

# **ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING Y SU APLICACIÓN AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO**

**Manuel Guerrero\*, Amalia Luque, Juan R. Lama**

*Grupo TEP 022, Diseño Industrial e Ingeniería del Proyecto y la Innovación,  
Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [manguecan@alum.us.es](mailto:manguecan@alum.us.es)

## **Resumen**

Las aplicaciones de Machine Learning, o aprendizaje automático, son soluciones que, tras su implementación, continúan mejorando con el tiempo y con una mínima intervención humana, lo que las hace muy adecuadas para ayudar en las labores de mantenimiento de cualquier industria.

Se han analizado 10 algoritmos, de los más utilizados, para comprender los conceptos básicos del aprendizaje automático, los problemas que solucionan y seleccionar el mejor algoritmo para la aplicación al mantenimiento predictivo en una industria agroalimentaria española: Solán de Cabras.

## **1. Introducción**

El término de Industria 4.0 aglutina las tecnologías que ayudan a la organización a mejorar la cadena de valor (Saghezchi *et al.*, 2018). A pesar del enorme potencial, según Saucedo-Martínez *et al.* (2018) aún hay desafíos importantes que superar hasta que este nuevo paradigma llegue a instalarse en los centros productivos.

Una de las áreas en la que puede ayudar la digitalización es el mantenimiento. Como mencionan Zhu, Xiong y Liang (2018), las estrategias de mantenimiento cambian cada vez más de las tradicionales estrategias de inspección operativa y periódica a estrategias de mantenimiento predictivo.

Esto es posible gracias a la creciente disponibilidad de datos generados y registrados en las fábricas. Estos datos están cambiando la forma en que se toman las decisiones (Dutta *et al.*, 2018) y en la gestión de mantenimiento (Candanedo *et al.*, 2018).

En particular, Wang (2016) señala que la introducción de los enfoques de Machine Learning, o aprendizaje automático, en la gestión del mantenimiento ha hecho realidad el mantenimiento predictivo.

## 2. Materiales y métodos

Se ha realizado un estudio bibliográfico sobre los algoritmos de aprendizaje automático. Este estudio se ha llevado a cabo mediante un método SLNA. Esta herramienta combina una revisión sistemática de publicaciones científicas y el análisis de fuentes bibliográficas (Strozzi *et al.*, 2017). Como resultado del análisis se han seleccionado y estudiado en detalle 10 algoritmos de Machine Learning.

Atendiendo a las características del caso de estudio, se seleccionarán los mejores algoritmos para la aplicación al mantenimiento predictivo en una industria agroalimentaria española: Solán de Cabras.

## 3. Resultados y discusión

Para el estudio de estos algoritmos se han utilizado fuentes internacionales como Scopus, Web of Science y ScienceDirect. A modo de resumen se ha elaborado la siguiente tabla, donde se muestra el fundamento del algoritmo estudiado, así como ventajas y desventajas.

**Tabla 1.** Análisis de los algoritmos de aprendizaje automático.

Algoritmo	Fundamento	Ventajas	Desventajas
Clasificador Naïve Bayes	Clasificador probabilístico.	Objetos con muchas características.	Necesita una gran muestra.
Agrupamiento K-media	Método no determinista.	Rápido. Gran cantidad de variables.	No determinista. Iterativo
Vectores de soporte	Para problemas de clasificación o regresión.	Mejor rendimiento. Más eficiencia.	En conjuntos de datos muy complejos no se encuentra solución.
Algoritmo Apriori	Genera reglas de asociación.	Fácil implementar. No supervisado.	Necesita una gran muestra.
Vecinos más cercanos	Basado en encontrar el camino óptimo entre nodos.	Genera solución rápidamente. Fácil de implementar y ejecutar.	No siempre es la solución óptima, incluso, pueden existir muchas soluciones.
Regresión lineal	Muestra la relación entre dos variables.	Fácil de interpretar. Necesita poco aprendizaje.	Pocas características. Problemas no muy complejos.
Regresión logística	Resolución de tareas de clasificación.	Fácil inspeccionar y menos complejo. Algoritmo robusto ante variables con relación no lineal.	Una variable debe ser función de otra. Requiere muchos datos para su entrenamiento.
Árboles de decisión	Metodología de ramificación para expresar los resultados posibles.	Ayuda a tomar decisiones óptimas. Son robustos a los errores. Son muy instintivos.	Mayor número de decisiones, menor precisión. Malos resultados para variables continuas.

Algoritmo	Fundamento	Ventajas	Desventajas
Bosque aleatorios	Utiliza un conjunto de árboles para realizar la predicción.	Más rápidos que un árbol complejo. Mayor precisión de clasificación.	Un gran número de árboles ralentiza el algoritmo. No predice más allá de los datos de entrenamiento.
Redes neuronales artificiales	Simplificación del funcionamiento del cerebro humano.	Auto-organización. Tolerancia a destrucción parcial.	Requisitos de computación. Falta de reglas para construir una red.

