

## Uso de las CAX en el diseño-ingeniería industrial y su impacto en la industria 4.0

### Use of CAX in industrial design-engineering and its impact on industry 4.0

Lira-Hernandez, I.A.; Ramírez-Ramírez, R.; Barrientos-Hernández, F.R.

**I.A. Lira-Hernandez**

ilira@uaeh.edu.mx

Área Académica de Ingeniería y Arquitectura,, México

**R. Ramírez-Ramírez**

rrr@azc.uam.mx

CYAD, México

**F.R. Barrientos-Hernández**

profe\_3193@uaeh.edu.m

Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales,, México

**Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

ISSN-e: 2007-6363

Periodicidad: Semestral

vol. 9, núm. 18, 35-39, 2022

sitioweb@uaeh.edu.mx

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/595/5953117020/>

Autor de correspondencia: [ilira@uaeh.edu.mx](mailto:ilira@uaeh.edu.mx)



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

**Resumen:** En el presente trabajo de investigación se dan a conocer cuáles son las principales herramientas tecnológicas que integran las CAX, de acuerdo a sus siglas en inglés, mejor conocidas como Computer Aided, en donde “X” significa o puede ser: Tecnología, Diseño, Manufactura, Ingeniería, entre otras. Aunque ciertamente muchos de los trabajos publicados mencionan que las CAX están conformadas por lo menos por las siguientes tres siglas: CAD/CAE/CAM. Es importante resaltar que existen diversas herramientas y/o tecnologías que se pueden combinar entre ellas, las cuales sin duda alguna van a depender de la disciplina o área de conocimiento, donde desean aplicarse, siendo en este caso particular sobre el Diseño Industrial e Ingeniería Industrial, también depende del proyecto que se pretenda desarrollar, el cual puede ser un producto y/o proceso. Y cuál es el impacto que tiene actualmente sobre la Industria 4.0.

**Palabras clave:** Cax, Diseño, Ingeniería, Industrial, Industria 4.0..

**Abstract:** In this research work, the main technological tools that make up the CAX are disclosed, according to their acronym in English, better known as Computer Aided, where “X” stands for Technology, Design, Manufacturing, Engineering etc. Although certainly many of the published works mention that CAX are made up of at least the following three acronyms: CAD / CAE / CAM. It is important to note that there are various tools and /or technologies that can be combined with each other, which will undoubtedly depend on the discipline or area of knowledge, where they wish to apply, being in this particular case on Industrial Design and Industrial Engineering It also depends on the project to be developed, which can be a product and /or process. And what is the impact it currently has on Industry 4.0.

**Keywords:** CAX, Design, Engineering, Industrial, Industry 4.0..

## NOTAS DE AUTOR

[ilira@uaeh.edu.mx](mailto:ilira@uaeh.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los principales objetivos de la tecnología asistida por computadora (CAx) son simplificar y mejorar el trabajo humano del (ingeniero, arquitecto, médico, cirujano, etc.), utilizando la computadora como herramienta indispensable para resolver un problema en un determinado campo (ingeniería y producción, medicina, arquitectura, negocios, docencia, economía, etc.)

Las tecnologías avanzadas asistidas por computadora (CAx) se centran en resolver problemas específicos aumentando la creatividad y la innovación humana obtenidas mediante la recopilación, el uso y el intercambio. información entre equipos interdisciplinarios. Las tecnologías asistidas por computadora en el campo X son términos generales para definir una tecnología, de un campo específico de trabajo, asistido por computadora. El sustituto de X incluye ingeniería (CAx-E), medicina (CAx-M), ciencias naturales (CAx-S), educación (CAx-Ed). (Udroiu, 2016)

En los últimos años, la asombrosa evolución del software de tecnologías asistidas por computadora (CAx) ha hecho posible procesar y analizar geometrías complejas. Como consecuencia, las herramientas CAx avanzadas, desarrolladas principalmente para aplicaciones de ingeniería, se han ido introduciendo en campos no tradicionales, como la biología y la anatomía. Especialmente en el campo de la medicina, esta creciente capacidad de enfrentarse a superficies complejas, está demostrando sus máximas potencialidades: la posibilidad de procesar virtualmente la forma anatómica en 3D; es una poderosa herramienta para permitir la planificación y simulación de procesos de manufactura de manera virtual, así como para permitir el diseño y desarrollo preoperatorio de formas como: prótesis personalizadas y la manufactura de instrumentos quirúrgicos. (Rizzi, y otros, 2019)

