standard deviation of 0.1% of the distance. According to the errors obtained, the average error is 1.00% and the standard deviation is 2.24%.

Therefore, it can be concluded that the SURF algorithm can be used for object detection and object distance estimation in robotic applications. The robot uses a single camera, which will help reduce the cost of manufacturing the robot, facilitate the installation of equipment, and reduce the possibility of errors due to external variables that interfere with the captured image..

Keywords: Distance; Position; Camera; Vectors.

Resumo

O objetivo desta pesquisa na área educacional de nível médio e superior foi criar um algoritmo que permita o uso de inteligência artificial para aumentar a distância entre objetos por meio de uma câmera Kinect. O processo de pesquisa foi apoiado em uma abordagem positivista de escopo exploratório - descritivo, sob um processo quase experimental, para o qual foram gerados 150 testes e 45 tentativas para estabelecer os resultados, a análise foi gerada por meio de um software denominado inteligência artificial para o qual os localizadores foram gerado através do posicionamento vetorial em referência à distância do objeto para o endereçamento de cada uma das posições. Os resultados mostram que o algoritmo pode ser utilizado para estimar a distância entre quatro objetos, alcançando uma estimativa de distância de 94,7% na imagem processada. Conclui-se que a distância até o objeto pode ser estimada utilizando uma única câmera com erro médio de 0,97% e desvio padrão de 0,1% da distância. De acordo com os erros obtidos, o erro médio é de 1,00% e o desvio padrão é de 2,24%. Portanto, pode-se concluir que o algoritmo SURF pode ser utilizado para detecção de objetos e estimativa de distância de objetos em aplicações robóticas. O robô utiliza uma única câmera, o que ajudará a reduzir o custo de fabricação do robô, facilitará a instalação dos equipamentos e reduzirá a possibilidade de erros por variáveis externas que interfiram na imagem capturada.

Palavras-chave: Distância; Posição; Câmera; Vetores.

Introducción

El uso de algoritmos tiene una larga historia, se puede decir que los algoritmos existen desde que los humanos comenzamos a pensar en cómo realizar ciertas tareas comunes, comunes o repetitivas de alguna manera para brindar soluciones a los problemas que surgen en el entorno.

El cavernícola tuvo que utilizar algunas estrategias para conseguir comida, es decir, tenía que hacer algo para mantenerse con vida. Por ejemplo, los animales cazan para satisfacer sus necesidades, lo que te obliga a utilizar cosas como palos y piedras. Encontrar un palo sólido, una piedra de determinadas proporciones, peso y resistencia, atar la piedra al palo y finalmente salir a cazar proporcionó una solución a la necesidad de supervivencia. Estas operaciones se consideran algoritmos.

En un contexto diferente, Pérez et al. (2023) la inteligencia artificial (IA) basada en algoritmos está adquiriendo cada vez más importancia en la educación. La inteligencia artificial puede proporcionar una experiencia de aprendizaje más personalizada, ya que el sistema puede adaptarse al ritmo de aprendizaje de cada estudiante, identificar sus fortalezas y debilidades y proporcionar contenidos y actividades específicos para satisfacer sus necesidades individuales.

Para resumir lo anterior, según Korvalan (2018), la inteligencia artificial permite que tutoriales virtuales, chatbots y asistentes virtuales proporcionen a los estudiantes respuestas a preguntas frecuentes y ayuden a resolver problemas.

Estos sistemas están disponibles las 24 horas del día, lo que facilita que los estudiantes obtengan ayuda cuando la necesitan. Según Fernández et al. La inteligencia artificial (2016) también le permite automatizar la evaluación utilizada para exámenes y resultados rápidos y precisos.

