

## Algoritmos de aprendizaje automático en microcontroladores

Lodato Marcos; Jaime Fernando; Lopez Pedro

CAETI – Universidad Abierta Interamericana

Av. Ovidio Lagos 944 – Rosario, Santa Fe – Argentina

{Marcos.Lodato; Fernando.Jaime}@alumnos.uai.edu.ar {Pedro.Lopez}@uai.edu.ar

**Resumen.** En el marco de esta investigación, se busca explorar y analizar los conceptos claves en relación con los microcontroladores y los algoritmos de aprendizaje automático. Se busca abordar conceptos claves sobre los microcontroladores, especificaciones y casos de uso. Además, introducir conceptos básicos de IA, y su diferenciación entre IA fuerte e IA débil, desarrollando ejemplos prácticos sobre sus aplicaciones, cómo es la interfaz de comunicación entre Arduino y sistemas IA, abarcando protocolos de comunicación. El objetivo principal de esta investigación es generar los conocimientos necesarios para el desarrollo de un robot u otra aplicación funcional, capaz de implementar algunos de los algoritmos identificados, se busca que el mismo demuestre su capacidad para el desempeño de funciones que ayuden a las personas en las tareas cotidianas. La investigación brindará los materiales necesarios para aquellas personas que se encuentren interesadas en el desarrollo de la intersección entre la electrónica y su relación con la inteligencia artificial. Los dispositivos desarrollados a raíz de esta investigación permitirán la automatización de tareas rutinarias y complejas, aprendiendo constantemente y siendo eficientes en aquel rubro donde serán aplicados.

**Palabras claves:** Algoritmos de Aprendizaje, Arduino, Automatización, Deep Learning, Inteligencia Artificial, Machine Learning, Microcontroladores, Redes Neuronales.

### 1. Introducción

Los algoritmos de aprendizaje automático están transformando diversas facetas de la vida cotidiana, automatizando actividades que históricamente requerían intervención humana, como la resolución de problemas y la ejecución de tareas [1]. La inteligencia artificial no sólo replica capacidades humanas, sino que también las amplía, mejorando la ejecución de tareas cognitivas complejas. Este progreso impulsa la innovación tecnológica y plantea desafíos éticos y sociales respecto al impacto de la IA en el empleo, la educación y la estructura económica global.

En esta investigación, exploramos cómo los algoritmos de aprendizaje automático pueden ser implementados en microcontroladores, como Arduino. Arduino es una plataforma de hardware libre que comenzó en 2005 en el Interaction Design Institute Ivrea, Italia, y se ha convertido en una herramienta esencial para estudiantes y

entusiastas de la electrónica [2]. Gracias a la colaboración de la comunidad global de desarrolladores, Arduino ha evolucionado significativamente, convirtiéndose en una base sólida para la integración de tecnologías avanzadas como la IA. A continuación, analizaremos la implementación de estas dos tecnologías para desarrollar aplicaciones prácticas en el futuro; estudiando el funcionamiento de los algoritmos de aprendizaje automático, y las capacidades y limitaciones de los microcontroladores en la implementación de estos algoritmos.

El problema que esta investigación pretende abordar es la integración efectiva de algoritmos de aprendizaje automático en microcontroladores para crear aplicaciones prácticas y accesibles. En particular, se busca demostrar cómo una plataforma económica y versátil como Arduino puede ser utilizada para desarrollar soluciones de IA.

Las aplicaciones prácticas de esta investigación son numerosas. Por ejemplo, el desarrollo de robots que puedan realizar movimientos o responder a estímulos basados en el aprendizaje automático, utilizando datos recopilados a través de sensores y procesados en tiempo real. Buscamos aportar una introducción al conocimiento existente sobre la integración de estas dos tecnologías y abrir nuevas posibilidades para el desarrollo de aplicaciones innovadoras y accesibles.

