

03-028

SMART AND CONNECTED SUPPLY CHAIN

Montoro Osuna, Estela M^a; Ávila Gutiérrez, M^a Jesús; Aguayo González, Francisco; Martín Gómez, Alejandro Manuel

Universidad de Sevilla (US)

With the arrival of the Internet of Things (IoT) and the Industrial Internet of Things (IIoT), the connectivity of all the elements along the supply chain is a reality that offers the possibility of tracking any element that integrates it. To use the information that is obtained from a supply chain that is always connected and working, “digital twins” (a virtual clone of its physical elements, processes and systems) are used. As soon as real conditions change, those changes are made also along the virtual world (digital twin) in real time and that allows an instantaneous simulation of the environment and generates the opportunity to take better, more optimized and faster decisions. All that is translated into a competitive advantage and an improvement in performance. This paper will establish a review of the main concepts around the supply chain from the perspective of digitalization. A review of the main concepts related to supply chain will be done in this paper using the digitalization perspective.

Keywords: *supply chain; internet of things (IoT); digital twin; optimization; cloud.*

CADENA DE SUMINISTRO INTELIGENTE Y CONECTADA

Con la llegada del internet de las cosas (IoT) y el internet industrial de las cosas (IIoT) la conectividad de todos los elementos de la cadena de suministro es una realidad que brinda la posibilidad de rastrear cualquier elemento de la misma. Para aprovechar la información que se genera de una cadena de suministro continuamente conectada y en funcionamiento, se empiezan a emplear los denominados gemelos digitales, una réplica virtual de dicha cadena incluyendo los activos físicos, los procesos y los sistemas. A medida que cambian las condiciones reales que afectan a la cadena de suministro, estas son registradas en el modelo virtual (gemelo digital) en tiempo real lo que permite una simulación instantánea del entorno y genera la oportunidad de tomar decisiones mejores, más optimizadas y en menor tiempo, hecho que supone una ventaja competitiva y una mejora en el desempeño. En este trabajo se va a establecer una revisión de los principales conceptos en torno a la cadena de suministro desde la perspectiva de la digitalización.

Palabras clave: *cadena de suministro; internet de las cosas (IoT); gemelo digital; optimización; nube*

Correspondencia: Estela Montoro: estelamontoro1@gmail.com

Francisco Aguayo: faguayo@us.es

M^a Jesús Ávila: mavila@us.es

Alejandro Manuel Martín: ammartin@us.es



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La cadena de suministro se define como la secuencia de procesos que están involucrados en la producción y distribución de un determinado producto, como pueden ser el aprovisionamiento, la planificación, la logística, la producción, etc. (Chopra & Meindl, 2008).

Se consideran como principales características de la misma las siguientes (Sepúlveda, 2019):

- El cliente es la parte más importante puesto que la finalidad última del entramado de la cadena de suministro es poder satisfacer sus necesidades.
- Los procesos están interconectados, de manera que cualquier cambio en uno de los eslabones de la misma afecta a los demás.
- Está en continuo cambio y requiere de un flujo de información constante entre los diferentes eslabones.
- Su configuración ha de adaptarse a la idiosincrasia de cada empresa y sector, es decir, no hay un modelo único y universal de cadena de suministro.

Si bien se ha indicado que no hay una cadena de suministro universal, todas deben tener una estrategia sustentada en dos pilares fundamentales:

- Debe ser integral, es decir, todos los procesos o elementos que intervienen deben ser tenidos en cuenta.
- La información es el principal elemento facilitador hacia el éxito. Generar información y ser capaz de procesarla permitirá el alineamiento de todas las partes integradoras.

Todos los procesos que integran la cadena de suministro se están viendo afectados en los últimos años por un cambio sin precedentes debido al desarrollo de la tecnología y la innovación, principalmente impulsados en la industria manufacturera bajo el paraguas del Internet de las Cosas (IoT) que recoge y explota otros avances como son la nube, el gemelo digital, las fábricas inteligentes, la inteligencia artificial, etc.

Todo esto está haciendo que las empresas se vean obligadas a gestionar con cautela la integración de los facilitadores digitales para mantener su ventaja competitiva ya que son evidentes los beneficios que se obtienen de la implantación adecuada de la digitalización a lo largo de toda la cadena de suministro: optimización de costes, flexibilidad en los procesos, mejoras en las previsiones (forecast accuracy), satisfacción del cliente, etc.