También puede analizar el régimen de reacción estudiantil para determinar las dificultades y ajustar las instrucciones en consecuencia. Algoritmos como SIF, SURF, ORB pueden detectar puntos característicos en una imagen; estos puntos se combinan con otras imágenes para revelar la primera imagen en la segunda (Lee et al, 2015). Estos algoritmos son altamente confiables cuando se usan para la detección de objetos (Reza & Farshad, 2012) (Hu et al, 2012) (Minglei & Shudong, 2014). En el presente trabajo se utiliza el algoritmo SURF por su mayor robustez en la generación de puntos de objetos y por tanto en la detección de objetos (Romero Cortijo & Cazorla Quevedo, 2009) (García et al, 2012).

Este algoritmo de navegación fue desarrollado por Herbert Bay en 2006 y está basado en el algoritmo SIFT, pero más potente y libre de patentes (Bay et al, 2008). El algoritmo de navegación copia la imagen para encontrar puntos en todas las copias, asegurando la invariancia de escala.

Utiliza un Hessiano para detectar puntos de interés, determinar su ubicación y escala, un filtro de caja para aproximar la derivada parcial de segundo orden de un filtro gaussiano e integra la imagen para una evaluación más rápida. Este algoritmo proporciona puntos característicos de una imagen

que se pueden combinar con puntos clave de otra imagen y produce puntos correspondientes a ambas imágenes (Magaña, Atoche y Canche, 2015).

Las operaciones del algoritmo SURF son las siguientes: generar una gran cantidad de imágenes para cálculos rápidos; creación de espacio escalar aproximando la segunda derivada de Gauss; ubicación de puntos clave; tarea de orientación (Andrade Moreira, 2015)

Actualmente se han desarrollado técnicas para el posicionamiento de sistemas robóticos utilizando visión por computadora, que incluyen el uso de marcadores de referencia fijos en el terreno, modelos de objetos, mapas y construcción de mapas basados en atributos observados (Gamero, 2007).

Ya es posible integrar brazos robóticos con sistemas de visión por ordenador para tareas no repetitivas, así como robots humanoides (Zavala et al, 2012) (González, et al., 2001) (Hernández, 2001) (Prieto et al, 2010). Para estimar la distancia entre la cámara y el objeto se crean algoritmos que comparan el área de la imagen estándar (se conoce la distancia de disparo de la cámara) con el área del objeto expuesto (Akhlaq et al, 2015). El presente trabajo propone determinar la distancia del objeto a la cámara utilizando como referencia los dos píxeles característicos correspondientes a cada imagen y calcular la distancia euclidiana entre los puntos.

La distancia euclidiana se define como la distancia existente entre dos píxeles etiquetados como

$$I_1(x_a, y_a) = D_1 I_2(x_{a2}, y_{a2}) \text{ de acuerdo a (1) } D = \frac{\sqrt{I_1^2 + I_2^2}}{\sqrt{(x_a - x_{a2})^2 + (y_a - y_{a2})^2}}$$

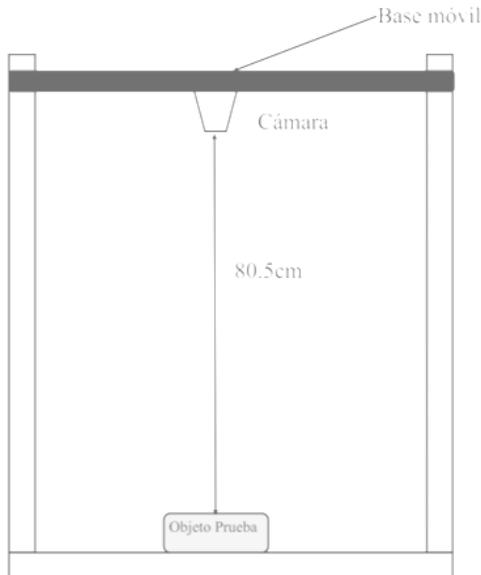
Metodología

El proceso de investigación estuvo sostenido por un enfoque positivista de alcance exploratorio – descriptivo bajo un proceso cuasi experimental, para lo cual se generaron 150 pruebas y 45 ensayos para establecer los resultados, el análisis se generó mediante el software denominado inteligencia artificial para lo cual los localizadores se generaron a través de posicionamientos vectoriales en referencia a la distancia del objeto para el direccionamiento de cada una de las posiciones

Resultados

Se tomaron fotografías perpendiculares a la cámara y se tomaron 26 fotografías de cada sujeto de prueba a diferentes distancias de la cámara. La distancia para cada captura fue de 25mm, distancia inicial de 180 mm y altura de 805 mm.