## **2. Arduino**

Arduino es una plataforma de hardware libre que permite crear proyectos electrónicos interactivos mediante una placa electrónica programable con un microcontrolador [2]. Una característica fundamental de Arduino es su modularidad y simplificación del lenguaje de programación que han hecho que incluso personas sin experiencia previa en electrónica puedan crear circuitos electrónicos sofisticados [3]. Con el tiempo, la gama de productos Arduino se ha ampliado para incluir placas más potentes para la incorporación de nuevas tecnologías, como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial [2]. La evolución constante de las placas como Arduino Uno R4, abren nuevas fronteras para Arduino, permitiendo la creación de dispositivos aún más inteligentes y conectados [4].

## **3. Inteligencia Artificial**

Se explica el concepto de “Inteligencia artificial” cómo: «El arte de desarrollar máquinas con capacidad para realizar funciones que cuando son realizadas por personas requieren de inteligencia». (Kurzweil, 1990) [5].

Las raíces de la IA se remontan a la década de 1950, cuando los expertos en informática comenzaron a imaginar la posibilidad de crear máquinas que pudieran simular la

inteligencia humana. En 1956, la Conferencia de Dartmouth marcó el nacimiento de la IA como campo de estudio. [6].

### **3.1. Agentes**

Los agentes inteligentes son un tipo de sistema perceptivo capaz de aprender, interpretar y procesar la información de su entorno. Gracias a estos datos, pueden actuar en consecuencia y ejecutar de manera autónoma ciertas acciones específicas, predecibles y repetitivas. [7]. Algunos de los tipos de agentes que se abordan son: Agentes reactivos simples, basados en modelos, basados en objetos, basados en utilidad.

### **3.2. IA fuerte vs débil**

La IA fuerte implicaría que un ordenador convenientemente programado no simula una mente, sino que «es una mente» y por tanto tendría que ser capaz de pensar igual que un ser humano. La IA débil, por otro lado, consistiría, según Searle, en construir programas que realicen tareas específicas. [8].

## **4. Machine Learning**

Es la rama de la inteligencia artificial cuya finalidad es lograr que las máquinas adquieran la capacidad de aprender de su experiencia sin necesidad de intervención humana. Utilizan los datos que se les proporciona para poder identificar patrones que generan conocimiento y, así, contribuir a la toma de mejores decisiones [9].

- Aprendizaje supervisado: Es cuando entrenamos un algoritmo de Machine Learning dándole las preguntas (características) y las respuestas (etiquetas). [10]
- Aprendizaje no supervisado: Es otro tipo de aprendizaje automático en el que los modelos se entrenan con un conjunto de datos no etiquetado [11].

## **5. Deep Learning**

El Deep learning es un subconjunto del machine learning que utiliza redes neuronales multicapa, llamadas redes neuronales profundas, para simular el complejo poder de toma de decisiones del cerebro humano. [12].

## **6. Comunicación e interacción IA y Arduino**

Arduino puede transferir datos y comunicarse con otros dispositivos de tres maneras diferentes, cada una con sus ventajas y desventajas:

- La comunicación serial es una de las formas más eficientes de conectar una placa Arduino a un ordenador. Este método utiliza un cable USB para transmitir datos entre los dispositivos, permitiendo una comunicación directa

y rápida. Es especialmente útil para la programación y depuración de códigos, así como para la transmisión de datos en tiempo real [13].

- La comunicación WiFi donde utilizando módulos específicos como el ESP8266 o el ESP32, Arduino puede conectarse a una red WiFi y enviar datos a un servidor en la nube mediante protocolos como MQTT y HTTP [2][14].
- La comunicación Bluetooth para comunicaciones a corta distancia, Arduino puede emplear módulos Bluetooth como el HC-05 o el HM-10 que permiten la transmisión y recepción de datos [2].

### 6.1. Programación de IA

Programar IA en Arduino implica utilizar algoritmos, herramientas y modelos diseñados específicamente para operar en microcontroladores con recursos limitados. Las tareas que pueden hacerse son muchas como reconocimiento de voz, visión por computadora, control de robots y mucho más. Una de las mejores herramientas para el programa IA en Arduino es utilizar Tensor Flow Lite para microcontroladores que se diseñó para ejecutar modelos de aprendizaje automático en microcontroladores y otros dispositivos usando solo algunos kilobytes de memoria [15][16].