No obstante, capturar esta oportunidad que brinda la digitalización supone pensar en la inversión requerida. En la actualidad, para hacer frente a la implantación de las mejoras tecnológicas es necesario plantearse una inversión cuantiosa en términos monetarios y de recursos, por lo que es necesario que se desarrollen estudios exhaustivos previos sobre cada uno de los elementos integradores de la cadena de suministro inteligente y conectada y realizar, a su vez, un análisis de la propia organización que permita determinar si la compañía es lo suficientemente madura para abordar la integración de tecnología de vanguardia y un cambio en los procedimientos y procesos, si hay talento suficiente para desarrollar los cambios y si la estructura favorece la mejora continua requerida y es que, el verdadero empuje que hay tras la digitalización de la cadena de suministro y su evolución hacia un conjunto de eslabones inteligentes y conectados es la mejora continua: lo que no se mide no se puede mejorar.

2. Objetivos

La creación del artículo responde a una serie de objetivos que han sido marcados para su desarrollo y que pueden verse resumidos en los siguientes puntos:

1. Revisión de los principales conceptos en torno a la cadena de suministro desde la perspectiva de la digitalización.
2. Dar a conocer la relación entre los distintos conceptos dentro de la digitalización de la cadena de suministro.

3. Metodología

Para la preparación del texto se ha realizado una revisión bibliográfica asociada a los siguientes términos:

- Cadena de suministro
- Cloud (nube)
- Digitalización de la industria
- Gemelo digital
- Industria 4.0
- Internet de las Cosas (IoT)
- Smart manufacturing

Las búsquedas de artículos de interés relacionados con los conceptos listados anteriormente han sido realizadas, principalmente, en la base de datos bibliográfica Scopus.

La estructura seguida en el presente artículo consiste en realizar una revisión de los conceptos relacionados con la cadena de suministro inteligente y conectada y determinar la confluencia e interrelación de los distintos agentes que en ella participan a fin de recopilar en un solo documento el estado de arte de la literatura afín a esta temática.

4. Estructura Conceptual de la Industria 4.0

4.1 Internet de las Cosas (IoT)

El internet de las cosas es un término que se acuñó en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y hace referencia a una extensión de la aplicación de internet. Consiste en la conexión de dispositivos de diversa índole a través de la red de forma que estos puedan intercambiar información y comunicarse, llegando a interactuar los unos con los otros y pudiendo ser monitoreados y gestionados a distancia.

Como ya se ha comentado, el internet de las cosas, o Internet of Things, supone un avance tecnológico de amplio calibre que permite conectar dispositivos “inteligentes” a través de internet, creando una red de objetos que son la base del gemelo digital de cualquier industria (De Vass, Shee & Miah, 2018) y que permitirá realizar pruebas en el mundo virtual y predecir comportamientos antes de que estos ocurran o se lleven a cabo en el mundo físico.

Un área donde el IoT puede resultar particularmente revolucionario es la producción. El empleo de sensores integrados en todos los elementos a pie de fábrica permite recopilar datos a tiempo real sobre la producción, teniendo una monitorización del proceso muy precisa que puede ayudar en el mantenimiento predictivo (reduciendo las paradas por

averías), flexibilizar el proceso productivo para adaptarlo a los cambios del mercado o gestionar mejor los inventarios, por ejemplo.

A pesar de que hoy en día ya existen numerosos dispositivos con sensores y actuadores que permiten asegurar que está ya implantada una primera fase del internet de las cosas, tanto en el ámbito industrial como en los hogares, es necesario recalcar que aún existen numerosos retos que deben ser superados dentro del paradigma de la hiperconexión (Tadejko, 2018):

1. Privacidad y seguridad. Precisamente la característica de empoderamiento del IoT, la hiperconexión, es también su punto más débil. Los sistemas de seguridad y los protocolos de privacidad deberán de generarse de una forma más robusta para evitar el uso fraudulento de la información y los ciberataques.
2. Estandarización e interoperabilidad. Es necesario asegurar una serie de modelos y estándares que permitan la proliferación de los dispositivos asociados al IoT.
3. Big Data. Se debe abordar la gestión de datos captados continuamente de innumerables dispositivos que estarán conectados, así como la ubicación y forma en la que se guardarán estos datos y cómo podrá analizarse el gran volumen de los mismos para convertirlos en información.
4. Tecnología. Integración de los elementos necesarios teniendo presentes las restricciones de energía y medioambiente, principalmente.