Figura 1: Prototipo de montaje de del sistema de medición físico matemática



Para determinar qué imagen de referencia se debe utilizar para detectar cada objeto de prueba, se determinaron vectores descriptores de imagen para cada objeto y se compararon con los vectores descriptores de imágenes tomadas a 18,0 cm, 40,5 cm y 80,0 cm. Centímetros del mismo objeto analizado. La Figura 3 muestra los resultados emparejados de 26 imágenes por objeto, con imágenes tomadas a 18,0 cm, 40,5 cm y 80,0 cm del mismo objeto. Se ha descubierto que es mejor utilizar imágenes tomadas a la mitad de la distancia máxima a la que estuvo expuesto el sujeto. Esto aumenta la probabilidad de calcular la distancia del objeto a la cámara, ya que el número de puntos de objeto detectados por SURF disminuye a medida que aumenta la distancia o se acerca después de tomar la imagen de referencia.

En la [Figura 4](#) se puede observar el esquema de la estructura utilizada y la ejemplificación de cómo se realizaron las capturas de las ϑ_{esp} y las ϑ_{inp} , las distancias euclidianas de los pares de puntos característicos (kp) de las ϑ_{esp} y las ϑ_{inp} .

Considerando dos imágenes, una ϑ_{esp} y una ϑ_{inp} , y utilizando el algoritmo SURF se obtiene el conjunto de todos los puntos característicos emparejados de la ϑ_{esp} , $(Kp_{dmm}\vartheta_{esp})$, y la imagen del entorno ϑ_{inp} , $(Kp_{dmm}\vartheta_{inp})$ es:

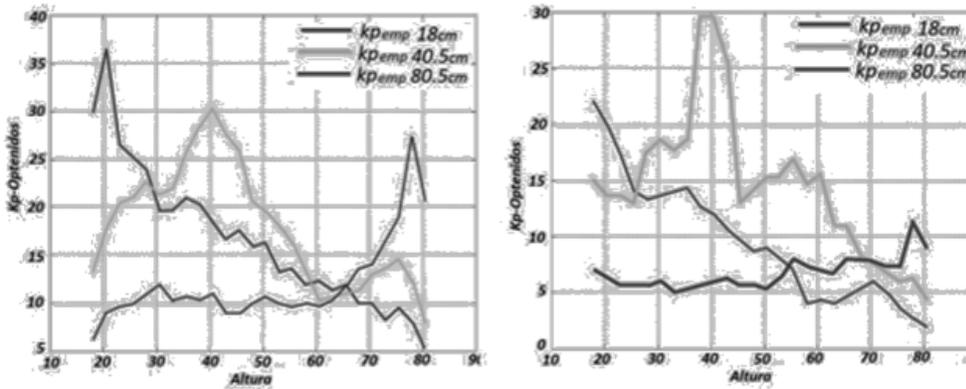
$$(2) Kp_{dmm}\vartheta_{esp} = \{(x_a, y_a); (x_{a1}, y_{a1}); \dots (x_{an}, y_{an})\}$$

$$(3) Kp_{dmm}\vartheta_{inp} = \{(x_{a'}, y_{a'}); (x_{a1'}, y_{a1'}); \dots (x_{an'}, y_{an'})\}$$

Para τKp_{dmm} , donde τKp_{dmm} es el número total de puntos característicos emparejados (Kp_{dmm}).

