

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOGÍSTICA

SSI SCHAEFER
E-BOOK

DEC
2018

Términos, aplicaciones y perspectivas

ssi-schaefer.com



AI

SSI SCHAEFER

ÍNDICE

1_	Introducción
2_	Conceptos básicos relativos a la inteligencia artificial
2.1	Inteligencia artificial (Artificial Intelligence)
2.2	Aprendizaje automático (Machine Learning)
2.2.1	Aprendizaje supervisado (Supervised Learning)
2.2.2	Aprendizaje no supervisado (Unsupervised Learning)
2.2.3	Aprendizaje semisupervisado (Semi-supervised Learning)
2.2.4	Aprendizaje de refuerzo (Reinforcement Learning)
2.3	Aprendizaje profundo (Deep Learning)
2.3.1	Redes neuronales (Neuronal Networks)
2.4	Computación cognitiva (Cognitive Computing)
3_	Inteligencia artificial en logística
3.1	Simulación
3.2	Optimización
3.2.1	“H” en Hitachi: la inteligencia artificial emite instrucciones para los empleados del almacén
3.2.2	Zalando: optimización de rutas con aprendizaje profundo
3.2.3	Inteligencia artificial y robots autónomos
3.3	Analítica predictiva
3.3.1	Otto: reducción de 2 millones de devoluciones por IA
3.3.2	Zalando: una tienda personal para cada cliente
3.3.3	Inteligencia artificial en el aire
3.4	Del mantenimiento predictivo al mantenimiento prescriptivo
4_	Conclusión: cómo la IA cambia la cadena de valor
5_	El Enfoque adoptado por SSI SCHAEFER
	Fuentes

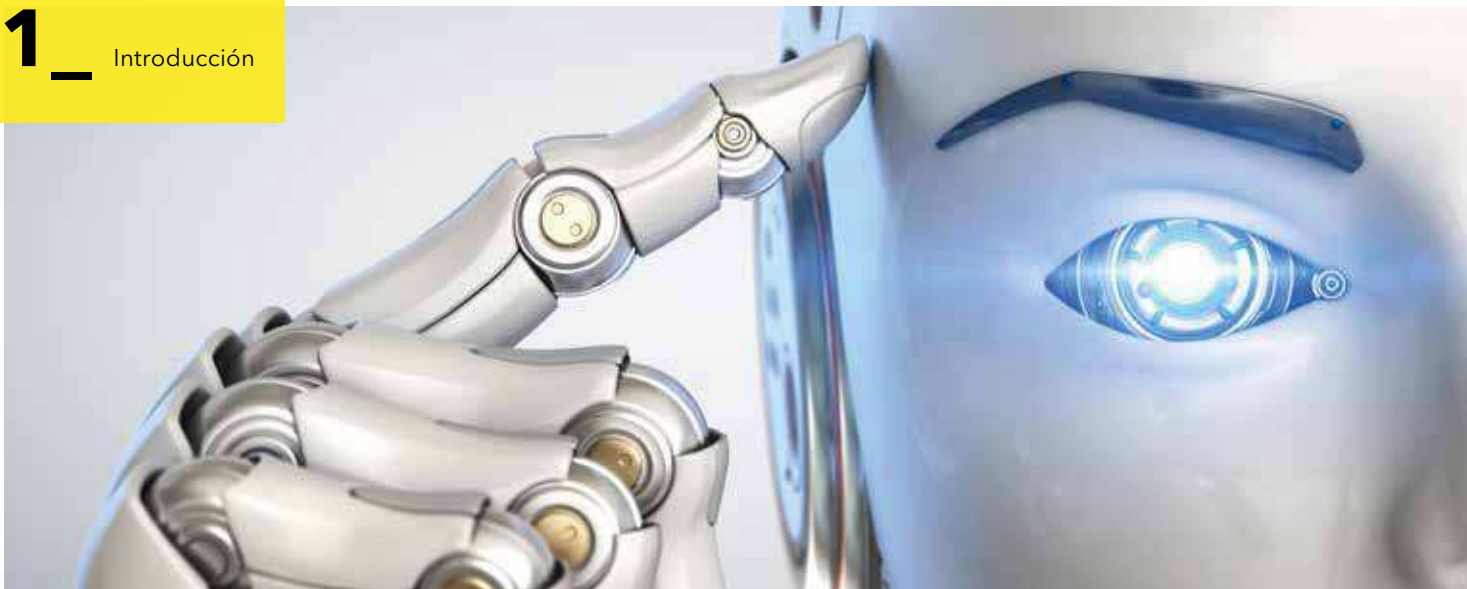


La inteligencia artificial (IA) fue el concepto más comentado de 2017: una supercomputadora venció al campeón del mundo de Go, asistentes inteligentes como Siri o Alexa que dan (a menudo) respuestas sensatas a preguntas hechas oralmente y muchas otras aplicaciones: todas estas son pruebas del formidable potencial de la IA.

El tema de la IA se convierte en el asunto de primera plana en muchas revistas de interés general y de negocios. A menudo parece que la tecnología ya es lo suficientemente madura como para no sólo reemplazar a las personas en muchas áreas especializadas, sino también para superarlas en términos de rendimiento técnico. Sin embargo, la inteligencia artificial, como muchos expertos admiten, aún se encuentra en las primeras etapas de desarrollo en lo que respecta a las aplicaciones en logística operativa. Mientras hace algunos años, la IA era comparable a un niño (pequeño) que podía hacer distinciones simples ("mamá", "papá"), ahora se ha convertido en un adolescente al que se le pueden confiar tareas más complejas siguiendo las instrucciones apropiadas.

Además, muchos términos especializados como la IA, el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo o las redes neuronales se usan a menudo como sinónimos y sin ninguna diferenciación clara, lo que provoca cierta confusión sobre los conceptos entre los que no son especialistas.

Además de proporcionar una definición clara de conceptos y métodos en el tema de la inteligencia artificial, este informe tiene como objetivo investigar qué áreas de de aplicación están ya preparadas para la IA y qué perspectivas de uso tienen las tecnologías de IA en la logística.



¿SON LAS MÁQUINAS CAPACES DE PENSAR?

Una pregunta simple que es difícil de responder. Incluso los términos tales como "pensamiento" o "inteligencia" están definidos de diferentes maneras por diferentes investigadores. Este es sólo uno de los problemas que surgen cuando se analiza más de cerca la inteligencia artificial.

Hasta la fecha los sistemas de IA han sido capaces de procesar un volumen de datos y, por tanto, de información mucho mayor que los humanos, pero tienen la desventaja de que sólo pueden elegir entre opciones de decisión conocidas. La característica única del pensamiento innovador y creativo sigue perteneciendo en exclusiva a los humanos.

Una cosa está clara: gracias al progreso actual en el desarrollo de algoritmos, junto con una mayor capacidad de procesamiento y cantidad de datos disponibles, ahora se pueden desarrollar sistemas basados en IA que realicen tareas antes consideradas de dominio exclusivo de los humanos. Aún más, estas tareas a menudo se realizan con mayor grado de precisión y con una fiabilidad constante y sin interrupciones, las veinticuatro horas del día.

Los sistemas de autoaprendizaje asumen tareas de servicio al cliente, gestionan procesos logísticos, analizan datos médicos, escriben mensajes y componen música. El aprendizaje profundo (Deep Learning), una variante del aprendizaje automático (Machine Learning), utiliza redes neuronales de múltiples capas (de ahí la descripción "profunda") para extender el potencial de la IA a tareas más complejas que sólo pueden informatizarse a través de múltiples pasos.

Hoy en día, las máquinas son capaces de identificar con precisión los objetos y las caras de una manera multifacética, para vencer a las personas en juegos desafiantes como el ajedrez y el Go, para leer los labios e incluso para generar un habla natural. Muchas empresas, incluida SSI SCHAEFER ven ahora la inteligencia artificial como un componente central de su estrategia y un factor crítico para el futuro de su actividad principal.

Por un lado, la inteligencia artificial podría contribuir con grandes incrementos de productividad y una mejor calidad de vida. Aunque por otro lado, al igual que sucede con la introducción de todas las nuevas tecnologías, podría conllevar un cambio radical en el mundo del trabajo, comparable a la introducción en su momento de la cinta transportadora, por no mencionar los problemas éticos y sociales que debemos considerar si las máquinas adquieren una capacidad intelectual cada vez mayor. ■



Lo que una vez fue ciencia ficción ahora es realidad. El "aprendizaje automático" utiliza el conocimiento que está implícitamente presente en las bases de datos y los almacenes de datos para poder hacer recomendaciones de decisión explícitas después de una fase de formación.



