Autonomía de los sistemas de control industriales

Abril de 2020

Microsoft

Índice

Los ingenieros diseñan máquinas industriales cada vez más inteligentes **3**

La Industria 4.0 se basa en sistemas inteligentes conectados 3

La hoja de ruta a la Industria 4.0 4

Los sistemas de control autónomos aceleran la transformación digital **5**

Las limitaciones de los sistemas de control existentes 5

Los sistemas de control autónomos producen innovaciones 6

Los sistemas de control autónomos se ajustan en tiempo real a los cambios en el entorno o en la información que reciben e incluso se optimizan para conseguir varios objetivos **6**

Presentamos Microsoft Project Bonsai **7**

Cómo funciona Project Bonsai 7

Microsoft Project Bonsai impulsa una amplia variedad de casos de uso **9**

Caso práctico de control de movimiento: control de una hoja de bulldozer autónoma 9

Caso práctico de calibración de máquinas: máquinas CNC de Siemens 10

Caso práctico de control y optimización de procesos: control del proceso de fabricación de obleas de silicio 10

Microsoft está democratizando el desarrollo de sistemas de control autónomos mediante IA **11**

Los ingenieros diseñan máquinas industriales cada vez más inteligentes

En todos los sectores industriales se están introduciendo máquinas dinámicas e intuitivas que están cambiando la forma de trabajar de las empresas. A diferencia de lo que ocurre con la tecnología tradicional, que depende de unas reglas, estas máquinas y procesos tan flexibles se adaptan a entornos dinámicos y cambios de variables. Vamos a imaginarnos una línea de producción en la que unos brazos robóticos instalaran componentes eléctricos en las máquinas. Normalmente, los brazos tendrían que detenerse si una pieza no estuviera bien orientada en la línea de producción. Pero con una tecnología dinámica y adaptable, los brazos pueden ajustar su movimiento para instalar la pieza con toda facilidad sin importar cómo esté colocada.

Esta tecnología no pertenece a un futuro lejano. Hoy en día, existen innumerables ejemplos de tecnologías inteligentes que afectan al mundo, desde drones que inspeccionan tuberías solos hasta invernaderos que se optimizan automáticamente. Al igual que el vapor y la electricidad revolucionaron la industria hace un siglo, la tecnología basada en IA está impulsando la cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0.

17-20 %
de aumento de la productividad de los fabricantes que implementen sistemas inteligentes[2]

La Industria 4.0 se basa en sistemas inteligentes conectados

La Industria 4.0 se define por la incorporación de inteligencia, conectividad y automatización en el mundo físico. Las operaciones inteligentes, conectadas y ágiles están abriendo las puertas a una nueva era de la industria digital. Aparte de la tecnología, esto implica el uso de ecosistemas integrales conectados, innovadoras estrategias empresariales y empleados productivos y capacitados. Además, al igual que ocurrió en las transformaciones industriales del pasado, la Industria 4.0 tiene el potencial de aportar una cantidad de valor inmensa a prácticamente todas las empresas y podría llegar a generar hasta 3700 billones de dólares antes de 2025.[1] Si nos fijamos en las cifras de una empresa media, el 50 % de las empresas que adopten IA durante los próximos 5-7 años podrían duplicar su flujo de efectivo. Además, los fabricantes que implementen sistemas inteligentes pueden aumentar su productividad entre el 17 % y el 20 %.[2] Estos cambios dan lugar a grandes oportunidades para innovar y conseguir ventajas competitivas muy claras.

El potencial que tiene la Industria 4.0 es enorme. ¿Pero qué implica esta transformación?