De los conjuntos de $Kp_{dmm}\vartheta_{esp}$ y formamos todas las combinaciones posibles de tomados de dos en dos para cada conjunto. Formándose dos nuevos conjuntos, con un total de $\mu = S\vartheta_{esp} \frac{n}{2} = S\vartheta_{inp} \frac{n}{2}$ pares correspondientes.

Figura 2: Emparejamiento de las ϑ_{esp} con las ϑ_{inp} , a) objeto 1, b) objeto 2, c) objeto 3, d) objeto 4



$$(4) \beta = D\vartheta_{esp}n^{-2} = V \text{ con } n \geq 2$$

Para cada combinación formada se calcula la distancia euclidiana, en la [Figura 5](#) se observa a modo de ejemplo, una combinación de dos kp en la ϑ_{esp} , y su respectivo par en la ϑ_{inp} .

Donde $e\vartheta_{esp}$ es la distancia euclidiana del par de kp de la ϑ_{esp} y $e\vartheta_{inp}$ es la distancia euclidiana del par de kp de la ϑ_{inp} . Por lo que, los conjuntos de todas las distancias euclidianas calculadas en ambas imágenes son:

$$(5) e\vartheta_{esp} = [f_0; f_1; f_2; f_3; f_4; f_5; f_6; \dots f_p]$$

$$(6) e\vartheta_{inp} = [f'0; f'1; f'2; f'3; f'4; f'5 \dots \dots f'p]$$

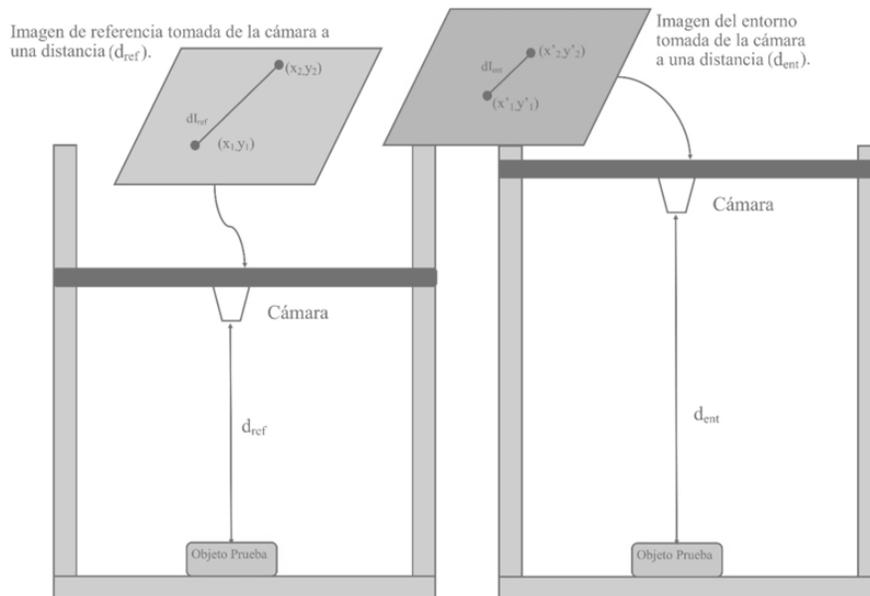
En la figura 3 se observa que $e\vartheta_{esp} \rightarrow e\vartheta_{esp} \gamma e\vartheta_{jit} \rightarrow e\vartheta_{inp}$ donde:

$e\vartheta_{esp}$ = Distancia euclidiana de los puntos característicos de la imagen de referencia.

$e\vartheta_{inp}$ = Distancia euclidiana de los puntos característicos de la imagen del entorno.

$e\vartheta_{jit}$ = Distancia física calculada, de la cámara al objeto de prueba para la imagen del entorno.