Las herramientas CAx son una forma para integrar algún software en un modelo de flujo de trabajo para crear nuevos productos. Estas herramientas de software se han utilizado en la producción de piezas de plástico o metálicas para aplicaciones de ingeniería o robótica. Con este tipo de software, muchas empresas han logrado resultados exitosos, centrándose en el desarrollo de productos, disminución de tiempos de ciclo de fabricación y reducción de costos de producción. (Rios , Bernard , Bouras, & Foufou, 2017)

En los últimos 30 años, CAx (Computer Aided, donde x representa o equivale a: Diseño, Estilismo, Manufactura, Ingeniería, Planificación de Procesos, etc.) han evolucionado con éxito para técnicas de modelado de 2D a 3D, permitiendo una lista de enfoques de ingeniería basados en el conocimiento, generalmente abordados como Prototipos Virtuales, Mock-Up Digital y Realidad Virtual. Desde la década de 1990, la colaboración en el diseño, desarrollo y entrega de productos se ha habilitado en plataformas de software integradas (alternativamente abordadas con nuevos acrónimos, como TDM Technical Data Management, EDM Engineering Data Management, PDM Product Data Management, PIM Product Information Management, etc.) donde los datos del producto se pueden almacenar, recuperar y reutilizar de forma segura.

Desde el 2000, PLM se ha utilizado para definir un mercado de TIC integral, hoy en día compuesto por dos segmentos principales: (1) constituido por una galaxia de herramientas de diseño (es decir, CAx y herramientas de ingeniería) y (2) un segundo compuesto por una plétora de Plataformas Colaborativas de Definición / Desarrollo y Gestión de Productos (CPDM)

El primer segmento está dominado por usuarios de TIC históricamente dedicados al diseño de productos, como Autodesk, Dassault Systems, PTC, SIEMENS, mientras que en el segundo estos proveedores compiten con muchos otros jugadores de otros orígenes como Oracle, SAP. (Association, 2013)

Las soluciones basadas en una interacción entre métodos y herramientas CAx pueden brindar una poderosa ventaja a los ingenieros en este campo. (Birkhofer, 2011)

Las tecnologías CAx existentes tienen dificultades para mantener la integridad del modelo de producto completo, ya que la transferencia o el intercambio de datos entre etapas o programas, no cuentan con el apoyo suficiente por compatibilidad o frecuentemente por los datos no geométricos. Además, la verificación

y representación de los modelos de productos no es fácil, ya que actualmente los programas o software de ingeniería aplicados en los diseños de productos o los planes de procesos virtuales no suelen representar la realidad al cien por ciento por la cantidad de datos, parámetros y variables utilizados.

Recientemente, debido al impulso de la globalización industrial y la personalización masiva, la tendencia de la ingeniería concurrente y colaborativa ha llevado a una estrecha integración de los dominios de productos y procesos, así como a los sistemas CAX. (Wang & Nee, 2009)

La tarea principal de los sistemas CAX (Computer Aided, donde "x" significa Diseño, Manufactura, Ingeniería, etc.) es apoyar la configuración de la geometría del producto, sus características visuales y técnicas. Los sistemas CAX no se ocupan de la interacción del producto modelado con otros objetos, como, por ejemplo, pruebas de colisión en módulos de ensamble. (Trojanowska, Cizak, Mendez Machado, & Pavlenko, 2019)

La dificultad para el ingeniero en el uso de herramientas CAX también se reduce cuando la aplicación se integra en el entorno CAD relevante. La estrecha colaboración entre los ingenieros de diseño y los ingenieros de CAE también puede mejorar la optimización inicial del producto. El uso del mismo sistema CAX ahorra un tiempo precioso al evitar la conversión de datos y el mantenimiento de datos redundantes. (Hirz, Dietrich, Gfrerrer, & Lang, 2013)

## 2. DESARROLLO

Con el desarrollo de la tecnología informática y la combinación de gráficos por computadora y el diseño mecánico, el sistema de diseño asistido por computadora (CAD) que toma la base de datos como núcleo, el sistema de gráficos interactivos como método, junto con el análisis y cálculo del proyecto como cuerpo principal, dicho sistema también obtiene una aplicación generalizada en el ámbito de la fabricación digital. El CAD completa el diseño del producto, con la ayuda de la tecnología informática y gráfica. El sistema CAD describe con precisión objetos en espacios bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D) en forma de digitalización, promoviendo así la capacidad descriptiva y productividad de manera efectiva en el proceso de producción. Con la tecnología de Control Numérico y la máquina herramienta CNC, la producción y el desarrollo de la tecnología CAD sientan las bases para la digitalización y automatización del proceso de diseño de productos de la industria manufacturera.

La Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) es una extensión de la tecnología CAD, que realiza análisis, cálculo, verificación y simulación de ingeniería integral para modelos de piezas en el proceso de fabricación mediante el uso de sistemas informáticos, llevando a cabo una evaluación efectiva y dando resultados de juicio para el funcionamiento, rendimiento y varios índices de diseño de productos.

En el proceso de fabricación del producto, se transforma el diseño CAD en información de fabricación, reglas de proceso y fabricación de maquinaria de procesamiento para realizar combinaciones efectivas; y una clasificación según los procedimientos programados, y seleccionando las herramientas, accesorios y tecnologías de medición adecuadas para determinar parámetros tales como; parámetros de corte, y calculando así el tiempo de maniobra y el tiempo auxiliar, que forma la tecnología de procesamiento asistido por computadora (CAPP). La tecnología CAPP no solo supera varias deficiencias en el diseño de tecnología tradicional, sino que se adapta a la demanda del proceso de fabricación moderno que se automatiza día a día, sino que también proporciona la base técnica necesaria para la realización de la manufactura integrada por computadora en la fabricación digital.

La Manufactura Asistida por Computadora (CAM) es la suma de todas las actividades directas e indirectas desde la pieza en bruto hasta el producto terminado, completadas en el proceso de manufactura del producto utilizando tecnologías asistida por computadora. (Zhou , Xie, & Chen, 2012)

Las herramientas de software CAx se han producido desde la década de 1970 para una variedad de plataformas informáticas. Un panorama de las principales herramientas de software CAx se muestra en el siguiente esquema. (Ma, 2013)

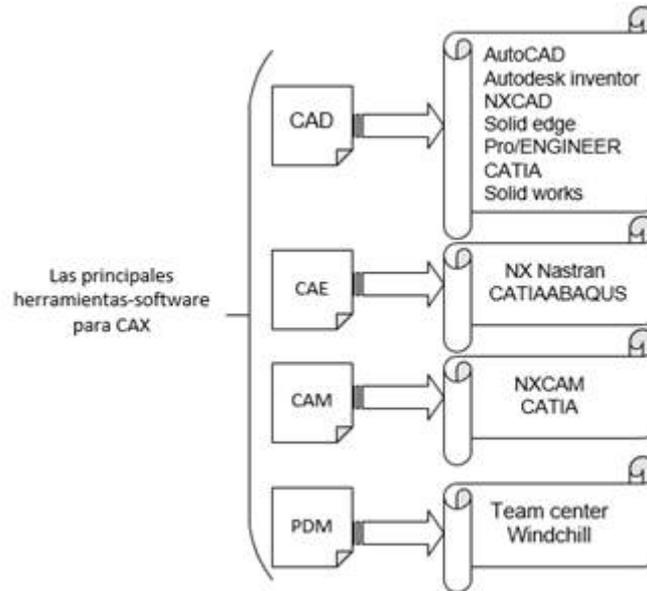


FIG.1

Fig.1 Cuadro sinóptico sobre las herramientas y software de las CAx.

### 3. ANÁLISIS

La definición profesional aceptada la establece la Industrial Design Society of America. Según IDSA, “Diseño Industrial (ID) es el servicio profesional de creación de productos y sistemas que optimizan la función, el valor y la apariencia para el beneficio mutuo del usuario y el fabricante”. Si reemplazamos el término de diseño industrial por ingeniería mecánica, esta definición seguirá siendo válida. Incluso cuando leemos las líneas siguientes de la definición, un ingeniero aún podría cumplir con los mismos criterios. “Los diseñadores industriales desarrollan productos y sistemas a través del análisis de recolección y síntesis de datos guiados por los requerimientos especiales de su cliente y fabricante. Preparan recomendaciones claras y concisas a través de dibujos, modelos y descripciones. Diseñadores industriales mejoran; además de crear y, a menudo, trabajan en grupos multidisciplinarios que incluyen especialistas en gestión, marketing, ingeniería y especialistas en manufactura”. (Chung, 2019)

La definición oficial de Ingeniero Industrial del IIE (2015) que se considera representativa: “La ingeniería industrial se ocupa del diseño, mejora e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipos y energía. Se basa en conocimientos y habilidades especializados en las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios y métodos de análisis y diseño de ingeniería, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de dichos sistemas”. (Amorim, Ferreira, Vieira Junior, & Prado, 2017)

Los dos conceptos principales en los que la Industria 4.0 se centra es la conectividad y la interface hombre-máquina HMI. Los cuales no funcionan solos, sino que funcionan como una combinación de tecnologías.