CONCEPTOS BÁSICOS RELACIONADOS CON LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)

La IA es una rama de la tecnología de la información que se ocupa de la automatización del comportamiento inteligente. La IA es el intento de programar un ordenador para que sea capaz de procesar problemas de manera independiente, similar a cómo lo haría un humano con la formación adecuada. La resolución de problemas significa tomar decisiones que constituyen una respuesta adecuada al problema subyacente dentro del tiempo especificado, a partir de los datos procedentes de diversas fuentes (bases de datos, sensores, cámaras de vídeo, etc.).

Los desarrolladores codifican los programas de software convencionales basándose en instrucciones específicas sobre las tareas que deben realizar los mismos. Mientras esto funciona bien en muchas situaciones que pueden definirse con mucha precisión, las limitaciones se encuentran a partir de un cierto grado de complejidad. Cuando el desarrollador humano escribe el código no puede tener en cuenta todos los futuros casos posibles. Si el entorno cambia, los programas ya no podrán alcanzar los objetivos deseados o el rendimiento requerido, ya que las condiciones de partida han cambiado significativamente.

Con el desarrollo basado en aprendizaje automático se le ha dado un giro a este problema: funciona con algoritmos autoadaptativos que pueden aprender de los datos sin depender de la programación basada en reglas. El sistema puede detectar patrones, hacer asociaciones y obtener información de los datos. Por tanto, se trata de crear lo que generalmente son conexiones significativas entre la entrada y la salida utilizando la IA.

Los requisitos para que se pueda dar este tipo de proceso de aprendizaje son disponer de una alta capacidad de procesamiento y de una cantidad de datos suficientemente grande. Ambos sólo se han dado estos últimos años gracias a la aplicación del big data, por lo que no sorprende que también el aprendizaje automático haya progresado tanto recientemente. ▶

Hasta hace unos diez años, el objetivo de la investigación de la IA era reproducir la inteligencia humana en las máquinas. Esto sacó a la luz una serie de problemas, no menos importantes de lo que realmente entendemos por el término "inteligencia". Las cinco capacidades siguientes se incluyeron como mínimo bajo este término:

- **Percepción**
- **Extracción de conclusiones**
- **Aprendizaje**
- **Resolución de problemas**
- **Inteligencia lingüística**

Claro está que la inteligencia humana es mucho más diferenciada, pero el enfoque basado en las cinco capacidades cognitivas resultó un gran avance en la investigación de IA. En vez de intentar programar la "inteligencia general" tal y como se encuentra en los seres humanos, el enfoque cambió a tareas definidas con precisión.

La IA ya no está en la etapa de investigación inicial sino que se ha convertido en parte de nuestra vida cotidiana. Bien porque se trate de algoritmos de reconocimiento de voz como los utilizados por Siri de Apple y Alexa de Amazon, o por la interpretación de los hallazgos en el sector médico, el reconocimiento facial en imágenes de CCTV o en investigación farmacológica, trabajar sin el soporte de la IA es ahora impensable en muchos sectores. ■

2.2 APRENDIZAJE AUTOMÁTICO (MACHINE LEARNING)

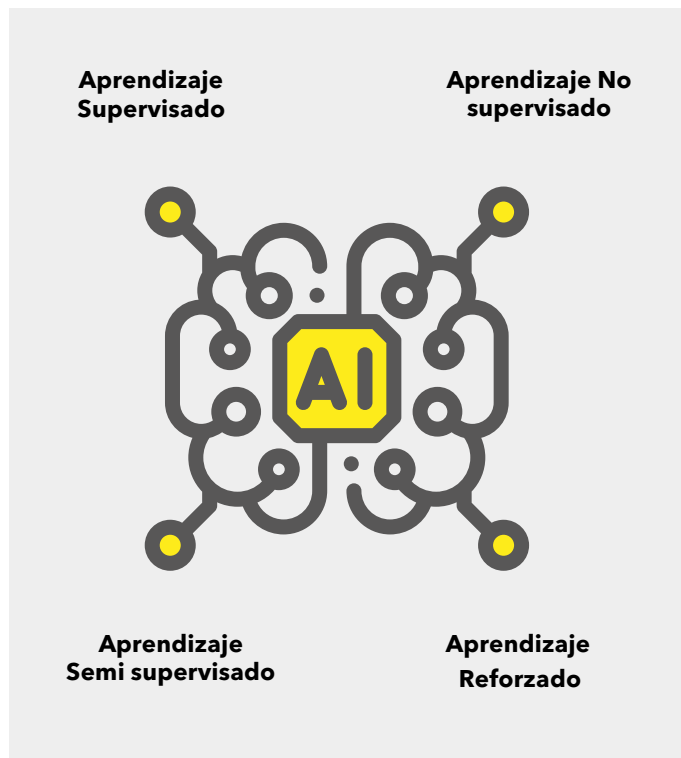
El aprendizaje automático es un término colectivo que aglutina varios procesos usados para determinar una interrelación funcional desconocida entre los datos de entrada y los de salida. Además de las aplicaciones tradicionales que siguen siendo importantes, como la formación de clústeres, el análisis por regresión, por factores y por series temporales, también integra métodos más complejos como son las redes neuronales, los enfoques evolutivos y las máquinas de vectores soporte.

En su forma básica, un algoritmo de aprendizaje automático se alimenta de información que debe analizar y reconocer para obtener un resultado específico. Un ejemplo es la clasificación de correo no deseado, como la utilizan la mayoría de los grandes proveedores de correo electrónico: el programa presenta miles de mensajes de correo electrónico que se clasifican ya sea como "spam" o como "no spam". De esta manera, el algoritmo "aprende" a identificar el correo no deseado mediante la identificación de ciertos elementos que los distingue de los correos electrónicos legítimos.

Así pues, los algoritmos intentan detectar patrones en las bases de datos existentes, con el fin de clasificar los datos o de realizar predicciones. Algunos ejemplos son recomendaciones de música o de compra en el caso de plataformas online, la optimización de campañas de marketing o la personalización del servicio al cliente.

En este punto es de vital importancia el rastreo de los patrones correctos, ya que dichos patrones casi siempre se pueden encontrar en bases de datos y en vínculos existentes con otros eventos. Sin embargo, si estos serán significativos a la hora de resolver un problema específico o no ya es otra cuestión. ■

Se suelen distinguir cuatro estrategias de aprendizaje principales que utilizan los algoritmos:



2.2.1 APRENDIZAJE SUPERVISADO

El aprendizaje supervisado es el tipo más común de aprendizaje automático, el algoritmo se presenta con una entrada (por ejemplo, imágenes), junto con la salida deseada (etiqueta).

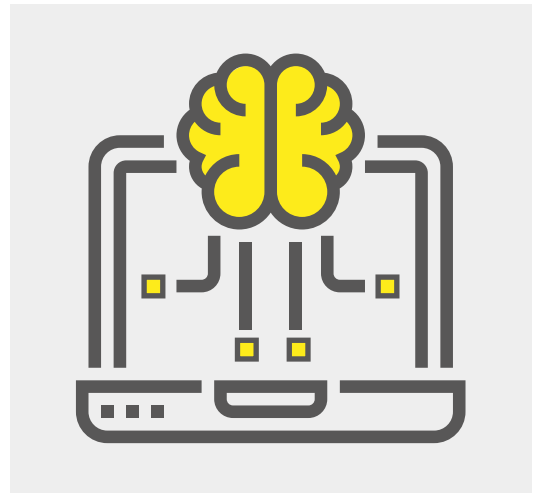
Ejemplo: si un ordenador debe distinguir entre imágenes de perros y gatos, se le presentan cientos de imágenes de perros y gatos desde una gran variedad de ángulos, cada uno con la etiqueta apropiada "GATO" o "PERRO". De esta manera, el algoritmo debe ser capaz de desarrollar una regla que pueda usar para hacer una clara distinción entre perros y gatos en el futuro. El algoritmo de aprendizaje también debe poder abstraerse o generalizarse a partir de los datos de entrenamiento. El "sobreajuste" puede ocurrir si el conocimiento digital existente se va oscureciendo por la entrada de demasiados datos. Esta estrategia ya se ha utilizado durante muchos años en aplicaciones donde se utiliza una cámara, en lugar de un escáner láser convencional, para detectar y evaluar códigos de barras o códigos de matriz de datos. ■

2.2.2 APRENDIZAJE NO SUPERVISADO

El aprendizaje no supervisado trata de detectar patrones apropiados simplemente mirando los datos de entrada y, por lo tanto, reduce la enorme cantidad de datos en el mundo real en términos de dimensiones y complejidad, sin pérdidas notables. Está claro que esta es una tarea más compleja sin un objetivo específico. ■

2.2.3 APRENDIZAJE SEMISUPERVISADO

El aprendizaje semisupervisado es una mezcla de los dos procesos descritos anteriormente. Esto significa que, además de la tarea de reconocer datos etiquetados, la tarea de reducir las dimensiones para un reconocimiento más rápido, más eficiente y potencialmente más robusto se lleva a cabo simultáneamente. ■



2.2.4 APRENDIZAJE REFORZADO

Con el aprendizaje reforzado, un algoritmo aprende de forma independiente la mejor estrategia para alcanzar un objetivo en el futuro. El algoritmo no se presenta con el resultado, pero se le da una indicación (refuerzo) de hasta qué punto el algoritmo se está acercando a su objetivo o se está alejando de él. Los algoritmos de aprendizaje de reforzado basados en redes neuronales profundas ("aprendizaje reforzado profundo") han demostrado ser particularmente exitosos aquí.