La hoja de ruta a la Industria 4.0

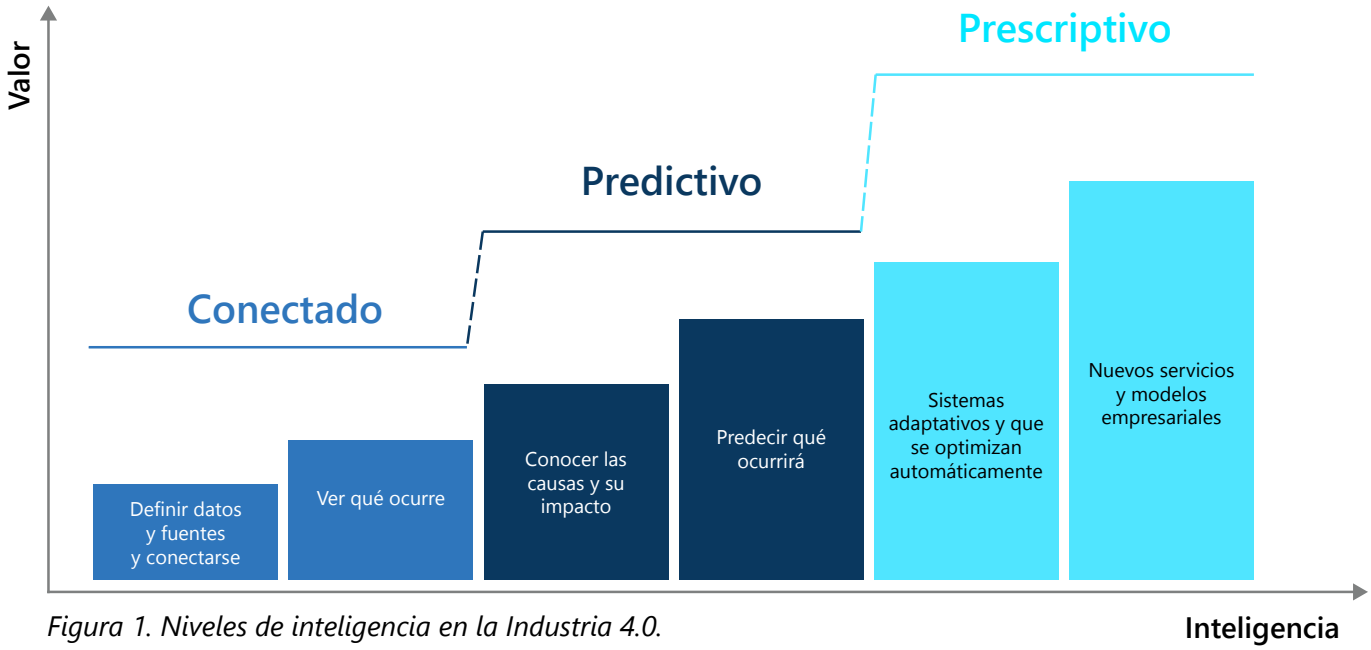


Figura 1. Niveles de inteligencia en la Industria 4.0.

En Microsoft, hemos ayudado a organizaciones de todos los sectores a realizar la transformación digital y a recoger los frutos de la Industria 4.0. Más arriba, podemos observar un diagrama del progreso típico que hemos observado en estos clientes.

- Muchos fabricantes se encuentran actualmente en el nivel "conectado", es decir, han establecido una conexión entre las máquinas, las líneas de producción y los sistemas de control.
- Al nivel "predictivo", las organizaciones usan datos de IoT para conocer mejor sus operaciones y usan el aprendizaje automático para predecir lo que va a ocurrir. Por ejemplo, cuándo va a necesitar mantenimiento una máquina.
- Al nivel "prescriptivo", las empresas implementan tecnologías y procesos adaptativos y que se "optimizan automáticamente". Tenemos como ejemplo los **sistemas de control inteligentes**, que ayudan a que los equipos y la maquinaria se adapten en tiempo real a cambios en la información o en las condiciones del entorno, a diferencia de los sistemas de control más estáticos y rígidos. El tercer nivel está representado por tecnologías revolucionarias que tienen la capacidad de cambiar industrias enteras y crear nuevos mercados.