Figura 3: Representación de la captura de: a) ϑ_{esp} y b) ϑ_{inp}



El valor de la ϑ_{esp} y $e\vartheta_{inp}$ pueden ser conocidas con la ecuación (1) y ϑ_{esp} es conocida al realizar la captura de la ϑ_{esp} . Para la d_{jit} se calcula utilizando:

$$(7) E_{jit} = \frac{e_{esp} \times e\vartheta_{int}}{e\vartheta_{esp}} = [e_{jit1}; e_{jit2}; e_{jit3}; \dots; e_{jitn}.]$$

Con el conjunto de distancias $[e_{jit1}; e_{jit2}; e_{jit3}; \dots; e_{jitn}.]$ se calcula la mediana cuyo valor será la distancia estimada del objeto.

$$(8) e_{mar} = Me[e_{jit1}; e_{jit2}; e_{jit3}; \dots; e_{jitn}.]$$

Para la estimación de la distancia de los objetos de prueba a la cámara se realizó el emparejamiento de 26 imágenes tomadas de manera vertical a 25mm de diferencia una de otra. Se utilizó como ϑ_{esp} la imagen capturada a una distancia de 40.5cm de cada objeto de prueba.

En la secuencia de los resultados se puede observar que con el objeto uno se logró la estimación de la distancia con un error de máximo de +12,8mm y mínimo de -45mm, sin embargo, solo el 8.98% de las imágenes tomadas obtuvieron valores superiores a 1cm, siendo estas de las más alejadas de la ϑ_{esp}

El objeto 2 muestra un error máximo de +1.34cm y mínimo de -0.25cm. Solo el 17.35% de las 26 imágenes se obtuvo un error superior a 1cm, siendo las imágenes más alejadas de la ϑ_{esp}

De igual manera el objeto 3 muestra un error máximo de +0.97cm y mínimo de -0.72cm, solo en una imagen se obtuvo -0.46 y en una imagen +0.89cm siendo estas las más alejadas de la ϑ_{esp}

En el objeto 4, no se logró el emparejamiento de la ϑ_{esp} con la ϑ_{int} capturada a 568, 586 y 736mm, también se observó que en las imágenes capturadas a 65.5, 68 y 73cm presentaron un error muy elevado en la estimación de la distancia, esto debido a que solo se detectaron entre 3 y p kp , y no se realizó el emparejamiento de los kp de manera adecuada. Si dichas imágenes no se consideran para el objeto 4, se tendría un error máximo de +202mm y uno mínimo de -0.46cm.

Considerando el error relativo absoluto en promedio y omitiendo las imágenes del objeto 4 que no se emparejaron adecuadamente, el algoritmo presenta un error del 1.0% con una desviación estándar del 1.89%.

Discusión de resultados

A partir de las distancias calculadas de ambas imágenes, son similares porque son puntos clave del objeto a detectar en ambas imágenes, se puede estimar la distancia de la cámara relacionando ambas distancias euclidianas.

Por otra parte, el tamaño de una imagen está en función de la distancia focal de la cámara. Un objetivo de distancia focal corta produce una imagen más próxima, y más pequeña que uno de mayor distancia focal. El tamaño de la imagen está en función de la distancia focal ([Luis, 2008](#)). Por lo tanto, el tamaño del objeto en la imagen disminuye cuando se aleja de la cámara.

Conclusiones

Para la muestra de 26 imágenes tomadas de manera vertical con 25mm de diferencia entre ellas, se logró implementar el algoritmo SURF para estimar la distancia de los objetos en el 94.7% de las imágenes. Con el objeto uno se obtuvo un error relativo promedio de 0.89%, en el objeto dos un

error relativo promedio de 0.80%, el objeto tres alcanzó un error relativo promedio de 0.87% y el objeto cuatro un error relativo promedio de 1.98% (omitiendo las imágenes que no se emparejaron adecuadamente). Con base a los errores obtenidos se tiene un error promedio de 1.00% y una desviación estándar de 2.98%. Con lo que se puede concluir que es posible utilizar el algoritmo SURF para aplicaciones robóticas en la detección de objetos y la estimación de la distancia del objeto al robot utilizando una sola cámara, con la cual se favorecerá en el costo de la construcción del robot, mayor simpleza de instalación de equipos, menor probabilidad de error por variables externas que perturben a las imágenes capturadas entre otros beneficios.