Si se focalizan los retos del IoT al ámbito de la cadena de suministro, se puede realizar una lista más detallada sobre los retos que, sin ser exhaustiva, resultaría así (Pishdar et al., 2018):

1. Dificultad en conseguir predicciones. No es fácil determinar cómo y dónde se puede usar el IoT exactamente, de manera que las consecuencias de sus aplicaciones son impredecibles.
2. Falta de estrategia y escenario de planificación. A muchas empresas les falta definir sus estrategias relacionadas con el IoT y desconocen cómo utilizar la información que se genere para controlar la cadena de suministro.
3. Escalabilidad e interoperabilidad. Se ven dificultadas por la necesidad de personalizar las soluciones relacionadas con el IoT.
4. Cuestiones financieras. Se debe valorar la inversión en base al retorno de la misma.
5. Nuevos modelos de negocio. El mundo digital altamente conectado cambiará los modelos de negocio actualmente empleados.
6. Responsabilidad compartida. Se deberá fijar la responsabilidad de cada actor en relación con los posibles errores que devengan en un contexto en el que se pretenden eliminar las barreras de la información.
7. Marco legal. Es necesario crear una legislación robusta en torno a la legitimidad, la transparencia y las responsabilidades.

Si bien el IoT no se trata de tecnología únicamente, esta sí juega un papel fundamental en su desarrollo. Las empresas deberán ser detallistas a la hora de seleccionar su tecnología (sus datos serán tan buenos como sus sensores lo permitan) y seguir estrictos procesos de mantenimiento y validación porque las condiciones de los entornos industriales propician el deterioro de la tecnología implantada.

Así mismo, para discriminar qué datos son información potencial y cómo tratarlos para hacerlos útiles será necesario la aparición de una nueva figura, el denominado “científico de datos” (data scientific) que los contextualice e interprete.

4.2 Cadena de Suministro

La cadena de suministro que se conoce hoy en día debe transformarse dentro de la ola de cambios impuesta por la globalización hasta convertirse en una red sensible a la demanda que pueda implementar los requisitos volubles del mercado de forma rápida para que las empresas mantengan su ventaja competitiva (Agrawal & Narain, 2018).

En la actualidad la cadena de suministro ya integra el uso de diferentes tecnologías como el intercambio electrónico de datos (EDI), los ERP, el RFID, el comercio electrónico, etc., pero precisamente por estar ya tan extendidas estas prácticas dejan de marcar la diferencia y son insuficientes para captar los patrones de demanda y los comportamientos de compra con los que los clientes ejercen tanta presión sobre la cadena de suministro (Agrawal & Narain, 2018).

La integración de la cadena de suministro se suele definir como una gestión colaborativa inter- e intraorganizacional en los procesos que incluyen los tres niveles del negocio (estratégico, táctico y operativo). Dicha integración persigue el flujo efectivo y eficiente de productos, información y fondos para maximizar la satisfacción del cliente al menor precio y con la mayor velocidad posible (De Vass, Shee & Miah, 2018).

Dentro de la facilitación del flujo al que se hace referencia en el párrafo anterior, entra en juego el IoT, ensalzando o mejorando características a través de la digitalización en la cadena de suministro (Tadejko, 2018) (Agrawal & Narain, 2018) (Uhlemann et al., 2017):

1. Mejora en la toma de decisiones gracias a la gestión de información.
2. Mejora en la gestión de inventarios. El recuento de inventarios puede llegar a desaparecer gracias a la visión en tiempo real de los elementos que lo componen y la optimización de la capacidad de los almacenes emerge como consecuencia de una mayor transparencia en su gestión.
3. Optimización de la logística. La captación en tiempo real de datos puede ser empleada para desarrollar aplicaciones de optimización de la ruta, mejora en la entrega de la última milla, etc.
4. Gestión de la cadena de suministro en tiempo real. La gestión de información de manera más fluida desde los proveedores hasta los clientes evitaría el efecto látigo y aumentaría la satisfacción de los clientes gracias a la flexibilización de toda la cadena.
5. Visibilidad sobre la logística. Mediante dispositivos inteligentes se puede tener información del transporte (ubicación, incidencias.) disponible para todos los actores de la cadena de suministro, hecho que puede reducir los costes al evitar o minimizar los rechazos en el cliente, por ejemplo.
6. Mantenimiento predictivo. La generación de información permitiría la creación de planes de mantenimiento predictivo más eficaces a lo largo de toda la cadena de suministro.
7. Reducción de costes gracias a la satisfacción del cliente, a mayores ventas y la reducción de los riesgos asociados a la rigidez actual.