Los sistemas de control autónomos aceleran la transformación digital

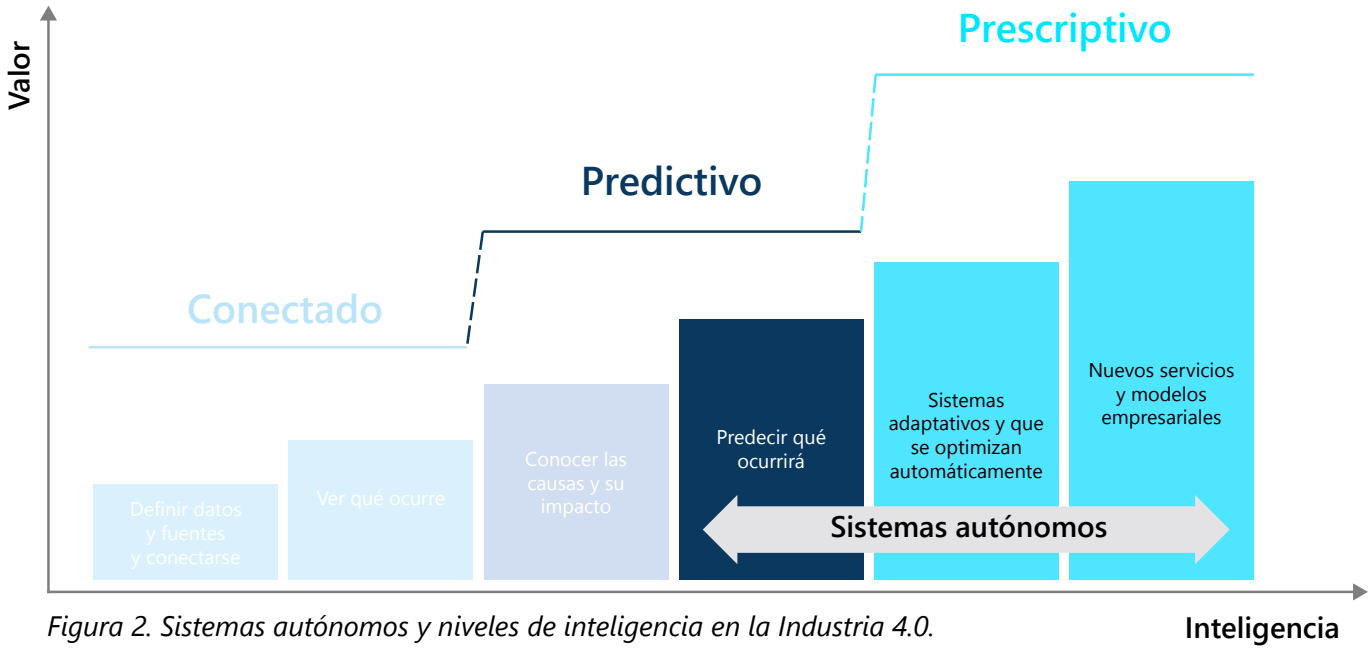


Figura 2. Sistemas autónomos y niveles de inteligencia en la Industria 4.0.

Las limitaciones de los sistemas de control existentes

Los sistemas de control industriales son la columna vertebral de empresas de todos los sectores, pero los sistemas existentes tienen limitaciones. Los controladores tradicionales, como los MPC, PID y APC, funcionan con un conjunto de instrucciones deterministas y en entornos predecibles. Si bien es cierto que estos sistemas de control realizan con eficacia las tareas de una en una, los operarios humanos deben reajustar la configuración de las máquinas para adaptarla a diferentes situaciones, condiciones u objetivos. Por ejemplo, un operario tendría que ajustar un bulldozer en función de si se encuentra en un terreno húmedo, rocoso o arenoso. Además, estas tecnologías solo son capaces de concentrarse en un objetivo de optimización al mismo tiempo como puede ser, por ejemplo, maximizar el rendimiento o minimizar el uso de energía.

