

## **Propuesta de asistente virtual basado en inteligencia artificial en la integración de un brazo robótico para aplicaciones en la industria 4.0**

Miguel Ángel Hernández Figueroa, Rodrigo Gibran Vázquez Báez,  
José Orlando Castro Rangel

Universidad de la Salle Bajío,  
División de Ingenierías de la Campus Salamanca,  
México

{mahfigueroa, rodrigo.vazquezb, orlas1978}@gmail.com

**Resumen.** Facilitar la interacción entre humanos y máquinas es uno de los desafíos tecnológicos actuales, el despliegue de todo el potencial que la Industria 4.0 puede ofrecer requiere de interfaces cada vez más avanzadas e inteligentes que permitan a las máquinas y robots interactuar de forma natural con el usuario, entender su entorno y llevar a cabo la toma de decisiones con cierto nivel de conciencia. El desarrollo de asistentes virtuales basados en Inteligencia Artificial juega un papel muy importante en la manera de comprender y responder a las necesidades del usuario, asistiendo en el desempeño de labores automatizadas y personalizadas, agilizando la comunicación entre el humano y la tecnología, haciendo más eficiente el manejo de recursos y transformando la forma en que convivimos. Este artículo explora las posibilidades que se abren al integrar un brazo robótico de uso industrial al campo de la Inteligencia Artificial donde la propuesta de un asistente virtual inteligente permite redefinir las capacidades de interacción y comunicación ofreciendo soluciones al usuario dentro de cualquier escenario en la industria 4.0.

**Palabras clave:** Asistente virtual inteligente, robot autónomo, inteligencia artificial, industria 4.0.

### **Proposal of Virtual Assistant based on Artificial Intelligence in the Integration of a Robotic Arm for Applications in the Industry 4.0**

**Abstract.** Facilitating the interaction between humans and machines is one of the current technological challenges. Unlocking the full potential that industry 4.0 can offer requires increasingly advanced and intelligent interfaces that allow machines and robots to interact naturally with the user, understand their environment and carry out decision-making with a certain level of awareness. The development of virtual assistants based on artificial intelligence, plays a very important role in the way of understanding and responding to user needs, assisting in the performance of automated and personalized tasks, streamlining

communication between humans and technology, making the resource management and transforming the way we live together. This article explores the possibilities that open up by integrating a robotic arm for industrial use into the field of artificial intelligence where the proposal of an intelligent virtual assistant allows to redefine the capabilities of interaction and communication offering solutions to the user within any scenario in industry 4.0.

**Keywords:** Intelligent virtual assistant, autonomous robot, artificial intelligence, industry 4.0.

## **1. Introducción**

La arquitectura de la Industria 4.0 [1] comprende de un nivel físico, sensores, actuadores, máquinas y robots, hasta un nivel digital donde una capa de información y comunicación fluye de manera bidireccional a través de sistemas basados en IIOT (Industrial Internet Of Things, Internet Industrial de las cosas) [2], pasando por sistemas de computación en la nube, donde diferentes tecnologías y ramas de la Ciencia Computacional entre ellas la Inteligencia Artificial logran crear soluciones a las cambiantes necesidades del mercado, adaptando los procesos de producción y haciendo un uso más eficiente e inteligente de los recursos.

La forma en que los niveles físicos y digitales se entrelazan de una manera eficiente y fluida puede comprenderse gracias a los avances en los Sistemas Ciber-Físicos conocidos por sus siglas en inglés como CPS (Cyber-Physical Systems) [3] y M2M (Machine to Machine, Máquina a Máquina) [4], sin embargo, la interacción entre el mundo digital y el mundo físico visto desde la perspectiva del usuario presenta un desafío en el que el desarrollo de interfaces inteligentes que permitan la apertura de nuevos canales de comunicación entre el hombre y la tecnología se hacen evidentes, es el caso de las interfaces de usuario tradicionales HMI (Human Machine Interface, Interfaz Humano Máquina) [5] donde se centraliza el control del sistema, la visualización de la información del estado y sus variables, teniendo como único medio de interacción la pantalla táctil, teclado, apuntadores, etc., donde el operador ingresa manualmente los comandos requeridos, generando una disrupción en la cadena productiva.