Por ejemplo, TensorFlow Lite para microcontroladores ha sido utilizado para crear proyectos que van desde la detección de palabras clave hasta el reconocimiento de gestos y la clasificación de imágenes. Estas aplicaciones demuestran cómo la IA puede integrarse en dispositivos pequeños y de bajo costo, abriendo nuevas posibilidades en campos como la robótica educativa, la domótica y el Internet de las Cosas (IoT) [17].

### Conclusión y trabajos futuros

Con los conocimientos adquiridos en esta investigación podemos afirmar que la combinación de Arduino con herramientas de IA nos abre la puerta a la creación de prototipos económicos que pueden ser escalados en el futuro a sistemas más avanzados. Esto facilita la experimentación y el desarrollo de nuevas aplicaciones, contribuyendo al avance del campo de la inteligencia artificial en microcontroladores.

Un punto que no se abordó en esta investigación fue la implementación de conocimientos más específicos para el desarrollo de un robot u otra aplicación práctica implementando estas tecnologías. Sin embargo, se prevé que en futuras líneas de esta investigación se contemple el desarrollo directo de algún dispositivo que permita la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos. En este contexto, se planearon futuras exploraciones con el equipo de investigación, incluyendo la creación de robots y/u otras aplicaciones o dispositivos que utilicen IA para mejorar la interacción y respuesta ante diversos estímulos. De esta manera, se busca ampliar el horizonte de lo que es posible con tecnologías accesibles como Arduino, sentando las bases necesarias para desarrollos futuros.

## Bibliografía

- [1] Stuart, R. (2002). Inteligencia Artificial un enfoque moderno
- [2] Torrente Artero, Ó. (2013). Arduino curso práctico de formación.
- [3] Aliverti, P. (2017). Electrónica para makers.
- [4] Marquez, J. (2023). Arduino Uno R4. Xataka. <https://www.xataka.com/makers/arduino-uno-r4-nueva-version-placa-llega-cpu-32-bits-usb-c-supera-casi-todo-a-anterior>
- [5] Stuart, R. (2002). Inteligencia Artificial un enfoque moderno
- [6] Natalia Rodríguez. (2023). "La historia de la inteligencia artificial: desde sus orígenes hasta el presente"
- [7] Universidad Europea. (2023). "Tipos de agentes inteligentes y sus principales características". <https://universidadeuropea.com/blog/agentes-inteligentes/>
- [8] López, R. (2018). "Hacia la inteligencia artificial". Universidad de Valencia
- [9] Jeux Nieto Alejandro, (2021). "Algoritmos de aprendizaje automático. Un estudio de Difusión y Utilización". Universidad de Madrid.
- [10] Sandoval Lilian, (2018). "Algoritmos de aprendizaje automático para análisis y predicción de datos". Escuela de ingeniería en computación.
- [11] IBM, (2023). "What is unsupervised learning?". <https://www.ibm.com/topics/unsupervised-learning>
- [12] Holdsworth Jim-Scapicchio Mark, (2024). "Qué es el deep learning".IBM <https://www.ibm.com/es-es/topics/deep-learning>
- [13] Castaño Giraldo, S P. (2024). "Comunicación Serial con Arduino". [https://controlautomaticoeducacion.com/arduino/comunicacion-serial-con-arduino/#google\\_vignette](https://controlautomaticoeducacion.com/arduino/comunicacion-serial-con-arduino/#google_vignette)
- [14] Llamas, L. (2021). "Enviar y recibir mensajes por MQTT". <https://www.luisllamas.es/Enviar-y-recibir-mensajes-por-mqtt-con-arduino-y-la-libreria-pubsubclient/>
- [15] ICCSI. "Programar IA en Arduino: Herramientas y beneficios". <https://iccsi.com.ar/programar-inteligencia-artificial-en-arduino/>
- [16] Mistry, S and Pajak, D. (2024). "Get Started With Machine Learning on Arduino". <https://docs.arduino.cc/tutorials/nano-33-ble-sense/get-started-with-machine-learning/>
- [17] TensorFlow. (2021). "TensorFlow Lite para microcontroladores". <https://www.tensorflow.org/lite/microcontrollers?hl=es-419>