Pero también tienen limitaciones para los usuarios. A los operarios y los ingenieros suele costarles administrar las variables en sistemas diferentes. El hecho de que haya diferentes niveles de complejidad en cada sistema implica que hay una gran diferencia entre lo que puede hacer con el sistema un operario de nivel básico y un operario experto, por lo que es difícil garantizar un nivel de administración uniforme de los sistemas en todas las instalaciones. Esto supone un reto para muchos fabricantes, ya que actualmente el 40 % carecen de las habilidades necesarias para construir o usar sistemas de la Industria 4.0.[3] Para lograr la transformación digital, deben ser capaces de aprovechar las innovadoras tecnologías y de capacitar a sus empleados para que trabajen de una forma más eficiente.

Limitaciones de los sistemas existentes:

- Incapacidad de asumir el control cuando cambian las situaciones y las condiciones.
- Dificultad para enfrentarse a varios objetivos de optimización o a los cambios en ellos.
- No se puede responder a información desconocida.
- Los operarios trabajan de forma irregular y tardan tiempo en realizar los ajustes manualmente.

Los sistemas de control autónomos producen innovaciones

Los sistemas de control autónomos que funcionan con inteligencia artificial (IA) van más allá de la automatización básica. En lugar de realizar tareas específicas de forma repetida sin ninguna variación, estos sistemas se ajustan en tiempo real a los cambios en el entorno o a la información que reciben, e incluso se optimizan para conseguir varios objetivos. Por ejemplo, Schneider Electric usa un sistema de control autónomo para que sus sistemas de aire acondicionado se optimicen de forma simultánea para conseguir la temperatura ideal, cumplan el nivel de emisiones de CO_2 y consuman menos energía. Por otra parte, una empresa de procesamiento de alimentos creó una línea de extrusión autónoma con extrusores que se adaptan a información variable, como los ingredientes o el contenido de humedad.

Tal y como ilustra el diagrama *Niveles de capacidad de los objetos autónomos*, existen diferentes niveles de autonomía que se pueden usar en diferentes situaciones. El nivel de autonomía de "asesoramiento" básico comienza cuando los sistemas predicen lo que va a ocurrir para que los empleados puedan tomar decisiones informadas. Las tecnologías más asistenciales ofrecen a los empleados sugerencias y recomendaciones sobre el mejor plan de acción. En el nivel más avanzado, las máquinas y los sistemas funcionan de forma totalmente autónoma y se optimizan automáticamente con la mínima supervisión humana, lo que permite que los empleados se concentren en tareas de más valor. Esto no significa que toda la fábrica o la instalación funcione de forma independiente, sino que los procesos o las máquinas podrían hacerlo.

Los sistemas de control autónomos se ajustan en tiempo real a los cambios en el entorno o en la información que reciben e incluso se optimizan para conseguir varios objetivos

Hemos descubierto que los sistemas autónomos más efectivos aprovechan la combinación de los bucles de retroalimentación digitales con la experiencia real de los seres humanos. Los bucles de retroalimentación digitales son el proceso mediante el cual se usan datos de telemetría en tiempo real para realizar acciones y elaborar recomendaciones, además de datos históricos que producen mejoras en las operaciones o en los productos. La intervención humana es valiosa en dos aspectos clave. El primero

Fuente: Gartner, Top 10 Strategic Technology Trends for 2019: Autonomous Things (marzo de 2019)

Ejemplo de nivel de asesoramiento	Ejemplo de nivel asistencial	Ejemplo de nivel autónomo
Los empleados revisan el estado de la máquina y toman decisiones informadas sobre el momento en el que programar su mantenimiento	Las aplicaciones ofrecen el marco temporal idóneo para realizar el mantenimiento para evitar costosas interrupciones y minimizar los costos del mantenimiento	Los sistemas identifican los marcos temporales ideales y programan el mantenimiento de manera autónoma

Figura 3: La evolución típica de los objetos autónomos

es que los ingenieros y los operarios usan su experiencia para construir los sistemas para que funcionen bien. El segundo es que, después de la implementación, siempre existe la oportunidad de que una persona supervise la solución y aplique en la práctica las recomendaciones.