Facilitar la interacción entre humanos, máquinas, robots y dispositivos mediante una comunicación más natural nos permite obtener un entorno más conectado y colaborativo, los avances en el campo de la Inteligencia Artificial han puesto a nuestra disposición diferentes tecnologías que al ser aplicadas al desarrollo de asistentes inteligentes [6] otorgan al sistema la capacidad de reaccionar y ser consciente de los diferentes estímulos tanto del usuario como de su entorno.

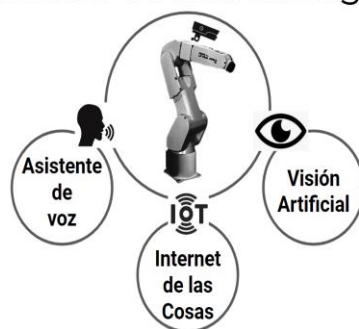
Los asistentes de voz [7] permiten al usuario dictar comandos de manera verbal, el reconocimiento de voz permite al sistema comprender y procesar la información y responder de igual manera. Los sistemas de visión artificial [8] tienen la capacidad de adquirir, procesar, analizar y comprender imágenes del mundo real, por lo tanto reconocer objetos, personas y colores es una tarea común. La integración del IoT (Internet of Things, Internet de las Cosas) permite al usuario establecer comunicación con los dispositivos en su entorno, como de forma remota, enviando y recibiendo

información del sistema a la nube, donde diferentes herramientas son empleadas para asistir al usuario y favorecer al proceso.

El objetivo que el presente trabajo busca es el de proponer una alternativa a los métodos de interacción y de interfaces de usuario tradicionales, mediante el desarrollo de un sistema de asistente virtual inteligente que logre aumentar [9] las capacidades colaborativas y de interacción entre el hombre y los dispositivos, máquinas y robots que conforman su entorno, por medio de la integración de múltiples tecnologías que en conjunto permitan crear un sistema diseñado para asistir al usuario en el análisis, monitoreo y control de un proceso industrial común, para esto, se hace uso de un brazo robótico como dispositivo principal para el despliegue del asistente virtual inteligente cuyos alcances serán definidos y analizados mediante la simulación de un proceso propio de la Industria 4.0.

Este trabajo está organizado por secciones. La Sección 2 presenta y describe la tecnología integrada, así como su aplicación en el sistema. La Sección 3 ejemplifica la metodología del asistente virtual inteligente trabajando en un entorno simulado. La sección 4 discute los resultados y trabajos futuros. En adelante, nos referiremos al asistente virtual inteligente con las abreviaturas AVI.

## Asistente Virtual Inteligente



**Fig. 1.** Asistente virtual inteligente, tecnologías aplicadas.

## 2. Tecnologías aplicadas

La propuesta del AVI contempla el uso de un brazo robótico de nivel industrial de la marca Fanuc LR Mate 200iD [10] como dispositivo principal para el despliegue de las 3 principales tecnologías integradas, como se muestra en la Figura 1:

El brazo robótico realiza la adquisición de diferentes variables, el procesamiento y visualización de la información del AVI se realiza por medio de un computador que alberga al programa principal desarrollado en Python y es el encargado de orquestar el entrelazamiento de las diferentes tecnologías utilizadas. El sistema se comunica a través de internet con un servidor web alojado en una Raspberry Pi [11] quien por medio de sus pines emite las señales de salida que permiten controlar los movimientos del brazo robot como se muestra en la Figura 2.

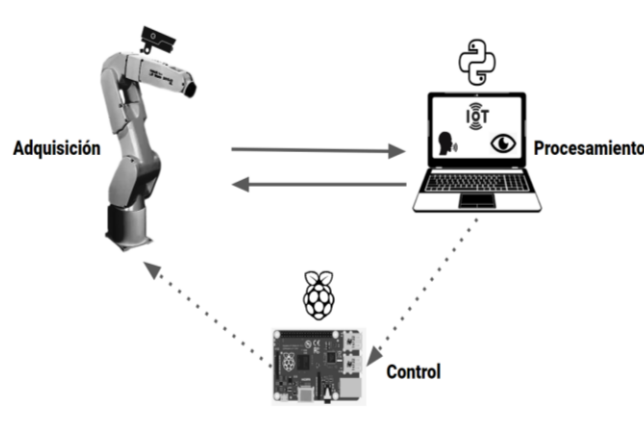


Fig. 2. Arquitectura del AVI.