**Fuente:** elaboración propia.

Zhu *et al.* (2018) señalan que un algoritmo para la aplicación específica propuesta debe cumplir: el problema se debe poder modelar, obtención de resultados en tiempo real, las variables utilizadas han de ser continuas, etc. Por lo tanto, se propone comparar el comportamiento los algoritmos que cumplen con los condicionantes, como el de asociación, regresión lineal y clasificador Naïve Baye. Se descartan otros algoritmos como los árboles o vecinos cercanos por no cumplir algún criterio (Jahnke, 2015).

Para trabajos futuros, se propone desarrollar la comparación de los algoritmos mencionados. Así, los siguientes pasos serán la implementación de varios algoritmos en función de la disponibilidad que se tenga (computacional, volumen de datos, disponibilidad de personal, etc.) en el centro de producción, para evaluar el rendimiento de los mismos con varios datasets extraídos de campo.

#### 4. Conclusiones

El concepto de mantenimiento predictivo se propuso hace unas décadas. Desde entonces, ha tomado mucha importancia en la industria por diversas gracias al desarrollo de métodos de aprendizaje. Zhou (2012) indica como estos algoritmos han ayudado a las industrias a adoptar este tipo estrategias de mantenimiento, proporcionando una detección más precisa del inicio de fallos y mal funcionamientos de máquinas o líneas de producción.

Debido a la variedad de tipos de algoritmos de aprendizaje es conveniente realizar un estudio previo para elegir el método de Machine Learning óptimo para la aplicación.

En este trabajo se ha realizado un estudio de diferentes algoritmos de Machine Learning para identificar los más apropiados para su implementación en una industria agroalimentaria española como es Solán de Cabras, perteneciente al Grupo Mahou-San Miguel.

## Referencias bibliográficas

- Candanedo, I. S., Nieves, E. H., González, S. R., Martín, M. T. S., y Briones, A. G.** (2018). Machine learning predictive model for industry 4.0. *In International Conference on Knowledge Management in Organizations* (501-510). Springer, Cham.
- Dutta, R., Mueller, H., y Liang, D.** (2018). An interactive architecture for industrial scale prediction: Industry 4.0 adaptation of machine learning. *In 2018 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon) (1-5)*. IEEE.
- Jahnke, P.** (2015). Machine learning approaches for failure type detection and predictive maintenance. *Technische Universität Darmstadt*, 19. [https://www.ke.tu-darmstadt.de/lehre/arbeiten/master/2015/Jahnke\\_Patrick.pdf](https://www.ke.tu-darmstadt.de/lehre/arbeiten/master/2015/Jahnke_Patrick.pdf)
- Rubio, E. M., Dionísio, R. P., y Torres, P.** (2018). Predictive maintenance of induction motors in the context of industry 4.0. *International Journal*, (4), 238. [https://www.researchgate.net/publication/331332259\\_Predictive\\_maintenance\\_of\\_induction\\_motors\\_in\\_the\\_context\\_of\\_industry\\_40](https://www.researchgate.net/publication/331332259_Predictive_maintenance_of_induction_motors_in_the_context_of_industry_40)
- Saghezchi, F. B., Mantas, G., Ribeiro, J., Esfahani, A., Alizadeh, H., Bastos, J., y Rodriguez, J.** (2018). Machine learning to automate network segregation for enhanced security in industry 4.0. *In International Conference on Broadband Communications, Networks and Systems* (pp. 149-158). Springer, Cham.
- Saucedo-Martínez, J. A., Pérez-Lara, M., Marmolejo-Saucedo, J. A., Salais-Fierro, T. E., y Vasant, P.** (2018). Industry 4.0 framework for management and operations: a review. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 9(3), 789-801. [https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-doi-10\\_1007-S12652-017-0533-1](https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-doi-10_1007-S12652-017-0533-1)
- Strozzi, F., Colicchia, C., Creazza, A., y Noè, C.** (2017). Literature review on the 'Smart Factory' concept using bibliometric tools. *International Journal of Production Research*, 55(22), 6572-6591. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1326643>
- Wang, K.** (2016). Intelligent predictive maintenance (IPdM) system—Industry 4.0 scenario. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, 113, 259-268. [https://www.semanticscholar.org/paper/Intelligent-Predictive-Maintenance-\(IPdM\)-System-Wang/f84a9c62aa15748024c7094179545fa534b70eeb](https://www.semanticscholar.org/paper/Intelligent-Predictive-Maintenance-(IPdM)-System-Wang/f84a9c62aa15748024c7094179545fa534b70eeb)

- Xu, L. D., y Duan, L.** (2019). Big data for cyber physical systems in industry 4.0: A survey. *Enterprise Information Systems*, 13(2), 148-169. <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1442934>
- Zhou, Z. H.** (2012). *Ensemble methods: foundations and algorithms*. Chapman and Hall/CRC.
- Zhu, X., Xiong, J., y Liang, Q.** (2018). Fault diagnosis of rotation machinery based on support vector machine optimized by quantum genetic algorithm. *IEEE Access*, 6, 33583-33588. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2789933>