4.3 Cloud

El cloud computing, o computación en la nube, es la práctica de usar una red de dispositivos remotos conectados a lo largo de diversos puntos para almacenar, gestionar y procesar datos, es decir, los datos se almacenan en una serie de servidores, no de forma local en los dispositivos, lo que permite hacer más robusto el sistema y reducir costes, principalmente.

Este paradigma ha sido desarrollado gracias a una serie de tecnologías previas como son el clúster, el peer-to-peer y la computación en malla (grid computing) (Araujo et al., 2018) y, junto al M2M se descubre como uno de los dos habilitadores principales de la Industria 4.0 (Pilloni, 2018).

La nube entra en juego dentro de la interconexión de los elementos de la cadena de suministro en la medida en que la comunicación hace inteligentes a los objetos. Los elementos regulares pueden aprovechar los recursos de los objetos inteligentes, estén estos o no ubicados cerca gracias a que se comparte en la nube la información (Pilloni, 2018).

La elección de utilizar recursos locales o remotos depende de la aplicación y de la ubicación de los recursos necesarios, es decir, de las capacidades de detección y/o procesamiento, y la capacidad de almacenamiento del sistema. Si los objetos que deben interactuar se encuentran cerca unos de otros será recomendable emplear tecnologías de comunicación de corto alcance, mientras que si los elementos no pueden contactar directamente unos con otros para intercambiar la información requerida será necesario el empleo de tecnologías Edge o Cloud (Pilloni, 2018).

En cuanto a la aplicación de la nube en la cadena de suministro, los principales problemas se deben a (Benotmane, Belalem & Neki, 2018) (Hattem et al., 2018):

1. Falta de inversión en IT.
2. Falta de experiencia en IT.
3. Recursos humanos insuficientes para operar en el ámbito de IT.
4. Dificultad de desarrollar nuevos componentes en IT e integrarlos con los existentes.
5. Creación de sistemas seguros en la nube. Esta preocupación obstaculiza el crecimiento proyectado del paradigma.

4.4 Gemelo Digital

Actualmente es posible ver simulaciones en 3D de productos, comportamiento de los materiales y procesos productivos, pero la creación de gemelos digitales persigue crear simulaciones sobre las operaciones en toda la cadena de suministro también. Con estas simulaciones se busca aprovechar la captación de datos en tiempo real para actualizar el modelo sobre el que se actúa en el mundo virtual y tener un mayor control y una mejor toma de decisiones sobre las acciones a implementar en la realidad antes de hacerlo.

El concepto del modelo digital fue presentado por primera vez por Grieves en la Universidad de Michigan (Qi et al., 2018) y cabe destacar que la fórmula habitual empleada a la hora de teorizar sobre la modelización de los gemelos digitales es a través de modelos de información que describen las máquinas físicas (Hu et al., 2018). No obstante, se persigue con ellos crear modelos virtuales de alta fidelidad de los objetos físicos en un entorno digital para simular sus comportamientos (Qi et al., 2018), por lo que no basta con una representación de la parte mecánica o geométrica solamente, sino que también es necesario incluir la parte electrónica, el software, etc. (Rabah et al., 2018).

El gemelo digital provee una forma efectiva para la integración ciberfísica de la producción. Gracias a él se podrá generar una planificación de la producción más razonable y precisa en la denominada producción inteligente (smart manufacturing) (Qi et al., 2018).

Los entornos de IT dentro de las empresas, que van desde los sistemas integrados a pie de planta hasta los sistemas de ejecución de operaciones y fabricación o los sistemas de planificación de recursos, formarán la base para el Digital Twin de las plantas de producción (Uhlemann et al., 2017) y los gemelos digitales podrán ser empleados tanto para la puesta en marcha de proyectos como durante todo su ciclo de vida (Schamp et al., 2018), por lo

que resulta interesante generar un gemelo digital (DT) de la cadena de suministro cuando se está diseñando esta y permitir su actualización mediante la correcta parametrización de la captación de datos para determinar su comportamiento una vez implantada.