La red neuronal detecta patrones en los datos y, a partir de ellos, desarrolla un modelo de la parte del mundo que se describe en los datos. Los datos de entrenamiento no son presentados al algoritmo, y en su lugar, se obtienen estos datos a través de la interacción y la retroalimentación del entorno. Este método es especialmente adecuado para problemas de clasificación, predicción y producción. ►

El aprendizaje reforzado se utiliza en los casos en que el camino hacia el objetivo también juega un papel y no se dispone de información precisa sobre el resultado, sino que el resultado se evalúa en relación a la base anterior de conocimientos.

El aprendizaje automático puede ayudar a resolver problemas de clasificación, predicción y generación

Clasificación	Clasifica/etiqueta objetos visuales	Identifica objetos, caras en imágenes y vídeo
	Clasifica/etiqueta escritura y texto	Identifica letras, símbolos, palabras en muestra de escritura
	Clasifica/etiqueta audio	Clasifica y etiqueta canciones a partir de muestras de audio
	Clúster, agrupaciones de otros datos	Segmenta objetos (por ejemplo, clientes, características de productos) en categorías, clústeres
	Descubre asociaciones	Identidad de las personas que ven ciertos programas de televisión y también leen ciertos libros
Predicción	Predice probabilidad de resultados	Predice la probabilidad de que un cliente elija otro proveedor
	Pronóstico	Entrenado en datos históricos, previsión de demanda de un producto
	Estima función de valor	Entrenado en miles de juegos, predice/estima recompensas de acciones de situaciones futuras de juegos dinámicos
Generación	Genera objetos visuales	Formado en un conjunto de pinturas de artistas, genera una nueva pintura del mismo estilo
	Genera escritura y texto	Entrenado en texto histórico, completa las partes faltantes de una única página
	Genera audio	Genera una nueva grabación potencial en el mismo estilo / género
	Genera otros datos	Con conocimiento sobre los datos meteorológicos de ciertos países, completa los puntos de datos faltantes para países con baja calidad de datos

Por ejemplo, los problemas de clasificación requieren la identificación de objetos (fotos, vídeos, textos, sonidos) y su conexión entre sí o con otras fuentes de datos. Un ejemplo de una aplicación es el agrupamiento de clientes en varias categorías. La creación de interrelaciones entre objetos / datos también es un requisito previo para los pronósticos y para la producción de textos e imágenes, como la generación de un fotograma faltante en un vídeo. ■

2.3 APRENDIZAJE PROFUNDO EN REDES NEURONALES

Durante mucho tiempo, las tareas con las que ni siquiera un niño tendría problemas, como detectar el contenido de una imagen o el reconocimiento de voz, fueron un obstáculo para las máquinas.

Esto ha cambiado en los últimos años gracias al aprendizaje profundo, un enfoque basado en la tecnología de redes neuronales. En este contexto, el término "profundo" se refiere al número de capas ocultas en la red: las redes neuronales que se basan en el aprendizaje residual profundo, actualmente es el método más complejo utilizado para el reconocimiento de objetos, pueden contener mil o más capas de este tipo. ■

2.3.1 REDES NEURONALES Y APRENDIZAJE PROFUNDO: PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Las redes neuronales se basan en el modelo del cerebro humano y apuntan a resolver problemas de manera similar a los humanos. Las neuronas son redes de elementos de procesamiento estrechamente conectados, que se conocen como "nodos". Éstos reciben información del entorno o de otras neuronas, la procesan y la transmiten a otros nodos o al entorno.

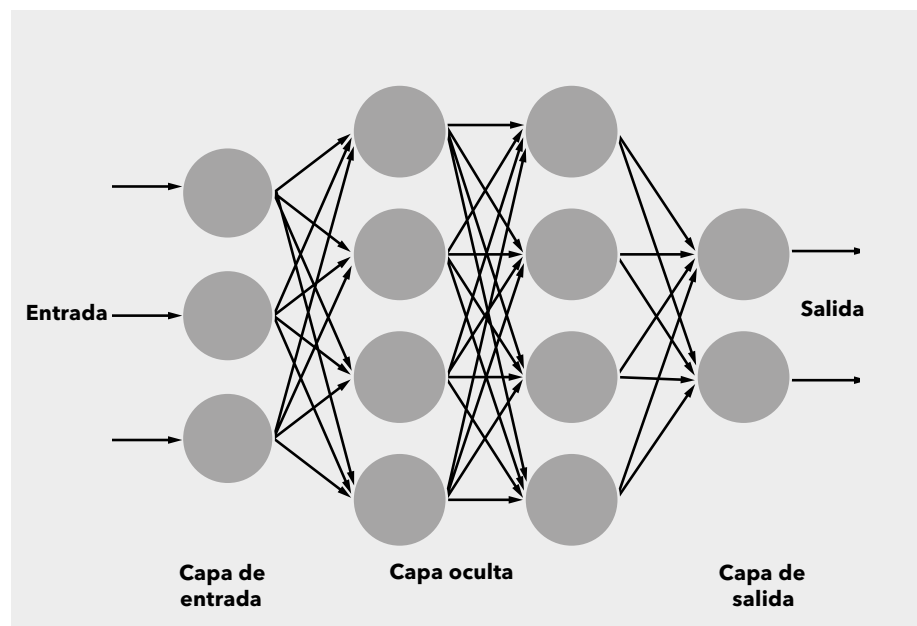
Sólo las capas externas, es decir, la capa de entrada y la capa de salida, son accesibles para el observador. Lo que sucede dentro de la red es invisible y, a menudo, es difícil hacer verificaciones de plausibilidad con fines de validación y verificación.

Las neuronas artificiales están modeladas y dispuestas en múltiples capas detrás o encima de la otra. Cada nivel de la red contribuye a lograr la salida correcta (con suerte). Esta extracción de características tiene lugar independientemente dentro de los niveles individuales. A su vez, la salida de las capas individuales sirve como entrada para el siguiente nivel. A través de grandes volúmenes de datos de entrenamiento de alta calidad, la red aprende a completar tareas específicas.

Las redes neuronales constan de tres capas fundamentales:

- La capa de entrada
- (Potencialmente) una o más capas ocultas y
- La capa de salida

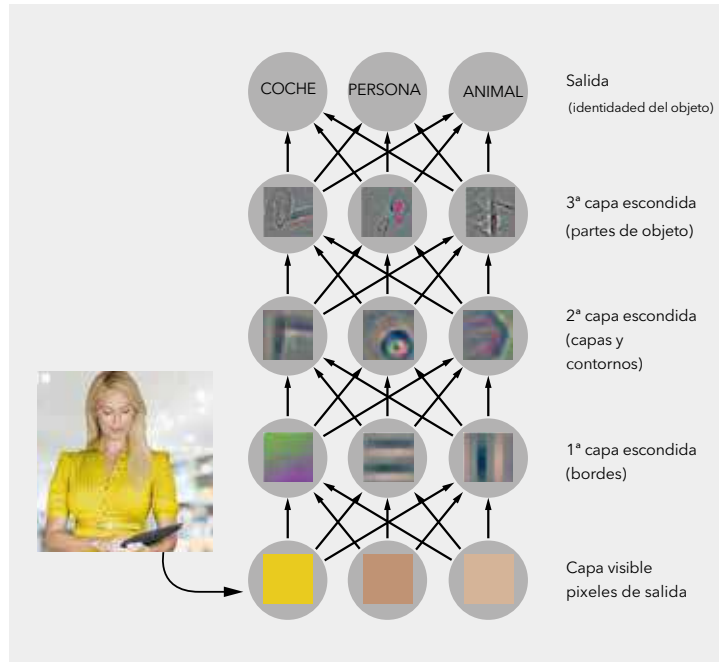
Ejemplo: es relativamente difícil para un ordenador reconocer el significado de una foto a primera vista de la misma forma que los humanos hacen. Discernir una forma significativa de un grupo de píxeles es una tarea altamente compleja, que es casi imposible de hacer directamente.