Estas situaciones se traducen en importantes beneficios para la empresa. Dan lugar a oportunidades que antes no eran posibles y producen mejoras importantes en el rendimiento, la eficiencia y la calidad. Los sistemas autónomos pueden realizar tareas, como la calibración y el ajuste de las máquinas, mucho más rápido que los operarios humanos y mejorar la calidad del resultado al trabajar con mayor exactitud y precisión. Permiten que los empleados trabajen con más eficiencia y eficacia y a mayor escala, por lo que pueden concentrarse en las tareas más importantes. Sea cual sea el caso de uso, el impacto potencial en la empresa es importante.

Presentamos Microsoft Project Bonsai

En Microsoft, tenemos como objetivo capacitar a las organizaciones industriales para que puedan construir y administrar sistemas autónomos a su manera. Se trata de sistemas complejos que tienen que cumplir los requisitos específicos de cada empresa. La mayoría de los empleados de las empresas de fabricación y energía son ingenieros, no científicos de datos. Por eso, estas empresas suelen encargar a empresas externas que construyan sus sistemas de IA, lo que les deja con una solución de "caja negra" que no pueden mejorar ni solucionar fácilmente. Las organizaciones deberían poder crear sistemas de control inteligentes con sus especialistas, sin necesidad de recurrir a profesionales expertos en ciencia de datos.

La plataforma Microsoft Project Bonsai lo hace posible. Project Bonsai permite a las empresas modernizar sus sistemas y procesos más dinámicos con controladores inteligentes. Con nuestra plataforma, los especialistas tienen la capacidad de crear y administrar sistemas autónomos que se pueden explicar, se pueden auditar, son reutilizables y son confiables. Y, dependiendo de cuáles sean las necesidades operativas de la empresa, pueden hacer que los controladores ofrezcan recomendaciones a los operarios o darles la capacidad para tomar decisiones directas. Esta revolucionaria innovación abre las puertas a nuevas posibilidades y produce mejoras importantes en el rendimiento, la eficiencia y la calidad.

Cómo funciona Project Bonsai

Los especialistas de cualquier sector pueden crear al agente de IA, es decir, el cerebro, del que se nutren los sistemas de control inteligentes, mediante una combinación única de enseñanza de máquina, aprendizaje por refuerzo, simulaciones y capacidades de implementación.

Casos prácticos en los que los cerebros de IA son mejores

1. Sistemas enormemente complejos
2. Objetivos o estrategias de optimización contradictorios
3. Información cambiante
4. Entornos o condiciones impredecibles

La **enseñanza de máquina**, de la que Microsoft es pionera, es un enfoque nuevo y complementario al aprendizaje de máquina que pueden usar todas aquellas personas que carezcan de experiencia con IA. Con la enseñanza de máquina, la gente divide un problema complejo en diversas habilidades individuales y le da al cerebro de la IA pistas importantes para que aprenda más rápido. Por ejemplo, en un almacén y en una situación de logística, el equipo de ingenieros podría usar la enseñanza de máquina para entrenar a carretillas elevadoras autónomas. Pueden comenzar con habilidades más sencillas, como alinearse con un palet. A partir de ahí, podrían enseñarle a la carretilla elevadora a dirigirse a un palet, recogerlo y colocarlo. Por último, la carretilla elevadora autónoma aprendería a detectar la presencia

de personas y equipos y a regresar a la estación de carga.