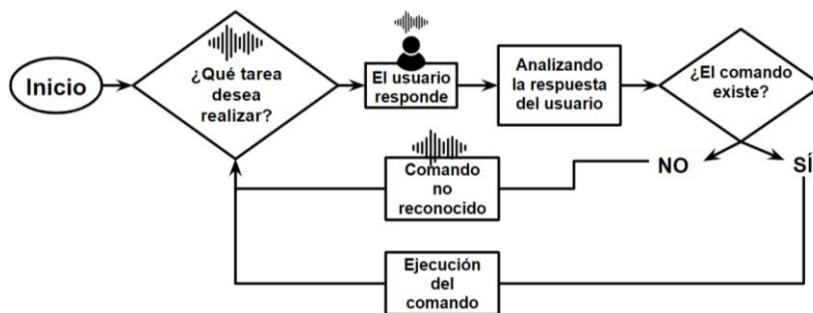


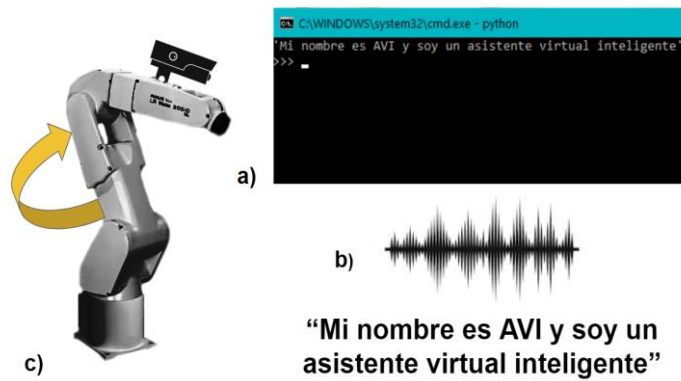
Fig. 3. Diagrama de flujo del comportamiento del asistente de voz.

## 2.1. Asistente de voz

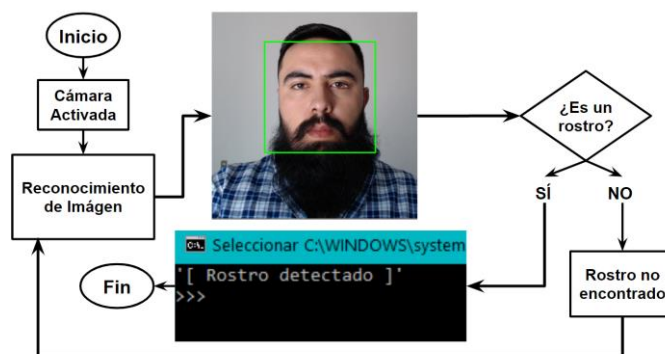
El asistente de voz es el encargado de establecer el medio de comunicación entre el usuario y el sistema. El asistente de voz está compuesto de diferentes librerías especializadas en reconocimiento de voz y generación de respuesta, entre ellas gTTS (Google-Text-to-Speech) [12] que utiliza redes neuronales de aprendizaje profundo para la generación de salidas de audio que asemejan a la voz humana con gran naturalidad como se muestra en [13].

Dentro del sistema AVI el asistente de voz es utilizado para interactuar con el usuario e identificar en su voz la solicitud de ejecución de ciertos comandos, que generan una respuesta por salida determinada en la programación. Una descripción del comportamiento del AVI puede observarse en la Figura 3:

Las salidas pueden ser de diferentes tipos dependiendo el comando: ejecutar una acción, respuesta audible o salida por pantalla. Así mismo, un comando puede incluir una combinación de distintas salidas, como se muestra en la Figura 4, donde el usuario pregunta al AVI “¿Cuál es tu nombre?”, generando la ejecución de un comando con 3 respuestas de salida:



**Fig. 4.** Respuesta del AVI: a) salida por pantalla, b) respuesta audible, c) movimiento del brazo robot.



**Fig. 5.** Diagrama de flujo reconocimiento facial en el AVI.



**Fig. 6.** Reconocimiento y contabilización de AVI.

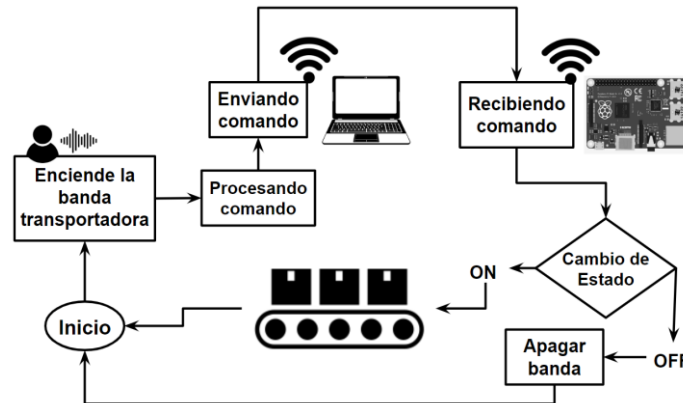


Fig. 7. Diagrama de flujo, encendido de banda transportadora vía internet.

## 2.2. Visión artificial

El sistema es capaz de adquirir imágenes por medio de una cámara web acoplada al cabezal del brazo robótico, desde donde transmite información en tiempo real al programa. Haciendo uso la librería Opencv [14] especializada en visión artificial, el sistema emplea diferentes algoritmos entre ellos el de reconocimiento facial para identificar el rostro del usuario y producir una respuesta, en este caso una salida por pantalla, como se muestra en la Figura 5:

Bajo el mismo principio el sistema también es capaz de reconocer colores y objetos, así como de contabilizarlos como se muestra en la Figura 6:

De esta manera el AVI integra la visión computacional como una herramienta más para asistir y responder a las necesidades del usuario.

## 2.3. Internet de las cosas

El sistema está diseñado para desenvolverse en un entorno conectado a internet, mediante una comunicación inalámbrica WiFi, el AVI cuenta con la capacidad de intercambiar información con los diferentes dispositivos conectados a la red, así como de monitorear y controlar su estado. En la Figura 7 el usuario le solicita al AVI de manera verbal que encienda la banda transportadora, el sistema reconoce el comando y a través de internet establece comunicación con el servidor web alojado en la Raspberry Pi, emitiendo una señal de salida por medio de sus pines, iniciando el movimiento de la banda transportadora.

La capacidad de acceder a internet permite al AVI la posibilidad de intercambiar información con una base de datos en la nube, así como de redactar informes en caso de errores o fallos y posteriormente ser enviados por e-mail de manera automática notificando al usuario en todo momento y generando un registro para su análisis y consulta (Figura 8).

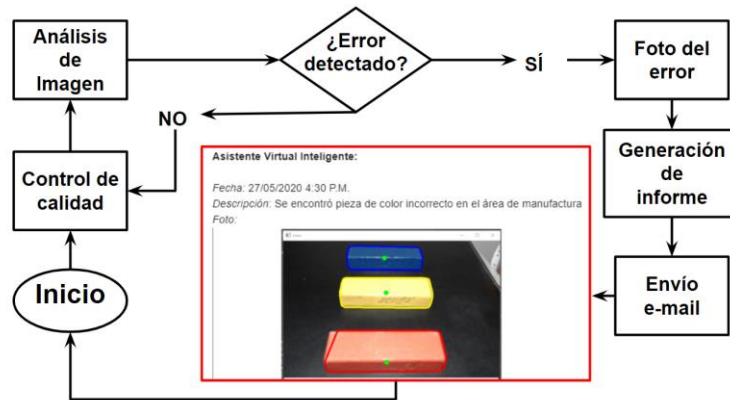


Fig. 8. Diagrama de flujo, generación y envío de informe de error al usuario.



Fig. 9. Línea de producción, brazo robot (izquierda), banda transportadora (derecha).

### 3. Aplicación del AVI en un entorno simulado

Para la aplicación del AVI se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad, el montaje y simulación de un proceso industrial típico del área de manufactura, donde se puede dar muestra de las capacidades que la integración de las distintas tecnologías empleadas en el AVI ofrece en un escenario propio de la Industria 4.0.

#### 3.1. AVI en los procesos de manufactura y control de calidad

Se montó una pequeña línea de producción, integrada principalmente por el brazo robot y una banda transportadora (Figura 9).

