

# Un algoritmo de dos fases para reconocer actividades humanas en el contexto de la industria 4.0 y procesos impulsados por el ser humano

Borja Bordel<sup>1</sup>, Ramón Alcarria<sup>1</sup>, Diego Sánchez-de-Rivera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Madrid,  
Madrid, España

bbordel@dit.upm.es, ramon.alcarria@upm.es, diegosanchez@dit.upm.es

**Abstracto.** Futuros sistemas industriales, una revolución conocida como Industria 4.0, son concebidos para integrar personas en el mundo cibernético como prosumidores (proveedores de servicios y consumidores). En este contexto, los procesos impulsados por el ser humano aparecen como una realidad esencial y como herramientas para crear bucles de feedback entre el subsistema social (personas) y el subsistema cibernético (componentes tecnológicos) que son requeridos. Aunque se han propuesto diferentes herramientas, hoy en día las técnicas de reconocimiento de patrones son las mas prometedoras. Sin embargo, estas soluciones presentan algunos problemas pendientes importantes. Por ejemplo, dependen del hardware seleccionado para para adquirir información de e usuarios; o presentan un límite en la precisión del proceso de reconocimiento. Para abordar esta situación, en este paper está propuesto un algoritmo de dos fases para integrar personas en el sistema de la industria 4.0 y procesos impulsados por el ser humano. El algoritmo define acciones complejas como composiciones de movimientos simples. Las acciones complejas están reconocidas como Modelos Ocultos de Markov, y los movimientos simples están identificados usando Deformaciones Dinámicas en el Tiempo. De esa manera, solo los movimientos dependen de los dispositivos de hardware contratados para obtener información, y la precisión del reconocimiento de acciones complejas se ve enormemente incrementada. Una validación experimental real también es llevada a cabo para evaluar y comparar el rendimiento de la solución propuesta.

**Palabras clave:** Industria 4.0, reconocimiento de patrones, Deformación Dinámica del Tiempo, Inteligencia artificial, Modelos ocultos de Markov

# 1 Introducción

Industria 4.0 [1] se refiere al uso de sistemas Ciber-Físicos (uniones de procesos físicos y cibernéticos) [2] como el principal componente digital en futuras soluciones digitales, principalmente (pero no solamente) en escenarios industriales. Generalmente, la digitalización ha causado, al final, el recambio de mecanismos de trabajo tradicionales por nuevos medios digitales. Por ejemplo, trabajadores en cadenas de montaje fueron sustituidos por robots durante la tercera revolución industrial.

Sin embargo. Algunas aplicaciones industriales no pueden estar basadas en soluciones tecnológicas, el trabajo humano es todavía esencial [3]. Productos hechos a mano son un ejemplo de aplicaciones donde la presencia de trabajo manual es esencial. Estos sectores industriales, en cualquier caso, deben también ser integrados en la cuarta revolución industrial. De la unión de sistemas Ciber-Físicos (CPS) y humanos actuando como proveedores de servicio (trabajos activos), CPS humanizados surgen [4]. En estos nuevos sistemas, están permitidos los procesos impulsados por el ser humano [5]; e.g. procesos que son conocidos, ejecutados y organizados por personas (aunque quizás estén siendo vigilados por mecanismos digitales).

Para crear una integración real entre personas y tecnología, y trasladar el proceso de ejecución del subsistema social (humanos) al mundo cibernético (componentes de hardware y software), son necesarias técnicas de extracción de información. Muchos diferentes enfoques y soluciones han sido citados durante los últimos años, pero hoy en día las técnicas de reconocimiento de patrones son las más prometedoras.

El uso de inteligencia artificial, modelos estadísticos y otras herramientas similares han permitido increíble y real desarrollo de soluciones de reconocimiento de patrones, pero algunos retos siguen en el aire.

En primer lugar, las habilidades de reconocimiento de patrones dependen del dispositivo de hardware subyacente para la captura de información. La estructura y procesos de aprendizaje cambian si (por ejemplo) en lugar de acelerómetros consideramos sensores de infrarrojo. Esto es muy problemático ya que la tecnología del hardware evoluciona mucho más rápido que las soluciones de software.

Y, en segundo lugar, hay un límite para la precisión del proceso de reconocimiento. De hecho, mientras los actos humanos se vuelven más complicados, más variables y modelos complejos se requieren para reconocerlos. Este enfoque genera grandes problemas de optimización cuyo error residual es tan alto como el incremento del número de variables; lo cual causa un declive en la tasa de reconocimiento [6]. En conclusión, las matemáticas (no el software, aunque depende de la implementación) fuerza una gran precisión para el proceso de reconocimiento de patrones dadas las acciones a estudiar. Para evitar esta situación, se debería considerar un menor número de variables, pero esto también reduce la complejidad de las acciones que puedan ser analizadas; una solución la cual no es aceptable en escenarios industriales donde las actividades de producción complejas son desarrolladas.

Por lo tanto, el objetivo de este paper es describir un nuevo algoritmo de re-

conocimiento de patrones que guíe estos dos problemas básicos. El mecanismo propuesto define acciones como una composición de movimientos simples. Estos son reconocidos usando técnicas de deformaciones dinámicas en el tiempo (DTW) [7]. Este proceso depende del hardware seleccionado para la colecta de información; pero el DTW es muy flexible y actualizando el repositorio del patrón es suficiente para configurar el algoritmo entero. Después, las acciones complejas son reconocidas como combinaciones de movimientos simples a través de Modelos Ocultos de Markov (HMM) [8]. Estos modelos son totalmente independientes de la tecnología hardware, ya que solo cuentan con acciones simples. Este enfoque de dos fases también reduce la complejidad de los modelos, incrementando la precisión y la tasa de éxito en el proceso de reconocimiento.

El resto del paper se organiza de la siguiente manera: La sección 2 describe el estado del arte del reconocimiento de patrones para actividades humanas; La sección 3 describe la solución propuesta, incluyendo las dos fases definidas; La sección 4 presenta una validación experimental usando un escenario real y usuarios finales; y la sección 5 finaliza el paper.

## 2