En el aprendizaje profundo, la red neuronal divide la imagen en muchas imágenes parciales, cada una de ellas procesada por una capa, por ejemplo, bordes, esquinas, contornos, etc. Entonces, por ejemplo, la primera capa oculta puede detectar bordes al comparar el brillo de píxeles adyacentes y pasa esta información a la segunda capa oculta, que luego busca esquinas o contornos (después de todo, estos no son más que un grupo de bordes). Basándose en esta información, la tercera capa oculta busca grupos de esquinas y bordes que son típicos de un objeto específico, etc., hasta que finalmente se identifica un determinado objeto. ▶

A cada conexión entre los nodos se le asigna una ponderación, y esto se modifica en el curso del proceso de aprendizaje. Una ponderación positiva significa que una neurona está ejerciendo una influencia excitadora en otra neurona, mientras que una ponderación negativa significa que la influencia es de naturaleza inhibitoria. Cuando la ponderación es cero, una neurona no ejerce ninguna influencia sobre otra neurona. Al igual que en la vida cotidiana, donde es posible que no notemos una picadura de mosquito o una picadura de garrapata, las redes neuronales también requieren una "función de activación" que elimina los valores más pequeños y se concentra en las interrelaciones que son realmente significativas.

En el ejemplo anterior, el "valor de píxel" a la derecha de la imagen (valor de entrada) corresponde al valor de categoría "persona" (valor de salida). Si el valor de salida generado por la red neuronal no corresponde al valor de la categoría, una señal con un mensaje de error se envía de nuevo a la red. En consecuencia, los valores de ponderación se cambian y se realiza un nuevo intento. Con el tiempo, estos pequeños cambios en las ponderaciones se acumulan para que la red aprenda a traducir un valor de píxel presentado a la categoría correcta. ■



2.4 COMPUTACIÓN COGNITIVA

Algunos autores citan otra variante de la IA: la computación cognitiva.

Esto se entiende como sistemas que asumen tareas específicas o toman decisiones específicas como asistentes o en lugar de personas, por ejemplo en la gestión de reclamos para una compañía de seguros o en diagnósticos en un hospital. Estos sistemas pueden manejar la ambigüedad y la vaguedad, y tienen un alto grado de autonomía dentro de su área de conocimiento. ■



INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOGÍSTICA

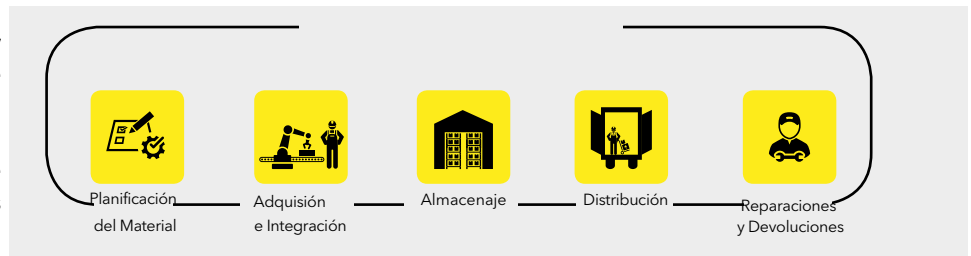
En un estudio realizado en 2016 por Crisp Research AG entre decisores de IT, se descubrió que el sector logístico es uno de los que mayor cantidad de empresas están ya haciendo uso activo de procesos con aprendizaje automático.

Estado actual de los sectores en la implementación del aprendizaje automático

Sector	En evaluación/ Planificación	Experiencias iniciales y prototipos	Se está utilizando en sectores concretos	Operativo y en producción en amplias secciones de la compañía
Automoción y proveedores de automoción	60 %	20 %	0 %	20 %
Maquinaria e ingeniería	52,9 %	17,7 %	29,4 %	0 %
Industria química	30 %	40 %	30 %	0 %
Industria metalúrgica	38,5 %	46,2 %	15,4 %	0 %
Productos de consumo y distribución	18,8 %	43,8 %	25 %	12,5 %
Logística y transporte	16,7 %	41,7 %	41,7 %	0 %
Banca y seguros	28,6 %	33,3 %	28,6 %	9,5 %
Servicios profesionales	38,5 %	23,1 %	30,8 %	7,7 %
Farmacéutico y salud	22,2 %	55,6 %	22,2 %	0 %
IT, telecomunicaciones y medios	11,8 %	47,1 %	26,5 %	14,7 %
Sector público y educación	27,8 %	44,4 %	27,8 %	0 %

Tal vez eso se deba, parcialmente, a los cambios de escenario (la introducción del e-commerce, la rápida digitalización y los nuevos modelos de negocios relacionados) se hayan vuelto perceptibles más temprano en el sector de logística que en otros sectores. El sector logístico tiene que gestionar un grado de competitividad cada vez más crítico y tuvo que hacer frente en innumerables nuevos desafíos a lo largo de los años. Estos desafíos son aun más grandes por las promesas cada vez más amplias hechas por los vendedores on-line y por consecuencia el aumento de las expectativas de

los consumidores finales, como la entrega en el mismo día y la disponibilidad constante de los productos, incluso en el mercado libre. Sumado a eso, hay una tendencia creciente para encargar pequeñas cantidades en mayor frecuencia.



Estos desarrollos requieren la reorganización de los modelos y estrategias comerciales existentes en las empresas de logística. Una respuesta a esto es la automatización a gran escala de todos los procesos logísticos y su integración y gestión mediante un sistema de IT estandarizado. Sin embargo, dicho sistema aún se basa en las entradas de los operadores humanos, incluso si los pasos de procesos individuales ya se ejecutan en gran medida de forma autónoma debido a la integración de sensores, etc.

Aquí es donde entra en juego el fenómeno conocido como la "maldición de la dimensionalidad": a medida que aumenta el tamaño y la complejidad de las operaciones logísticas, o con la necesidad de decisiones críticas en el tiempo, incluso los algoritmos de optimización matemática previamente establecidos fallan. El período de tiempo para tomar una decisión se acorta cada vez más, mientras que el tamaño del problema aumenta simultáneamente.

Mediante el uso de tecnologías de IA, los proveedores de logística no sólo pueden diferenciarse de la competencia, sino que también pueden aumentar sus retornos. El análisis inteligente de los volúmenes de datos que surgen en todas las etapas de la cadena de suministro hace posible detectar interrelaciones nunca vistas, desarrollar escenarios realistas para el futuro cercano y diseñar el flujo general de bienes para que sea mucho más ágil y menos susceptible a la interrupción.

Incluso hoy en día, las tecnologías de IA se están utilizando en una amplia gama de aplicaciones. Estas soluciones a menudo todavía son aisladas, pero la tendencia es claramente hacia la integración.

Manish Chandra y Anand Darvbhe, de Accenture Strategy, incluso creen que "el uso de la inteligencia artificial en la cadena de suministro dará como resultado un ecosistema en el que las diferentes cadenas de valor están vinculadas entre sí y permitirán el flujo ininterrumpido de productos e información de un extremo al otro".

En la siguiente sección, presentamos algunos de los campos dentro del sector logístico donde actualmente se está utilizando la inteligencia artificial. Los ejemplos no pretenden ser exhaustivos, pero están destinados principalmente a resaltar el potencial que ofrecen las tecnologías de IA. ■

3.1 SIMULACIÓN

Cuando se trata de planificar sistemas y procesos logísticos, las simulaciones han desempeñado un papel central durante muchos años.

Los modelos de simulación determinan los resultados al evaluar el comportamiento dinámico de un sistema para establecer parámetros. Debido a la interrelación entre las cantidades de salida y los parámetros de un sistema logístico que a menudo no es del todo evidente, la optimización manual es difícil o sólo puede ser posible para el caso de uso en cuestión, sin ningún reclamo de validez general.

El área de simulación ha recibido recientemente un impulso con el concepto de "gemelo digital". La representación fuera de línea casi idéntica de un sistema en particular, junto con la entrada de datos adecuadamente completa, permite que los algoritmos basados en IA continúen aprendiendo y vuelvan a aprender en caso de cambios en el entorno logístico.