4.5 Industria 4.0

La transformación digital es el proceso de cambio por el que las organizaciones emplean tecnologías digitales (como computación en la nube, impresión 3D, IoT, análisis de big data, etc.) para generar valor en los productos, cambiar la interacción con los proveedores, partners y consumidores y para cambiar la forma de competir en el mercado global (Agrawal & Narain, 2018). Como puede observarse, este concepto asume la creación de un sistema integrado de proveedores, productores y clientes (Saniuk & Saniuk, 2018).

Esta transformación digital fue bautizada como Industria 4.0 por el gobierno alemán que la presentó dentro de su plan estratégico de acción tecnológica para el 2020 y de acuerdo al cual las tecnologías basadas en internet serían usadas para mejorar los procesos industriales, desde la producción hasta la distribución. En el mismo periodo, otros países tomaron iniciativas similares como es el denominado Internet + en China y el Internet Industrial en EEUU. Todas estas iniciativas tienen en común el hecho de considerar los nuevos paradigmas del IoT, los sistemas ciberfísicos (CPS), crowdsensing, crowdsourcing, la computación en la nube y big data como facilitadores para convertir entornos normales en entornos inteligentes (Pilloni, 2018).

Los sistemas integrados tradicionales son concebidos como sistemas independientes, mientras que las tecnologías introducidas por la Industria 4.0 facilitan la comunicación y cooperación entre los integrantes del sistema por lo que aumenta el nivel de inteligencia del proceso en conjunto (Pilloni, 2018).

Los dominios de aplicación de la Industria 4.0 son muy diversos y la captura de datos se realiza de forma automática gracias a la digitalización de los procesos. Sin ser exhaustivos, se pueden destacar como aplicaciones de la I4.0 las siguientes (Pilloni, 2018):

- Control de la calidad
- Gestión de la cadena de suministro
- Monitoreo del producto
- Seguridad en el puesto de trabajo
- Uso de activos

Si bien es cierto que los dispositivos del IoT son uno de los principales impulsores, cabe destacar que la Industria 4.0 incluye puentes inteligentes entre sistemas CRM, SCM y ERP, redes sociales y otras fuentes de información para crear una red de información, gestión y control sin precedentes.

Se puede considerar que, gracias a todo esto, la I4.0 combina las ventajas de la producción personalizada con los beneficios de la producción de grandes lotes. Además, existe la posibilidad de obtener mejoras sustanciales gracias al uso de recursos materiales, productivos y humanos de las redes de cooperación con los socios con capacidades productivas sin utilizar (Saniuk & Saniuk, 2018).

4.6 Smart Manufacturing

Con el término smart manufacturing o digital manufacturing se hace referencia al uso de un sistema integrado que emplea simulación, visualización 3D, análisis, etc. para crear de manera simultánea las definiciones de los productos y sus procesos de fabricación.

Son los avances en la tecnología de generación de información como IoT, big data, cloud computing, inteligencia artificial, etc, y todas sus aplicaciones en la producción los que están posibilitando esta evolución de la industria manufacturera clásica a la producción inteligente (smart manufacturing) (Qi et al., 2018).

No obstante, esta transformación se está viendo retada por numerosas cuestiones relacionadas con la cantidad masiva de datos, como es la proliferación de datos multimodales, la dimensión del espacio característico y la multicolinealidad entre las mediciones de dichos datos (Wang et al., 2018).

Las instalaciones inteligentes deben centrarse en crear inteligencia dentro de la producción para impactar de manera positiva a lo largo de toda la organización. Esto se consigue a través de los sensores que recolectan datos de diferente índole a lo largo de toda la empresa, incluidas las líneas de producción, la maquinaria, el proceso, la actividad laboral y las condiciones del entorno (Wang et al., 2018).

Dentro de esta inteligencia en la producción el aprendizaje en profundidad (deep learning, en inglés) juega un papel crucial ya que persigue que la instalación aprenda de forma automática a partir de los datos que se recolectan, identificando patrones y tomando decisiones (Wang et al., 2018).