La plataforma usa los pasos que se definen en el proceso de enseñanza de máquina para dar forma al proceso de entrenamiento. La técnica de aprendizaje de máquina que usamos actualmente se denomina **aprendizaje por refuerzo (RL)**. Para aprender, la IA pone en práctica decisiones y recibe recompensas por acciones que la acercan a un objetivo final. Mientras que el aprendizaje por refuerzo tradicional es un enfoque que requiere mucho tiempo y muchos procesos de prueba y error, la enseñanza de máquina acelera y mejora el proceso de entrenamiento e incluso permite que los ingenieros reutilicen pasos concretos para otros cerebros de IA. La enseñanza de máquina también hace que sea más fácil entender y auditar el comportamiento del sistema de control autónomo una vez implementado, lo que es crucial para aplicaciones en las que la seguridad es esencial.

Las empresas no pueden permitirse poner los equipos críticos fuera de línea o arriesgarse a dañar un sistema mientras que la IA aprende, por eso el proceso de RL se realiza en **entornos simulados** seguros y económicos. Por ejemplo, un cerebro de IA que estuviera aprendiendo a controlar la hoja de un bulldozer recibiría información sobre las variables del entorno simulado, como el tipo de suelo sobre el que se mueve o la proximidad de personas, realizaría una acción y luego se le recompensaría en consecuencia. El cerebro de IA mejora sus decisiones con el tiempo para conseguir más recompensas y los expertos pueden retocar el sistema de recompensas para que llegue a una solución que funcione.

Aprendizaje por refuerzo tradicional

- Aprende con el método de prueba y error
- No es eficiente desde el punto de vista informático

Se combina con la enseñanza de máquina

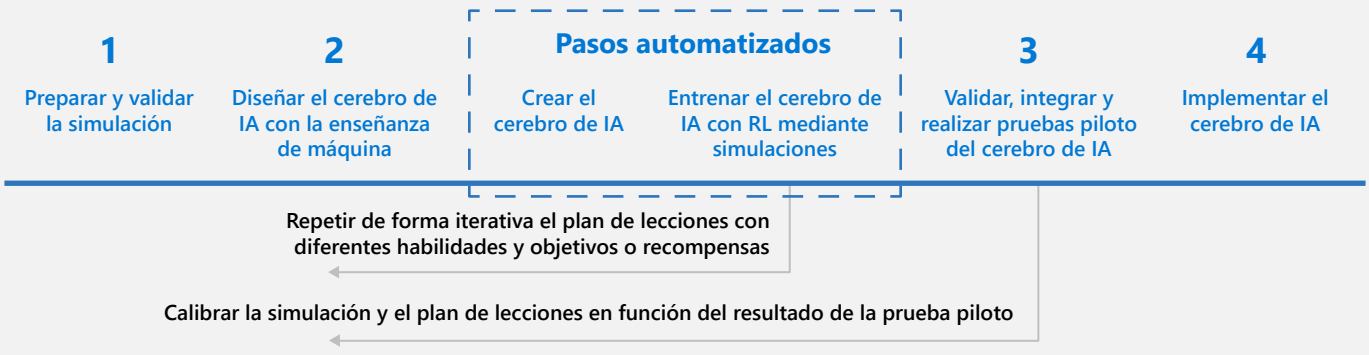
- Acelera al aprendizaje
- Pasos y procesos reutilizables
- Se puede explicar y auditar

En los entornos simulados, se pueden replicar millones de situaciones reales diferentes con las que podría encontrarse un sistema, incluidas situaciones límite como la avería de un sensor, para que el cerebro de IA aprenda a adaptarse. Las empresas también pueden entrenar rápidamente a los cerebros de sus IA usando estas simulaciones en paralelo en Microsoft Azure. Trabajamos con un ecosistema de partners para garantizar que nuestra plataforma sea compatible con productos de simulación especializados, como AspenTech y MATLAB, por lo que los ingenieros pueden reutilizar los diseños de simulaciones que ya han creado.