La opción de entrenar a la IA utilizando modelos virtuales, dada la calidad adecuada del modelo, ahora vincula una tecnología existente, madura y reconocida, en el rol de habilitador, al potencial mejorado de la ciencia computacional. Dependiendo de la tarea, varios enfoques de resolución de problemas están disponibles aquí (es decir, FEM / CFD, orientado a eventos, dinámica del sistema, basado en agentes). ■

En el caso de los fabricantes de sistemas de intralogística, la IA también puede acceder a los datos de muchas tareas pasadas, cuyos parámetros son similares a los del problema actual. La base para el éxito del aprendizaje, una vez más, es el caso de que un volumen de datos representativo adecuadamente grande no tenga el riesgo de ser sobreajustado.

3.2 OPTIMIZACIÓN

Otra área en la que ya se está utilizando la IA es la optimización de los procesos logísticos para que puedan adaptarse de forma independiente y dinámica a los requisitos cambiantes del mercado.

Por ejemplo, esto podría incluir adaptar el procesamiento de pedidos de acuerdo con las fluctuaciones estacionales, pero también patrones de comportamiento ordenado que no serían evidentes para un analista humano a primera vista. La optimización "convencional" siempre comienza desde un objetivo fijo e invariable (función objetivo). Sin embargo, esta restricción debe reducirse en la logística moderna, según cuáles sean los cambios óptimos en función del negocio del cliente. ■

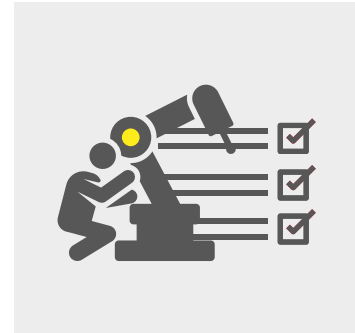
3.2.1 "H" EN HITACHI: LA IA TIENE INSTRUCCIONES PARA LOS EMPLEADOS DEL ALMACÉN

El grupo japonés de electrónica Hitachi desarrolló una tecnología de IA llamada "H" que fue adaptada para varios fines de aplicación. "H" es una versión basada en IA del Kaizen, la mejora continua de los procesos de trabajo.

El sistema de IA analiza cómo los empleados tratan los problemas. Aunque con frecuencia operan dentro del marco estrecho de instrucciones claras, los empleados buscan constantemente formas de mejorar su flujo de trabajo, incluso si estas mejoras son mínimas. "H" recopila información sobre esto y evalúa la eficiencia de los enfoques individuales. Si un enfoque particular ayuda a aumentar la eficiencia, se analiza con mayor profundidad y luego se transmite a otros empleados como una instrucción de trabajo.

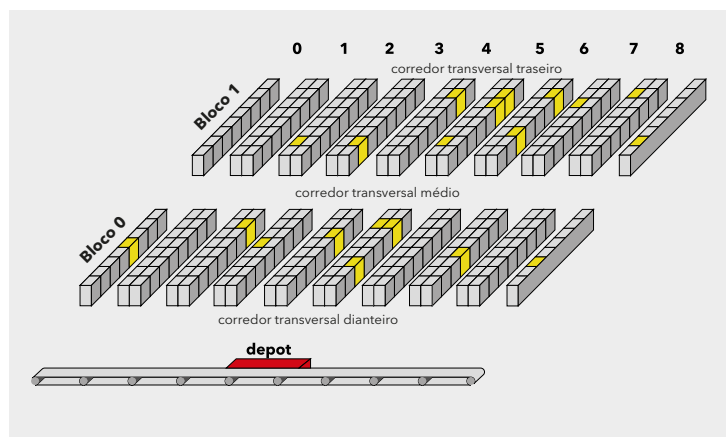
Al mismo tiempo, "H" puede reaccionar a los cambios a corto plazo y emitir instrucciones para eventos que surgen de situaciones específicas. La IA también puede incorporar datos meteorológicos y fluctuaciones en la demanda en sus análisis. A modo de ejemplo, un período de mal tiempo puede llevar a retrasos en la llegada y salida de vehículos pesados; al mismo tiempo, la demanda de ropa impermeable puede aumentar.

"H" funciona sin ningún comentario previo de un supervisor humano. El sistema de IA emite sus instrucciones directamente a los empleados o a los sistemas conectados. Esto permite una respuesta rápida y se pueden implementar sin demora medidas para aumentar la eficiencia. Al usar "H", Hitachi afirma haber aumentado la productividad en un 8% en comparación con los almacenes similares sin IA. ■



3.2.2 ZALANDO: OPTIMIZACIÓN DE LA RUTA CON APRENDIZAJE PROFUNDO

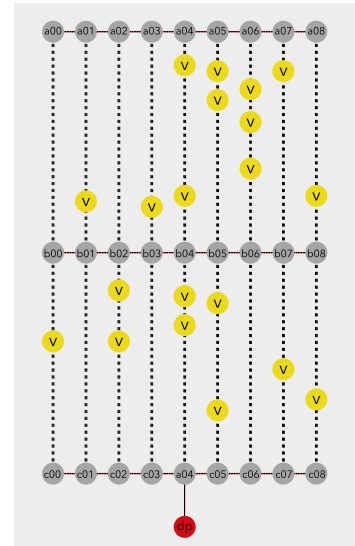
Un problema central con el picking en los almacenes es calcular las rutas óptimas para los operarios que preparan los pedidos. En Zalando, una red neuronal fue entrenada para determinar las rutas de picking más cortas. El algoritmo de IA produce una solución que permite asignar el trabajo de picking entre los empleados de manera más efectiva y acelerar el proceso. La suposición inicial era un almacén simplificado en el que los artículos a recoger se encuentran en estanterías configuradas paralelamente entre sí. Hay pasillos longitudinales y transversales entre las estanterías. El operario recibe una lista de picking y se mueve a lo largo de las estanterías con un carrusel para eliminar los elementos necesarios. En principio, la combinación de una lista de picking y una ruta es una variante más compleja del problema del comercial de calle.



El algoritmo OCaPi (selección de carro óptima) desarrollado por los expertos en IT de Zalando no sólo considera las rutas de los empleados, sino también las rutas de los carruseles, que a veces estacionan en pasillos transversales, mientras que los empleados cogen artículos de las estanterías. Al hacerlo, se le ocurre la ruta más corta. ▶

Desafortunadamente, el algoritmo OCaPi tarda varios segundos en calcular la lista de picking óptima. Dado que Zalando recibe miles de pedidos cada hora, esto es demasiado largo para ser práctico. Para reducir este tiempo a unos pocos milisegundos, se generaron un millón de listas aleatorias y se etiquetaron con su tiempo de picking utilizando OCaPi. Estos datos fueron luego alimentados en una red neuronal. De esta manera, se desarrolló una arquitectura de red que puede calcular los tiempos de viaje con una tasa de error en la región de poco más de 32 segundos por hora, un valor insignificante.

Para probar el sistema de IA, se escribió un algoritmo de optimización simple que comienza con 40 pedidos de 2 artículos cada uno, divididos aleatoriamente entre dos listas de picking. Para 40 pedidos, hay aproximadamente 69.000 millones de formas posibles de dividir los artículos en dos listas. Las rutas calculadas por la IA resultaron en una reducción del 11 % en el tiempo de viaje por artículo seleccionado.



3.2.3 AI Y ROBOTS AUTÓNOMOS

Hoy en día hay almacenes cuyos principios operativos ya no pueden ser comprendidos por los observadores humanos, porque son gestionados por una inteligencia artificial. Su característica compartida es que son generalmente robots, y en particular los vehículos de guiados automático (AGV). En estos almacenes, los productos ya no se agrupan por categoría y simplemente se colocan uno junto al otro, como estamos familiarizados con los supermercados, por ejemplo. En su lugar, se guardan en varias estanterías y pasillos en lo que parece ser una moda caótica. Lo que significaría viajes y tiempos de búsqueda innecesarios para un operario de picking no es un problema para los robots autónomos: cuando se recibe un pedido, el primer robot disponible recoge el artículo que está almacenado más cerca de su posición y lo transmite a los empleados al final del almacén.

Los robots en sí mismos no son particularmente "inteligentes", pero el sistema subyacente de IA ciertamente lo es. Considera al almacén como una cantidad en constante movimiento con parámetros que cambian constantemente, desde la demanda de productos específicos hasta la posición actual de cada robot. Si se utilizan robots de Kiva Systems, la geografía del almacén también cambia constantemente, ya que estos robots no llevan productos individuales al preparador, sino a todo el sistema de almacenaje.