Esto incluye la vinculación de la máquina con otra máquina para una recopilación y un seguimiento eficientes de los datos. La comunicación eficiente de la información es la base de la Industria 4.0. La conectividad juega un papel dominante en las industrias donde la calidad y la eficiencia del producto son

vitales en la lógica de producción. El grado de conectividad puede ser de tres tipos, a saber, uno a uno, uno a muchos y muchos a muchos.

UNO-A-UNO: uso individual de los datos de la máquina para monitorear, controlar y optimizar dispositivos individuales.

UNO A MUCHOS: las piezas de la máquina en red permiten el uso colectivo de los datos de la máquina para supervisar, controlar y optimizar todos los dispositivos.

MUCHOS A MUCHOS: uso integrado de los datos de la máquina que conectan los datos de la máquina con los procesos.

El trabajo principal del concepto de conectividad es comunicar los datos y la información (tanto en transmisión como en recepción). El tema principal de la conectividad entre las máquinas son los sistemas ciberfísicos (CPS). Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) es una red de dispositivos que está vinculada con el CPS. IoT ayuda a las máquinas y unidades a comunicarse entre sí y con su cadena de suministro y, por lo tanto, proporciona una transferencia de datos clara, precisa y oportuna para lograr la coordinación en la cadena de suministro. Los datos y la información generada por las máquinas se recopilan y procesan en la nube donde se calculan el rendimiento y los factores de riesgo en tiempo real. Como resultado de esto, la computación en la nube se convertirá en un concepto emergente en Internet.

En lo que respecta a HMI, por sus siglas en inglés (Human-Machine Interface), es el enlace o la interacción entre los humanos (operadores) y las máquinas. Aunque todo el concepto de Industria 4.0 es automatizar completamente el proceso de fabricación a través de la auto optimización, hay pocos desafíos que deben cumplirse. Para superar estos desafíos, se requiere la interacción humana con las máquinas de vez en cuando. La tecnología HMI generalmente se prefiere en las empresas donde la flexibilidad es una característica clave. Aquí, el operador es el factor flexible en la configuración de fábrica que interactúa con la máquina manualmente.

Como serán los principales solucionadores de problemas y tomadores de decisiones, se les debe proporcionar datos e información suficientes a través de dispositivos como teléfonos móviles y dispositivos sensibles al contexto. A través de la Industria 4.0, se cree que el concepto de automatización nos lleva a un punto llamado "automatización mixta" donde tanto los humanos como las máquinas (robots) trabajan juntos en el entorno de la fábrica sin ninguna división entre ellos. (Arockiarajan, Duraiselvam, & Raju, 2021)

El término Industria 4.0 fue acuñado en 2011 en Alemania, para una estrategia de proyecto de alta tecnología por parte del gobierno de Alemania para promover la digitalización del sistema de fabricación industrial. La Industria 4.0 implica la automatización del proceso de intercambio de datos entre sistemas de fabricación mediante la integración de IoT con la computación cognitiva y en la nube, por lo que se conoce como Cyber Physical Systems (CPS). La Industria 4.0 contiene innumerables paradigmas y tecnologías que incluyen el desarrollo de productos colaborativos, computación en la nube, Internet de las cosas (IoT), Planificación de recursos empresariales (ERP), Tecnología de la información y la comunicación (TIC), Identificación por radiofrecuencia (RFID), etc. (Patnaik, 2020)

En otras palabras, la Industria 4.0 requerirá la integración de CPS en la manufactura y logística, al introducir el Internet de las cosas y los servicios en el proceso de fabricación. Esto traerá nuevas formas de crear valor, así como modelos de negocios y servicios posteriores para las PYME (pequeñas y medianas empresas). (Gilchrist, 2016) Sistemas CAX