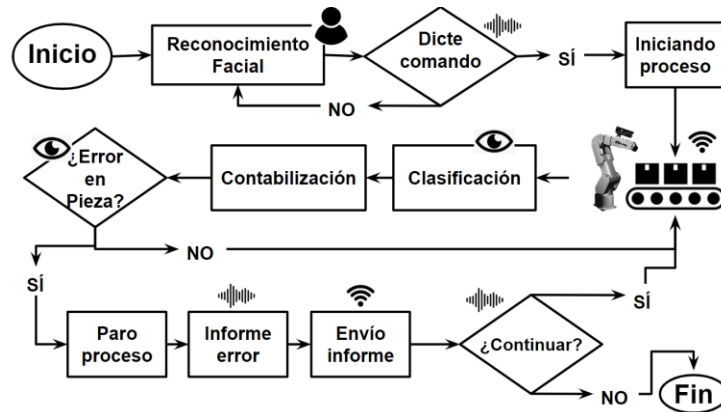


Fig. 10. Diagrama de flujo del proceso de control de calidad.

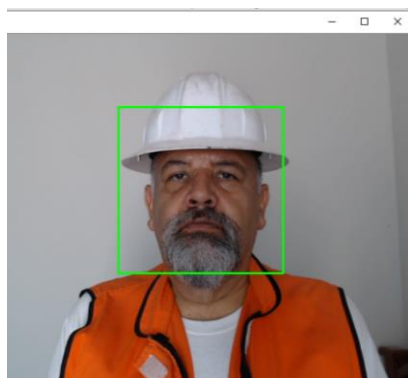


Fig. 11. Reconocimiento facial del operador.

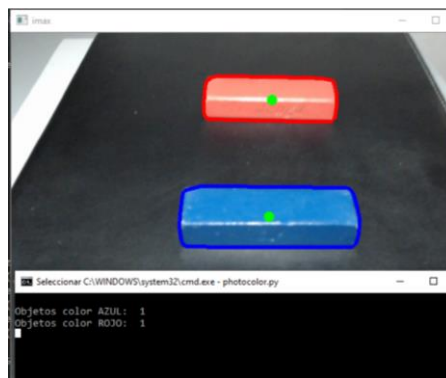


Fig. 12. Clasificación y contabilización de piezas por color.

El AVI es el encargado de supervisar y controlar todos los dispositivos involucrados en el proceso, así como de asistir al operador ante cualquier petición o consulta. [13].

Una vez iniciado el proceso por el operador, las piezas de un producto terminado corren a través de la banda transportadora, el AVI realiza la recopilación de información, contabilización y clasificación por color (rojo y azul) mediante la manipulación del brazo robótico, así mismo, mantiene el control de calidad notificando al operador ante algún error eventual en el color de las piezas. La representación del proceso de la línea de producción se muestra en la Figura 10.

### 3.2. Puesta en marcha

El AVI inicia su función realizando el reconocimiento facial (Figura 11) una vez que el operador ha sido identificado, le pregunta si quiere encender la línea de producción y el operador confirma con un comando de voz, el proceso entra en operación, la banda





Fig. 13. Contabilización de piezas.

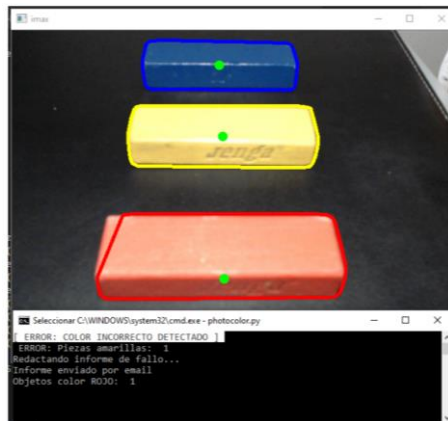


Fig. 14. Pieza de color incorrecto (amarillo).

transportadora avanza y el brazo robot lleva a cabo la selección y manipulación de los productos clasificándolos de acuerdo al color rojo y azul (Figura 12). Al mismo tiempo lleva a cabo la recopilación de información que servirá a la base de datos Figura 13.

Como parte del proceso de control de calidad, el AVI a través del brazo robot es capaz de identificar algún error en el color de las piezas como se muestra en la Figura 14 y actuando en base a su programación ordena la detención de la banda transportadora, notificando del error al operador emitiendo una respuesta audible y redactando un informe con la evidencia que será enviado vía e-mail de manera automática como registro del error (Figura 15). El operador ordena al AVI la continuación del proceso.

Al cambio de turno, un nuevo operador comienza su jornada, le pide al AVI que describa la información del estado del proceso y que muestre por pantalla la información solicitada. El AVI confirma la instrucción y lleva a cabo el despliegue por pantalla al mismo tiempo que genera una respuesta audible con toda la información del proceso (Figura 16).