Las empresas pueden **implementar** los cerebros de la IA de tres formas diferentes. En primer lugar, en la nube, como un servicio que el equipo del controlador pueda inferir en caso necesario. En segundo lugar, en un dispositivo, integrándose directamente en un equipo interoperable del controlador. Y, en tercer lugar, en el extremo, con un equipo complementario que pueda comunicarse en tiempo real con el equipo del controlador.

Dependiendo de cuáles sean las necesidades operativas de la empresa, el cerebro de la IA puede **ayudar a tomar decisiones** a los operarios

Proceso de entrenamiento de un cerebro de IA



en algunas situaciones y permitir que tengan **autoridad para tomar decisiones** en otras. En los casos en los que ayude a tomar decisiones, la solución se integra con el software de supervisión de IoT existente para ofrecer recomendaciones y realizar predicciones que fomenten la uniformidad entre los operarios y permitan que las personas con menos experiencia cuenten con información de nivel de experto. En el caso de que tengan la autoridad para tomar decisiones directas, los cerebros de IA pueden desarrollar soluciones creativas en situaciones que serían todo un reto incluso para los operarios más experimentados.

Estas capacidades no son más que el comienzo de nuestro viaje por los sistemas autónomos. Estamos integrando continuamente revolucionarias herramientas y servicios que ayudan a transformar los sectores industriales.

Microsoft Project Bonsai impulsa una amplia variedad de casos de uso

La cadena de herramientas de Microsoft Project Bonsai permite a las empresas usar inteligencia en los sistemas de control industriales nuevos y existentes, ya sea para la optimización de aerogeneradores o en maquinaria y robótica.

Aunque cualquier sistema podría mejorarse con tecnología autónoma, nosotros nos centramos en tres escenarios clave en la optimización de los sistemas.

- Control de movimiento: se optimizan los movimientos y la trayectoria de elementos como brazos robóticos, hojas de bulldozer, carretillas elevadoras, equipos de perforación subterránea y vehículos de rescate.[4]
- Control y automatización de procesos: se optimiza el rendimiento, la eficacia y la calidad en los procesos industriales, ya sea en la fabricación de bienes o el procesamiento de productos de alimentación, como en reactores térmicos y válvulas de control de evaporación.
- Ajuste y calibración de máquinas: se reduce de una forma drástica el tiempo de inactividad, dado que las máquinas se calibran con una rapidez y precisión mayores de lo que permite la inteligencia humana por sí sola.

Caso práctico de control de movimiento: control de una hoja de bulldozer autónoma

Problema de negocio

Para preparar la hoja de un bulldozer para realizar un corte, los operarios tienen que ajustar un controlador de PID. Se trata de un proceso muy repetitivo y tedioso, ya que hay que realizar ese mismo ajuste en cada equipo y material de corte nuevo.

Método y limitaciones actuales

El proceso para elevar y bajar las hojas de los bulldozer se controla con cinco parámetros de PID. Es posible que los operarios tengan que aumentar o reducir el valor de los parámetros in situ si los ajustes predeterminados no son los adecuados.

Objetivo y resultado del proyecto de sistemas autónomos

Para mejorar este sistema, una empresa decidió entrenar un cerebro de IA para que enviara comandos de control que hicieran subir y bajar la hoja del bulldozer en tiempo real durante el corte. De esta manera, se maximizaría la cantidad de ondulación o la horizontalidad del corte en un solo bulldozer a diferentes velocidades.

El cerebro de la IA se implementó en una CPU especial conectada al bulldozer. El cerebro de la IA transmitía las acciones al bulldozer en tiempo real. Como resultado, se logró una cantidad de ondulación que superó el valor de referencia de PID en diversos modelos de bulldozer a diversas velocidades.

Caso práctico de calibración de máquinas: máquinas CNC de Siemens

Problema de negocio

Al igual que en muchas otras empresas, la calibración que se realizaba en Siemens de las máquinas CNC era un proceso manual muy tedioso que requería un tiempo de inactividad de las máquinas y que solían realizar expertos externos.