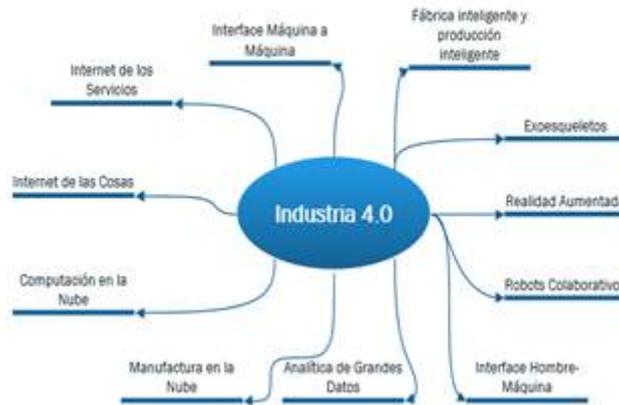


FIG.2  
Fig.2 Aplicaciones de la Industria 4.0

Los sistemas de información técnica a menudo se denominan sistemas CAx porque sus nombres incluyen las palabras "Asistido por Computadora" (Computer Aided). En la década de 1980, varias técnicas de CA, se combinaron bajo el término "Manufactura Integrada por Computadora" (CIM).

Manufactura integrada por computadora o la fabricación integrada por computadora (CIM) es un enfoque integral que constituye los sistemas de información comercial y técnica de una empresa de manufactura. La parte comercial está representada principalmente por la planificación y el control de la producción (o MRP II), mientras que la parte técnica está compuesta por sistemas CAx.

En otras palabras, quiere decir que la parte izquierda del modelo Y corresponde a todas las actividades de carácter de tipo administrativa y de gestión; y la parte derecha de la Y, son todas las actividades de ingeniería y operativas, ambas actividades tanto las administrativas como las operativas son ejecutadas por ingenieros industriales principalmente, o ingenieros en otras áreas como por ejemplo manufactura, mecánica o ingenieros en diseño industrial.

Para la planificación y el control de la fabricación, las perspectivas comerciales y de ingeniería son igualmente importantes. La figura 3 ilustra esta lógica con la ayuda del llamado modelo Y.

El modelo Y; las CAx y los Sistemas CAX, suelen usarse en la actualidad en las disciplinas de: Diseño e Ingeniería a nivel Industrial, donde la integración de las diversas herramientas tecnológicas dependerá del tipo de industria donde se han de aplicar. Por ejemplo, para los casos de la Industria 4.0, se considera primordialmente a la Industria Automotriz, Aeronáutica, Médica y todas aquellas empresas donde constantemente están buscando optimizar el diseño y desarrollo de productos a través de las nuevas tecnologías asistidas por computadora.

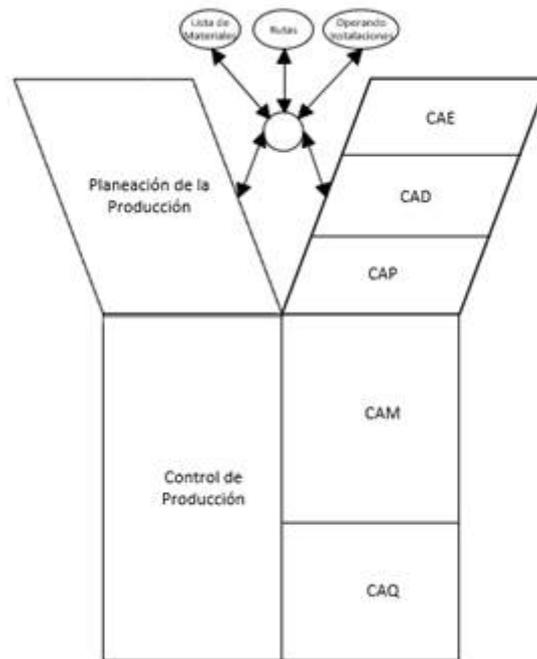


FIG.3

Fig.3 Modelo Y para la Manufactura Integrada por Computadora, Mejor conocida como CIM, por sus siglas en inglés (Computer Integrated Manufacturing)

Este modelo fue desarrollado a fines de la década de 1980 por August-Wilhelm Scheer en el Instituto de Sistemas de Información de la Universidad de Saarbrücken en Alemania. (Kurbel, 2013) El aspecto más importante de CIM es la letra "I" (para "integrado").