Referencias

- Akhlaq, M. U., Izhar, U., & Shahbaz, U. (2014). Depth estimation from a single camera image using power fit. In *Robotics and Emerging Allied Technologies in Engineering (iCREATE)*, 2014 International Conference on. IEE, 221-227.
- Andrade Moreira, G. A. (2015). Correspondencia multispectral en el espacio de Hough. GUAYAQUIL – ECUADOR.
- Bauer, J., Sünderhauf, N., & Protzel, P. (2007). Comparing several implementations of two recently published feature detectors. In *Proc. of the International Conference on Intelligent and Autonomous Systems*.
- Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., & Gool, L. V. (2008). SURF: Speeded Up Robust Features. *Computer Vision and Image Understanding (CVIU)*, 110(3), 346-359.
- Gamero, M. (2007). Posicionamiento de Robots Basados en Visión. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 11(43), 98-101.
- García Barquero, I., Sánchez González, P., Luna Serrano, M., & Gómez Aguilera, E. J. (2012). Comparación de algoritmos detectores de puntos singulares para reconocimiento de objetos en vídeo quirúrgico.
- González, G., E. J., Cruz, R., Sergio, R., Durán, G., & Héctor, M. (2001). Aplicación de sensores múltiples para el posicionamiento tridimensional de robots usando visión. *Interciencia*, 11(26), 541-546.
- Hernández, E. R. (2001). Desarrollo de un Sistema de Visión para la Localización y Navegación de Robots Humanoides. México.

- Hu, S., Wu, N., & Song, H. (2012). Object Tracking Method Based on SURF. Conference on Modelling, Identification and Control, 351-356.
- Lee, Y. H., Ahn, H., Cho, H. J., & Lee, J. H. (2015). Object Recognition and Tracking based on Object Feature Extracting., 5(3), 48-57. Journal of Internet Services and Information Security (JISIS), 5(3), 48-57.
- Liaquat, S., & Khan, U. S. (2015). Object detection and depth estimation of real world objects using single camera. 2015 Fourth International Conference on (págs. 1-4). IEEE.
- Luis, M. A. (2008). Introducción a la Fotografía Científica. Recuperado el 20 de Septiembre de 2016, de http://foto.difo.uah.es/curso/objetivo_e_imagenes.html
- Magaña, J., Atoche, J., & Canche, R. (2015). Pruebas del algoritmo surf para la elección de imágenes de referencia. Revista Electrónica de Divulgación de la Investigación, 10.
- Minglei, T., & Shudong, C. (Octubre de 2014). Efficient Surf Tracking by Nearest Neighbor Classifier. JOURNAL OF COMPUTERS., 9(10), 2449-2454.
- Mondéjar, G. V. (2016). Contribuciones a la estimación de pose de cámara. Córdoba.
- Prietoa, C. E., Febresa, J. E., Cerrolazaa, M., & Miquelarenab, R. (2010). Sistema de Visión Artificial para el Control de Movimiento de un Asistente Robótico Médico. Mecánica Computacional, 29, 6619-6629.
- Reza, O., & Farshad, T. (2012). Full Object Boundary Detection By Applying Scale Invariant Features In A Region Merging Segmentation Algorithm. International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAA), 3(5), 41-50.
- Romero Cortijo, A. M., & Cazorla Quevedo, M. Á. (2009). Comparativa de detectores de características visuales y su aplicación al SLAM. X WORKSHOP DE AGENTES FÍSICOS, 55-62.
- Zavala, J. G., Hernández, J. A., & Freyre, J. P. (2012). Implementación de un sistema de visión para control de un brazo robótico. Actas de la II Conferencia de Desarrollo Profesional en Ingeniería Mecatrónica 2012. México.