Método y limitaciones actuales

El proceso de calibración de las máquinas requiere la intervención de operarios expertos, tiene una media de 20-25 pasos iterativos, se tarda en realizar más de dos horas y, con frecuencia, no es preciso.

Objetivo y resultado del proyecto de sistemas autónomos

Aprovechando la experiencia de sus ingenieros mecánicos, Siemens construyó un cerebro de IA que calibrara las máquinas automáticamente en cuestión de segundos o minutos en lugar de horas o días. Lograron una precisión de dos micrones con unos cuatro o cinco pasos de media en un tiempo de 13 segundos. El sistema logró una precisión increíble de menos de un micrón en unos 10 pasos iterativos y puede calibrar máquinas de diverso tipo y tamaño.

Caso práctico de control y optimización de procesos: control del proceso de fabricación de obleas de silicio

Problema de negocio

La epitaxia de silicio se realiza en reactores térmicos, que deben controlarse con precisión para conseguir un calentamiento uniforme. En cada fase del proceso, es necesario usar diferentes ajustes para las lámparas de calentamiento para mantener las condiciones óptimas en el reactor. A estos ajustes se los denomina “receta”.

Método y limitaciones actuales

El controlador de PID se encarga de corregir los errores para mantener una temperatura constante. El controlador solo se ocupa de distribuir el calor y no se fija en otros objetivos de la optimización, como pueden ser la velocidad o el uso de energía.

Objetivo y resultado del proyecto de sistemas autónomos

Esta empresa construyó un cerebro de IA para controlar automáticamente los reactores y, de esta forma, consiguieron acelerar el proceso y ahorrar costos. En última instancia, el cerebro de IA minimizó el tiempo y el costo necesarios para crear el sustrato de la oblea con una calidad constante por encima del objetivo.

Microsoft está democratizando el desarrollo de sistemas de control autónomos mediante IA

Gracias a la solución Microsoft Project Bonsai, los ingenieros pueden construir sistemas de control más inteligentes y ágiles que ayuden a su maquinaria y sus procesos a adaptarse a los cambios de condiciones. Nuestra solución permite que los ingenieros apliquen sus conocimientos especializados para desarrollar más rápidamente estos controladores y garantizar que cumplen sus requisitos únicos, y todo sin necesidad de recurrir a científicos de datos. Solo con Microsoft, es posible implementar y administrar sistemas de control inteligentes que se puedan explicar, se puedan auditar, sean reutilizables y sean confiables.

Para más información, visita el sitio web de Project Bonsai o regístrate aquí. Nuestra hoja de trabajo Project Discover y las sesiones de asesoramiento pueden ayudarte a determinar la mejor forma de integrar los sistemas autónomos en tu empresa y, de esta forma, potenciarla.

© 2020 Microsoft. Todos los derechos reservados. Este documento técnico solo tiene fines informativos. Microsoft no ofrece garantías, ya sean expresas o implícitas, con respecto a la información de esta presentación.
Este documento se proporciona "tal cual". La información y los puntos de vista expresados en este documento, incluidas las direcciones URL y otras referencias a sitios web de Internet, pueden cambiar sin previo aviso. Tú asumes los riesgos que conlleva su uso. Este documento no te proporciona derechos legales respecto a la propiedad intelectual de ningún producto de Microsoft. Puedes copiar y usar este documento con fines internos y a modo de referencia.

[1] The Next Economic Growth Engine, Foro Económico Mundial 2018
[2] Factory of the Future: Achieving Digital Excellence in Manufacturing Today, Microsoft 2019
[3] Infografía de Forrester: Manufacturing Firms Look Beyond Core IT for Digital Capabilities, Forrester 2019
[4] Helping first responders achieve more with autonomous systems and AirSim, Microsoft 2019