Los robots en sí mismos no son particularmente "inteligentes", pero el sistema subyacente de IA ciertamente lo es. Considera al almacén como una cantidad en constante movimiento con parámetros que cambian constantemente, desde la demanda de productos específicos hasta la posición actual de cada robot. Si se utilizan robots de Kiva Systems, la geografía del almacén también cambia constantemente, ya que estos robots no llevan productos individuales al preparador, sino a todo el sistema de almacenaje. ■



Robots KIVA controlados por IA en acción

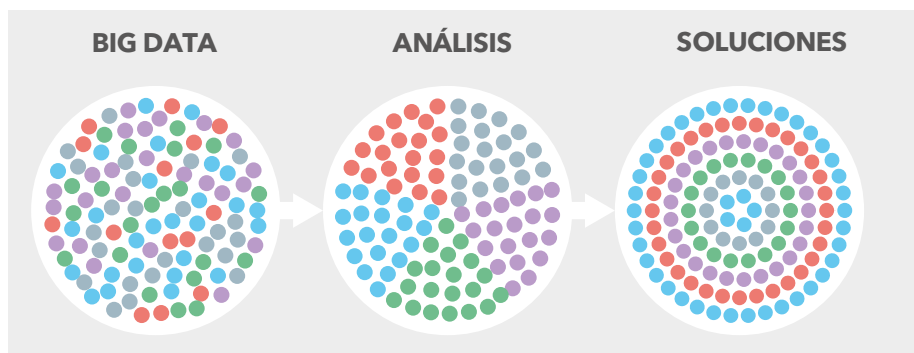
3.3 ANALÍTICA PREDICTIVA

Hoy en día, las tecnologías de big data son elementos dentro de una cadena de suministro ágil. Sólo con el uso de estas tecnologías ha sido posible procesar las enormes cantidades de datos generados, por ejemplo, mediante sensores, para representar el mundo real allí y entonces, y tomar pues decisiones acertadas. Las tecnologías de Big Data permiten pronósticos y análisis de escenarios sofisticados y, de esta manera, permiten una planificación precisa de la capacidad y la optimización de las cadenas de suministro e inventarios.

El análisis predictivo se basa principalmente en la minería de datos, un área tradicional de uso para inteligencia artificial. **Se trata de detectar patrones dentro de grande volúmenes de datos. Esto implica el uso de cálculos estadísticos, elementos potenciales de la teoría de juegos, procesos semánticos y métodos de investigación de operaciones.**

La etapa preliminar de la analítica predictiva se conoce como analítica descriptiva; la etapa siguiente se llama analítica prescriptiva, donde la IA hace recomendaciones de acción basadas en las interrelaciones detectadas.

Un alto nivel de integridad de los datos es el requisito previo para un resultado significativo.



Una predicción sólo es tan buena como la información disponible para el sistema. Esta integridad no está necesariamente garantizada. En demasiados casos, la entrada de datos todavía se realiza manualmente y, por lo tanto, contiene errores, aun sin ser intencionados. Sin embargo, en particular en la logística, los datos que se van generando constituyen una base excelente para adaptar el sistema repetitivamente a las condiciones ambientales modificadas.

Si bien los sistemas de IA son capaces de compensar los errores individuales en grandes volúmenes de datos, si se acumulan muchas discrepancias menores, existe el riesgo de obtener resultados incorrectos. Por lo tanto, no es simplemente una cuestión de recopilar datos, sino también de "entenderlos" desde el principio.

Un ejemplo común es el uso de diferentes unidades de medida. Si algunos registros de datos trabajan con las unidades de medida "metros", mientras otros usan la unidad "pies", se debe tener cuidado y ser riguroso para garantizar una estandarización previa a una unidad de medida estandarizada. Para esto, se requieren científicos de datos adecuadamente calificados y experimentados. Esta es una posición de trabajo bastante nueva que requiere de especialistas que sepan manejar grandes cantidades de datos y obtener el mayor beneficio posible gracias a sus habilidades informáticas actualizadas, su sólido conocimiento de los procesos matemáticos y estadísticos, e información precisa sobre el entorno técnico del cliente.

La catástrofe del Challenger de 1986 es un excelente ejemplo de lo que sucede cuando un problema no se analiza y reconoce en su totalidad. La IA observa sólo las mediciones que fallaron para el cuestionado O-ring que desencadenó la explosión, no se proporcionó información suficiente para evaluar correctamente el riesgo de lanzar la lanzadera a temperaturas inferiores a 37°F (98°C). Si los datos de los fallos se hubieran comparado en contexto con los valores de las pruebas exitosas, la agrupación de los valores pobres en el rango de temperatura más bajo y la agrupación de los valores en el rango de temperatura superior habrían llevado a los científicos a reconocer de inmediato el hecho de que la temperatura era un factor crítico para este componente. ■

3.3.1 OTTO: 2 MILLONES DE DEVOLUCIONES DE ARTÍCULOS MENOS GRACIAS A LA IA

Otto es un negocio multicanal y uno de los mayores retailers online de moda y estilo de vida de Alemania. El grupo genera el 75% de sus ventas totales a través de tiendas online. Ofrece 1,8 millones de artículos y 3.600 marcas.

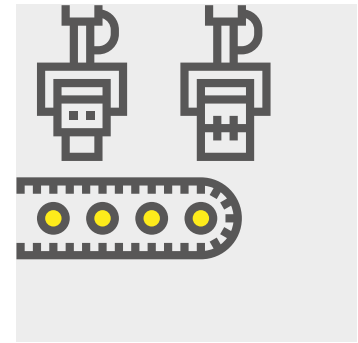
Al igual que con otras empresas de comercio electrónico, las devoluciones suponen costes muy elevados: varios millones de euros cada año para Otto. Un análisis de los datos disponibles reveló que los clientes que recibieron sus productos dentro de los dos días posteriores a su pedido devolvieron menos artículos en promedio. Además, los clientes prefieren recibir su pedido en una sola entrega y no en entregas parciales.

Como Otto vende artículos de otros fabricantes y muchos de ellos no los tenía en stock, suponía un reto difícil para ellos y se encontraban ante la disyuntiva de, o bien se esperaba hasta que hubieran llegado todos los artículos para hacer una entrega única alargando el tiempo de entrega al cliente en más de dos días, o bien se enviaban los artículos tan pronto como llegaron a su almacén dando lugar a múltiples entregas parciales para el mismo cliente final.

Otto implementó un algoritmo de aprendizaje profundo desarrollado originalmente para aplicaciones en partículas físicas. La IA analizó aproximadamente tres mil millones de registros de datos y 200 variables, incluidas las transacciones, las consultas de búsqueda en el sitio web de Otto y las previsiones meteorológicas, a fin de obtener un pronóstico para las compras de la semana siguiente.

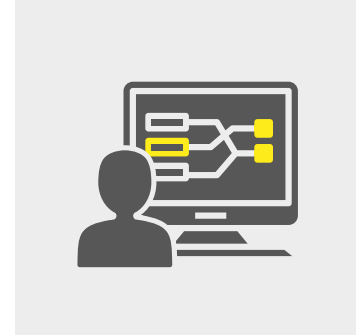
El sistema de IA demostró ser un éxito. Fue capaz de predecir, con un 90% de precisión, lo que se vendería en los 30 días siguientes. En consecuencia, Otto ahora puede gestionar por adelantado cada mes los pedidos de unos 200.000 artículos y enviar los pedidos al cliente en una única entrega. El resultado: desde la introducción del sistema de IA, el número de devoluciones por año ha disminuido drásticamente en alrededor de dos millones de artículos. Y menos paquetes que se envían significa que sus emisiones de carbono también una reducción de ozono significativa.