#### 4. ABREVIACIONES Y ACRÓNIMO

- Ingeniería asistida por computadora (CAE)
- Diseño asistido por computadora (CAD)
- Planificación asistida por computadora (CAP)
- Manufactura asistida por computadora (CAM)
- Calidad asistida por computadora (CAQ)
- Administración de Datos del Producto (PDM)
- Planeación de Recursos de Manufactura (MRP II)

(CAX) en el campo de la Ingeniería, la "X", puede ser igual a: Diseño, Análisis, Planificación de Procesos, Manufactura, Calidad, Innovación, Tecnología. Algunos autores la manejan como "X" mayúscula y algunos otros con "x" minúscula. También hay quienes la consideran solo como herramienta y otros únicamente como una tecnología.

#### 5. CONCLUSIONES

Existen diversas aplicaciones que puede tener la industria 4.0 y la gran mayoría de ellas se pueden desarrollar haciendo uso de las CAX, por ejemplo; para el caso particular de la manufactura en la nube y la fábrica inteligente se puede hacer uso del CAM, que como ya se mencionó anteriormente se puede generar la programación desde el material de partida hasta obtener la pieza mecanizada a través del uso de una

máquina CNC y con el uso de algún software, como por ejemplo Mastercam. Otra alternativa podría ser la manufactura aditiva, en donde para esta es necesario hacer uso del CAD, para diseñar el modelo 3D y posteriormente considerar las diferentes opciones de impresión o prototipado.

El uso de las CAX, en el área de Diseño e Ingeniería Industrial es imprescindible y fundamental, debido a como se describió en los conceptos de las dos disciplinas, las dos buscan desarrollar sistemas y mejorarlos con el propósito de ir estableciendo los pasos optimizados y maximizando la calidad de los procesos y productos; y/o servicios que se generan, como por ejemplo en la actualidad es posible pensar en la interacción entre CAX-INDUSTRIA4.0-FABRICA INTELIGENTE-MANUFACTURA ADITIVA. Lo anterior se resume en que actualmente gracias a las presentes y diversas herramientas tecnológicas que existen, es posible diseñar, analizar y fabricar a la distancia; alguna pieza, parte o componente por mecanizado o impresión 3D.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación ha sido gracias al apoyo de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ingeniería y Arquitectura. Laboratorio de Manufactura. Y también gracias a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División CYAD.

## REFERENCIAS

- Amorim, M., Ferreira, C., Vieira Junior, M., & Prado, C. (2017). *Engineering Systems and Networks*. Switzerland: Springer
- Arockiarajan, A., Duraiselvam, M., & Raju, R. (2021). *Advances in Industrial Automation and Smart Manufacturing*. Singapore: Springer.
- Association, I. R. (2013). *Industrial Engineering: Concepts, Methodologies, Tools and Applications*. USA: Engineering Science Reference.
- Birkhofer, H. (2011). *The Future of Design Methodology*. London: Springer.
- Chung, W. (2019). *The Praxis of Product Design in Collaboration with Engineering*. Switzerland: Springer.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0*. Thailand: Apress.
- Hirz, M., Dietrich, W., Gferrer, A., & Lang, J. (2013). *Integrated Computer-Aided Design in Automotive Development*. Berlin: Springer.
- Kurbel, K. (2013). *Enterprise Resource Planning and Supply Chain Management*. Berlin: Springer.
- Ma, Y.-S. (2013). *Semantic Modeling and Interoperability in Product and Process Engineering*. London: Springer.
- Patnaik, S. (2020). *New Paradigm of Industry 4.0*. Switzerland: Springer.
- Rios, J., Bernard, A., Bouras, A., & Fofou, S. (2017). *Product Lifecycle Management and the Industry of the future*. Spain: Springer.
- Rizzi, C., Oreste, A., Leali, F., Gherardini, F., Pini, F., & Vergnano, A. (2019). *Design Tools and Methods in Industrial Engineering*. Italy: Springer.
- Trojanowska, J., Cizak, O., Mendez Machado, J., & Pavlenko, I. (2019). *Advances in Manufacturing II*. Switzerland: Springer.
- Udroiu, R. (2016). *Computer-aided Technologies Applications in Engineering and Medicine*. Spain: ExLi4EvA.
- Wang, L., & Nee, A. (2009). *Collaborative Design and Planning for Digital Manufacturing*. London: Springer.
- Zhou, Z., Xie, S., & Chen, D. (2012). *Fundamentals of Digital Manufacturing Science*. London: Springer.