5. Conclusiones

Las conclusiones que se recogen de la generación de este documento son:

1. Confluencia de los conceptos de IoT, smart factory, cloud, Digital Twin, etc. en la denominada Industria 4.0.
2. El principal lastre que frena en la actualidad el avance de la Industria 4.0 es la seguridad que debe desarrollarse entorno a los sistemas, los cuales se ven expuestos por la hiperconexión.
3. La cadena de suministro conectada e inteligente es la máxima expresión de la Industria 4.0 y pretende explotar al máximo la hiperconexión de todos los elementos y agentes integrantes.
4. Una cadena de suministro conectada e inteligente requiere que todos los actores que la integran tengan similares estados de desarrollo en lo referente al paradigma de la Industria 4.0 para poder aprovechar las sinergias.
5. Las grandes empresas deben asumir el mando en el desarrollo del paradigma de la I4.0 y crear estándares que ayuden a sus partners a introducirse de forma satisfactoria en su cadena de suministro 4.0.

6. Referencias

- Agrawal, P. & Narain, R. (2018). Digital supply chain management: an overview. En Institute of Physics (Ed.) *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. Gran Bretaña: IOP Publishing. DOI: 10.1088/1757-899X/455/1/012074
- Araujo, J., Maciel, P., Andrade, E., Callou, G., Alves, V. & Cunha P. (2018). Decision making in cloud environments: an approach based on multiple-criteria decision analysis and stochastic models. *Journal of cloud computing: advances, systems and applications*.
- Benotmane, Z., Belalem, G. & Neki, A. (2018). Towards a cloud computing in the service of green Logistics. *International journal logistics systems and management*, 29, 37-61

- Chopra, S. & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson Educación.
- De Vass, T., Shee, H. & Miah, S. (2018). The effect of “internet of things” on supply chain integration and performance: an organisational capability perspective. *Australian journal of information systems*, 22.
- Hatem, N., Yusof, Y., Zuhra, A., Kadir, A. & Abedlhafd, M. (2018). A state-of-the-art study of cloud manufacturing. *International journal of engineering & technology*, 7, 34-37.
- Hu, L., Nguyen, N., Tao, W., Leu, M., Liu, X., Shahriar, M., Al Sunny, N. (2018). Modeling of cloud-based digital twins for smart manufacturing with MTConnect. *Procedia manufacturing*, 26, 1193-1203.
- Pilloni, V. (2018). How data will transform industrial processes: crowdsensing, crowdsourcing and big data as pillars of industry 4.0. *Future internet*, 10.
- Pishdar, M., Ghasemzadeh, F., Antuxhevičiene, J. & Sapauskas, J. (2018). Internet of things and its challenges in supply chain management: a rough strength relation analysis method. *E a M: Economie a Management*, 21, 208-22
- Qi, Q., Tao, F., Zuo, Y. & Xiao, D., (2018). Digital Twin Service towards smart manufacturing. *Procedia CIRP*, 72, 237-242.
- Rabah, S., Assila, A., Khouri, E., Maier, F., Ababsa, F., Bourny, V., Maier, P. & Mérienne, F. (2018). Towards improving the future of manufacturing through digital twin and augmented reality technologies. *Procedia Manufacturing*, 17, 460-467.
- Saniuk, S. & Saniuk, A. (2018). Challenges of industry 4.0 for production enterprises functioning within cyber industry networks. *Management systems in Production Engineering*, 26, 212-216
- Schamp, M., Hoedt, S., Cleys, A., Aghezzaf, E. & Cottyn, J. (2018). Impact of a virtual twin on commissioning time and quality. *IFAC PapersOnLine*, 51, 1047-1052.
- Sepúlveda, W. (2019, 28 Marzo). *Universal Music CEO on Technology*. Mensaje publicado en <https://www.eoi.es/blogs/mintecon/2014/04/05/la-cadena-de-suministro/>
- Tadejko, P. (2018) Application of internet of things in Logistics – current challenges. *Journal of Environmental Economics and Management*, 7, 54-64.
- Uhlemann, T., Schock, C., Lehmann, C., Freiburger, S. & Steinhilper, R. (2017). The Digital Twin: demonstrating the potential of real time data acquisition in production systems. *Procedia Manufacturing*, 9, 113-120.
- Wang, J., Ma, Y., Zhang, L., Gao, R. & Wu, D. (2018). Deep learning for smart manufacturing: methods and applications. *Journal of manufacturing systems*, 48, 144-156.