Zalando también está probando otro enfoque. Con el fin de reducir el número de devoluciones, se están realizando experimentos sobre las tallas, ya que se ha concluido que la talla errónea era responsable de entre el 30% y el 40% de las devoluciones. El objetivo es por tanto reducir esta cifra, y Zalando confía en el aprendizaje automático para conseguirlo. Se ha comenzado el experimento con los zapatos. Varios hombres y mujeres se están probando zapatos en su talla e informan si se ajustan o no. La IA está evaluando estos datos e intenta identificar un patrón a partir de ellos. Si un cliente suele pedir la talla 39 de zapatos, en el futuro el sistema debería poder decirle que la talla 40 será la correcta para él en el caso de una marca en particular. ■



3.3.2 ZALANDO: UNA TIENDA PERSONAL PARA CADA CLIENTE

Zalando comenzó como retailer de calzado y moda, pero ahora se ve como un grupo tecnológico que apunta a convertirse en un proveedor de servicios para la industria de la moda en general. En consecuencia, el grupo ahora emplea a varios miles de programadores. Según un informe publicado en el periódico Handelsblatt, el grupo planea invertir millones de euros en algoritmos inteligentes durante los próximos dieciocho meses. Estos algoritmos quieren ir más allá de los enfoques de recomendación existentes y crear tiendas individuales en línea para cada cliente, que ofrecen una selección optimizada y reducida de los 300.000 artículos que Zalando trae al mercado cada temporada. ■



3.3.3 IA EN EL AIRE

En los grandes almacenes, suelen suponer un problema frecuente los errores de recuento y entrada de datos en el inventario de productos almacenados. Sólo en los Estados Unidos, se ha cuantificado que tales errores significan pérdidas económicas de miles de millones de dólares. La IA puede ayudar a resolver este problema también.

Intelligent Flying Machines (IFM), empresa con sede en EE. UU., ha desarrollado un dron que no requiere GPS para la orientación espacial, pero que en su lugar puede moverse con precisión milimétrica en un espacio cerrado utilizando algoritmos de IA. La cámara registra los artículos y su posición, luego los datos se comparan con los disponibles en el sistema de gestión de almacén (SGA). Los algoritmos inteligentes forman la base de esta solución. ■

3.4 DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO AL MANTENIMIENTO PRESCRIPTIVO

Para acercarse más al requisito de hardware de ser fiables (casi) al 100% en operativas de almacén de alto rendimiento, y para evitar el tiempo de inactividad de la producción, las tecnologías de IA también se utilizan para predecir la vida útil (restante) de las máquinas y los sistemas. El mantenimiento predictivo se utiliza para detectar el fallo inminente de un elemento del equipo operativo y para iniciar las medidas preventivas a fin de evitarlo. Hay cuatro pilares del mantenimiento predictivo:

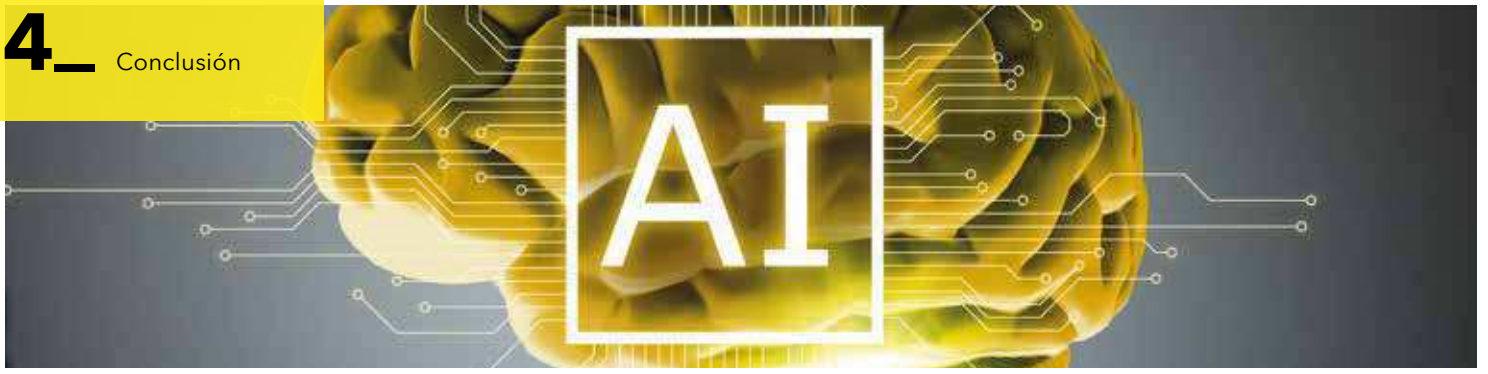
- **Recopilación de datos**
- **Transferencia de datos**
- **Evaluación de datos**
- **Medidas para mantener la funcionalidad**

Por razones de coste, en la mayoría de las instalaciones industriales, la recopilación de datos todavía se lleva a cabo mediante pruebas y trabajos de mantenimiento. Sin embargo, debido a la caída de los costes de los sensores y los equipos de transferencia de datos, se puede establecer el seguimiento digital en tiempo real. Los datos recopilados se guardan de forma centralizada y se pueden evaluar teniendo en cuenta diversos aspectos. Cuando existe la posibilidad de que surjan problemas, entonces es posible iniciar las medidas necesarias a tiempo, para evitar un mal funcionamiento o un largo período de inactividad del sistema.

Los sistemas de IA adecuadamente capacitados ya pueden brindar asistencia aquí, sobre todo cuando se trata de analizar los grandes volúmenes de datos. Para que el mantenimiento predictivo funcione correctamente, todos los movimientos relevantes de los componentes bajo consideración deben registrarse y guardarse, incluidos los parámetros asociados. Los factores que influyen en la fiabilidad operativa varían según el dispositivo que se esté considerando. Con un muelle, por ejemplo, estos factores son cada evento de apertura y cierre, junto con las acciones de todos los componentes involucrados, desde el sistema de control hasta el cilindro de presión y el desgaste del rodillo.

A partir de esto, el siguiente paso es el mantenimiento prescriptivo. Basado en una predicción del siguiente mal funcionamiento, se programa de forma proactiva y fuera de las horas pico el siguiente mantenimiento, la fecha y hora de servicio, el personal afectado, las piezas de recambios que se suministrarán. Esta planificación puede ir tan lejos como para influir en los parámetros para el equipo en cuestión, de modo que se hace un uso medido de los recursos dañados para no provocar un mal funcionamiento antes de la fecha de mantenimiento programada.

Además, sería incorrecto suponer que se trata de confiar únicamente en los sensores. Los sensores modernos y el enlace de los sensores hacen posible detectar valores incorrectos y la IA puede interpolarlos en combinación con otros valores de medición. Sin embargo, el problema no es siempre la máquina: el propio sensor puede tener un fallo que no necesariamente tiene que llevar a un tiempo de inactividad programado. ■



CONCLUSIÓN: CÓMO LA IA CAMBIA LA CADENA DE VALOR

Ya se puede decir con certeza que el uso de la IA tendrá un tremendo impacto en los procesos logísticos en todos los niveles en los próximos años. Los ejemplos citados demuestran hasta qué punto la inteligencia artificial ya está en uso en el sector logístico en la actualidad.

Muchos expertos creen que las tecnologías de IA tendrán un impacto en las siguientes áreas en particular:

- **Productividad:** la IA aumenta significativamente la productividad en el almacén, especialmente para los retailers online, gracias al cálculo automático de mejores soluciones.
- **Comunicación:** los empleados y supervisores de los almacenes deben comunicarse entre ellos con rapidez para responder a los cambios o interrupciones. Los robots en red controlados por la IA aseguran una comunicación casi simultánea y sin errores, lo que ayuda a aumentar la productividad.
- **Gestión de almacén:** en tan sólo unos años, la mayoría de los almacenes en gran parte de su superficie estarán automatizados. Las tecnologías de inteligencia artificial se están convirtiendo cada vez más en componentes integrales, particularmente en relación con las previsiones a corto y medio plazo.
- **Costes personales:** el uso más efectivo del personal gracias a la planificación de recursos controlada por la IA lleva a menores costes de personal o mayor fiabilidad gracias a la formación de sustitutos, que se utilizarán en caso de enfermedad del personal, por ejemplo.
- **Robótica:** los robots controlados por la IA reducen significativamente los tiempos de preparación de pedidos.
- **Stock de almacén:** las tecnologías de IA consiguen una reducción en los niveles de inventarios de almacén y ciclos más rápidos.