Fig. 15. Informe de error, e-mail generado por el AVI.



Fig. 16. Generación de respuesta, salida por pantalla y audible.

#### 4. Conclusiones y trabajo a futuro

De las pruebas realizadas en la simulación de un proceso de control de calidad, donde se recreó de manera básica un escenario típico de la Industria 4.0 se puede concluir que la implementación de un asistente virtual inteligente demuestra una importante mejora en:

- La interacción humana con los dispositivos.
- La apertura de nuevos canales de comunicación y control de un proceso.
- Creación de un entorno totalmente conectado, inteligente y colaborativo.

- La aplicación e integración de tecnologías emergentes.
- Oportunidad de escalabilidad.

El asistente virtual inteligente logró integrar con éxito múltiples tecnologías basadas en Inteligencia Artificial y que cumplieron con el objetivo de asistir al usuario, facilitando la comunicación entre el ser humano y los dispositivos que conforman su entorno, dando como resultado una interacción más intuitiva y natural en comparación con las interfaces de usuario tradicionales.

Es de contemplarse para trabajos futuros indagar en el desarrollo e integración de más herramientas y tecnologías especializadas en el campo de la Inteligencia Artificial que logren aumentar las capacidades del asistente, sin embargo, el trabajo obtenido logró estructurar una buena base que facilitará la escalabilidad del proyecto para futuras integraciones, las posibilidades son inmensas.

Finalmente, es importante enfatizar en el desarrollo de propuestas y proyectos que logren la apertura de nuevas vías de comunicación e interacción tecnológica, explorando más allá de lo establecido, apostando a las tendencias de un futuro totalmente conectado, recalcando siempre la valía y vigencia del capital humano en las industrias del futuro.

## Referencias

1. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.: Industry 4.0. *Bus Inf Syst Eng* 6, pp. 239–242 (2014)
2. Shamim, M., Ghulam M.: Cloud-assisted industrial internet of things (iiot) – enabled framework for health monitoring. *Computer Networks*, 101, pp. 192–202 (2016)
3. Guato, M., Imacaña, P.: Un breve resumen de lo que son los CPS (Cyber Physical Systems) sus implicaciones y los desafíos futuros. <https://www.ticportal.es/expert/cps-cyber-physical-systems-implicaciones-desafios-futuros> (2019)
4. Lin, F., Chen, B., Lin, B., Hu, W.: Charging architecture for M2M communications. In: *IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, Reston, VA, pp. 123–128 (2016)
5. Papcun, P., Kajáti, E., Koziorek, J.: Human machine interface in concept of industry 4.0. In: *World Symposium on Digital Intelligence for Systems and Machines (DISA)*, Kosice, pp. 289–296 (2018)
6. Guzzoni, D., Baur, C., Cheyer, A.: *Active*, a tool for building intelligent user interfaces (2007)
7. Kim, T.: Short research on voice control system based on artificial intelligence assistant. In: *International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)*, pp. 1–2 (2020)
8. William, P., Marcela. J.: Combined approach using artificial vision and neural networks for facial recognition. In: *CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, pp. 1–5 (2017)
9. Azuma, R.: *Augmented reality: approaches and technical challenges, fundamentals of wearable computers and augmented reality*. pp. 27–63 (2001)

10. Fanuc: LR Mate 200iD. <https://www.fanuc.eu/es/es/robots/pagina-filtro-robots/serie-lrmate/lrmate-200-id> (2020)
11. Hackaday: Raspberry Pi 3 as a Web Server Using Python IoT <https://hackaday.io/project/156072-raspberry-pi-3-as-a-web-server-using-python-iot> (2020)
12. Rithika, H., Santhoshi, B.: Image text to speech conversion in the desired language by translating with Raspberry Pi. In: IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC), pp. 1–4 (2001)
13. Van den Oord, A., Dieleman, S., Zen, H., Simonyan, K., Vinyals, O., Graves, A., Kalchbrenner, N., Senior, A., Kavukcuoglu, K.: WaveNet: A generative model for raw audio (2016)
14. Jia, X.: Fabric defect detection based on open source computer vision library OpenCV. In: International Conference on Signal Processing Systems, Dalian, V1-342–V1-345 (2010)