Además, en el estudio sobre el uso de la IA en logística realizado por DHL 'Logistics Trend Radar', se pueden ver dos tendencias globales que sólo son posibles gracias al uso de la IA:

- **Logística anticipatoria:** La previsión de las tendencias de la demanda tiene efectos en toda la cadena de suministro, desde los fabricantes, que pueden aumentar su producción, hasta las empresas de transporte que pueden dimensionar su flota de vehículos, hasta los retailers, que pueden ordenar y almacenar las existencias apropiadas de antemano y ajustar su disponibilidad de personal según las previsiones. Además, la logística anticipatoria hace posible detectar riesgos en la cadena de suministro en una etapa temprana, por ejemplo la probabilidad de que un vehículo o una máquina requieran mantenimiento o de que en posibles períodos haya más personal enfermo...
- **Sistemas de autoaprendizaje:** el aprendizaje automático se utiliza para leer documentos escritos a mano (por ejemplo, etiquetas en cartas o paquetes) y para detectar eventos recurrentes en el almacén o durante la preparación de pedidos, que luego pueden incorporarse en reglas relativas a la preparación de pedidos. Una reclasificación automática y rápida de los artículos en las cantidades apropiadas también se puede optimizar utilizando algoritmos de autoaprendizaje. ▶

Sin embargo, en muchos casos, los ejemplos que se citan aquí son soluciones aisladas que también requieren un alto nivel de desembolso en términos de capacidad de procesamiento y programación, con la necesidad de grandes inversiones en personal y tecnología. Por esta razón, no será rentable para las medianas empresas, en particular, establecer sus propios departamentos de inteligencia artificial. Sin embargo, hay proveedores de servicios externos con experiencia que pueden proporcionar los servicios apropiados a un coste razonable.

Nunca debemos perder de vista el hecho de que, en una cadena de suministro integrada, el sistema de almacenamiento debe ser capaz de responder a la salida de información de la IA, ya que de lo contrario, todo lo que se está creando es otra solución independiente. **La integración gradual de las tecnologías de IA en un sistema de software de logística integral y escalable, por lo tanto, parece ser la mejor estrategia en la actualidad.** Al proceder de esta manera, se evitará en gran medida la interrupción y se pueden incorporar elementos adicionales en el sistema paulatinamente.

Este enfoque también asegurará que el control del sistema no se pierda. Además, siempre debe haber estrategias de reserva para cambios imprevisibles. Sólo así se garantiza el funcionamiento continuo del almacén. ■



WAMAS® Lighthouse de SSI SCHAEFER es una plataforma de información central que analiza y visualiza toda la cadena de suministro. Mediante una serie de paneles, es posible no sólo ver los datos de rendimiento actuales de los sistemas y procesos logísticos en un momento dado, sino también diseñar y ejecutar escenarios basados en algoritmos de IA integrados.

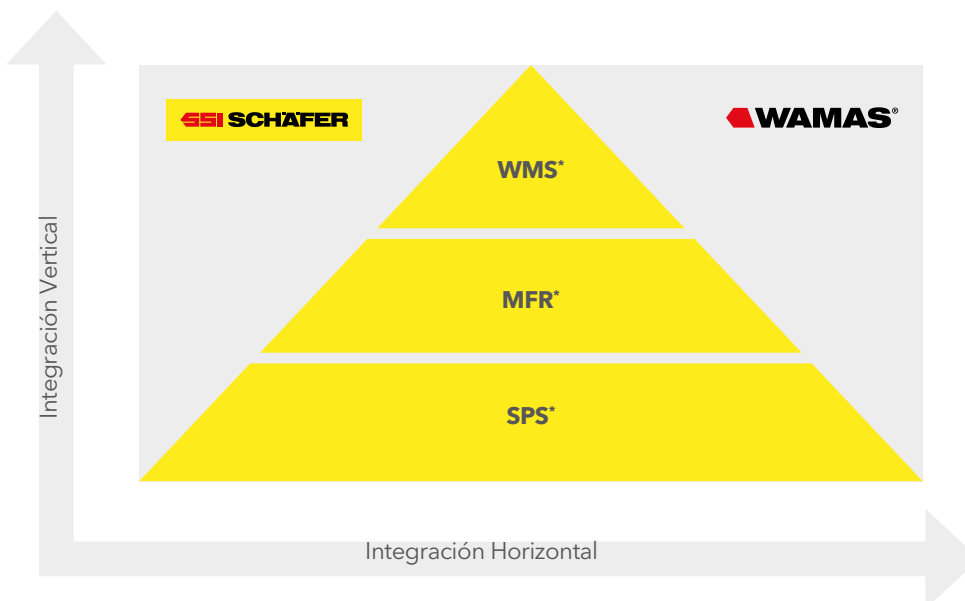


EL ENFOQUE DE SSI SCHAEFER

Es necesario un enfoque integrado, especialmente para la tecnología de almacén. Si bien los desarrollos como la Industria 4.0 utilizan el control descentralizado como un enfoque fundamental, los procedimientos de optimización que se controlan de manera descentralizada, es decir, los procedimientos específicos de la instalación o de la máquina local, también deben formar parte del proceso integrado y estar correctamente alineados entre sí.

Pero, ¿cómo puede funcionar esto si los componentes o subsistemas proceden de diferentes fabricantes, proveedores o socios? ¿Qué restricciones surgen automáticamente si no es posible proporcionar la retroalimentación necesaria debido a problemas de interfaz o funcionalidad, particularmente en el caso de procedimientos basados en aprendizaje supervisado o reforzado? Y por último, pero no menos importante: ¿con qué eficiencia se puede utilizar la IA si los enfoques respectivos de los fabricantes / proveedores individuales no se conocen lo suficiente como para estar alineados entre sí?

SSI SCHAEFER es el único proveedor de intralogística que ofrece la opción de integración horizontal y vertical de todos los componentes y partes del sistema como base para la implementación de nuevas tecnologías: ▶



WMS (sistema de gestión de almacén), MFC (control de flujo de material), PLC (controlador lógico programable)

Este mundo integrado de componentes de hardware y sus herramientas de software es un prerequisite básico, no sólo para permitir que las máquinas individuales dentro del flujo de mercancías aprendan unas de otras, sino también para poder evaluar simultáneamente el éxito conjunto de los sistemas de control inteligentes (locales) a través de la retroalimentación de los sistemas de nivel superior.

Esto también abre la posibilidad de utilizar esta tecnología mejorada para el posicionamiento específico de los algoritmos y enfoques relevantes. El lema "local lo más posible, central lo menos necesario, todo SIN pérdida de calidad o rendimiento" es el principio rector para el posicionamiento específico de las herramientas apropiadas de pronóstico, predicción, toma de decisiones y otras herramientas de apoyo a la toma de decisiones donde tengan el mayor sentido y el mayor beneficio.

Además, este enfoque integrado tiene una ventaja en el caso de que una IA se enfrente a una situación completamente nueva que aún no haya aprendido. En tal caso, es posible recurrir a las estrategias convencionales, validadas y establecidas existentes del mundo de nuestro SGA WAMAS® para la toma de decisiones. Sin embargo, a pesar de toda la tecnología, el beneficio para el cliente en términos de una operativa de almacén óptima, más flexible y más dinámica será lo que decida el éxito de cualquier nuevo desarrollo. ■

Aviso legal

Informe

La Inteligencia Artificial en la Logística

Editor

SSI Schäfer IT Solutions GmbH
Friesachstraße 15
8114 Friesach Tel. +43 3127 2000
friesach@ssi-schaefer.com

Responsable por el contenido

SSI Schäfer IT Solutions GmbH
Jacqueline Fauland

Todos los derechos reservados.
Reimpresión sólo con el permiso expreso del editor.
Ninguna responsabilidad por errores de impresión.

Fuentes

Björn Böttcher, Daniel Klemm, Dr. Carlo Velten, Machine Learning im Unternehmenseinsatz - Results of an empirical study in cooperation with The unbelievable Machine Company (*um) and Hewlett Packard Enterprise, Crisp Research, January 2017 (<https://www.crisp-research.com/neue-studie-machine-learning-im-unternehmenseinsatz-kunstliche-intelligenz-als-grundlage-digitaler-transformationen-prozesse/>) | R. Buchmann, E. Issing, S. Hochrein & M. Bleifuß. The Internet of Things (IoT) within the Intra-logistics Industry, Whitepaper, SSI SCHAEFER 2016 | Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, Deep Learning, MIT Press, 2016 | McKinsey Global Institute, The age of analytics - Competing in a data-driven world, 2016 (<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/the-age-of-analytics-competing-in-a-data-driven-world>) | Michael Oettinger. Data Science: Eine praxisorientierte Einführung im Umfeld von Machine Learning, künstlicher Intelligenz und Big Data (German Edition), tredition, 2017 | Calvin Seward, Optimizing Warehouse Operations with Machine Learning on GPUs, 2016 (<https://devblogs.nvidia.com/optimizing-warehouse-operations-machine-learning-gpus/>)

Créditos de las Imágenes: S. 3: ©shutterstock, jovic, ©shutterstock, Zerbor | P. 4: ©shutterstock, Tatiana Shepeleva | P. 5: ©shutterstock, Zapp2Photo | P. 15: ©iStock, Chesky_W | P. 16: ©shutterstock, MicroOne

