



ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO SOBRE LOS PROCESOS INTELIGENTES EN LA MANUFACTURA EN LA BASE DE DATOS SCOPUS

BIBLIOMETRIC STUDY ON INTELLIGENT PROCESSES IN MANUFACTURING IN THE SCOPUS DATABASE

Yaimy Toranzo-Armas
Universidad de Holguín, Cuba
yai.jto@gmail.com
<https://orcid.org//0000-0003-0389-054X>

Mariluz Llanes-Font,
Universidad de Holguín, Cuba
mllfont62@gmail.com
<https://orcid.org//0000-0001-9614-1251>

Maira Rosario Moreno-Pino
Universidad de Holguín, Cuba
mayramp188@gmail.com
<https://orcid.org//0000-0002-9871-695X>

Ernesto Batista-Sánchez
Universidad de Limerick, Irlanda
Ernesto.BatistaSanchez@ul.ie
<https://orcid.org//0000-0003-1271-4249>

Recibido: 27 de noviembre 2025

Revisado: 19 febrero de 2026

Aprobado: 7 de mayo de 2026

Cómo citar: Toranzo-Armas, Y; Llanes-Font, M; Moreno-Pino, M. R. y Batista-Sánchez, E. (2026). Estudio bibliométrico sobre los procesos inteligentes en la manufactura en la base de datos SCOPUS. *Bibliotecas. Anales de Investigación*;22(2), 1-15

RESUMEN

Objetivo: caracterizar la producción científica en la base de datos Scopus sobre los procesos inteligentes en la manufactura. **Metodología:** estudio exploratorio-descriptivo, marco temporal: 1982-2023. Unidades de estudio: materiales originales publicados en Scopus como resultado de la cadena de búsqueda seleccionada. Se empleó R para los análisis de indicadores bibliométricos, Microsoft Excel 2003 como apoyo para organizar y verificar la información, y VOSviewer para el mapeo de palabras clave. **Resultados y Discusión:** la producción científica del campo muestra una tendencia creciente en el período analizado; predominan los publicados en inglés y chino. Se desarrollaron investigaciones, mayoritariamente, en China y Estados Unidos. Los autores más productivos son 6, con un mínimo de 4 documentos cada uno. Al analizar la co-citación por referencias, se observa la formación de 2 clústers principales, sobre la gestión estratégica de la tecnología y

sobre los sensores y la tecnología para la medición y detección de variables físicas. Se analizó la co-ocurrencia de palabras clave que aparecieron en un mínimo de 10 materiales. Se identificaron las 10 palabras clave más empleadas y su uso en el tiempo. **Conclusiones:** se observa un creciente interés en los procesos inteligentes en la manufactura, reflejado en el aumento de publicaciones en los últimos años. Las áreas de investigación más destacadas incluyen la optimización de procesos y la automatización inteligente. Entre las limitaciones del estudio se encuentran la consulta exclusiva de Scopus y la delimitación léxica adoptada en la estrategia de búsqueda. **Originalidad/Valor:** conocer las tendencias sobre el tema, permite a los investigadores mantenerse actualizados sobre los avances recientes e identificar brechas en el conocimiento existente.

PALABRAS CLAVE: procesos inteligentes; manufactura; procesos

ABSTRACT

Objective: to characterize the scientific production in the Scopus database on intelligent processes in manufacturing. **Methodology:** exploratory-descriptive study, time frame: 1982-2023. Study units: original materials published in Scopus as a result of the selected search string. R was used for bibliometric indicator analysis, Microsoft Excel 2003 only to organize and verify the information, and VOSviewer for keyword mapping. **Results and Discussion:** Scientific production in the field shows a growing trend over the period analyzed, with a predominance of publications in English and Chinese. Research was mainly conducted in China and the United States. The 6 most productive authors published at least 4 documents each. Reference co-citation analysis revealed 2 main clusters: strategic technology management, and sensors and technologies for measuring and detecting physical variables. Keyword co-occurrence was analyzed for terms appearing in at least 10 documents. The 10 most frequently used keywords and their use over time were identified. **Conclusions:** there is a growing interest in intelligent processes in manufacturing, reflected in the increase in publications in recent years. Prominent research areas include process optimization and intelligent automation. The study is limited by the exclusive use of Scopus and by the lexical delimitation adopted in the search strategy. **Originality/Value:** understanding trends in the field allows researchers to stay updated on recent advancements and identify gaps in existing knowledge

KEYWORDS: Intelligent processes; Manufacturing; Processes

INTRODUCCIÓN

Esta nueva era de la industria se basa en la integración de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, la robótica, el internet de las cosas y la automatización, para crear sistemas inteligentes que pueden comunicarse y colaborar de manera autónoma (Singapore Economic Development Board, 2017). El nuevo paradigma llamado Industria 4.0 surge de la convergencia entre los mundos físico y digital. Su adopción plantea una transformación de la forma en que se crean los productos, se gestionan las cadenas de suministros y se definen las cadenas de valor, impulsado por el rápido desarrollo de tecnologías de la información de nueva generación (Zhang et al., 2020). Tiene implicaciones en diversos ámbitos, por lo que es importante estar al tanto de estos avances y adaptarse a ellos para mantenerse competitivo en un entorno cada vez más digitalizado. De esta forma, los procesos convencionales se comienzan a transformar en procesos inteligentes, que según MINTIC (2022) son digitales, automatizados, accesibles y adaptativos, basados en criterios de calidad, a partir del entendimiento de las necesidades del usuario y su experiencia, implementando esquemas de atención proactiva y el uso de tecnologías emergentes.

La bibliometría es un campo de investigación emergente y de frontera de la bibliotecología y ciencia de la información, que ha tenido un gran desarrollo en las últimas décadas (Gallegos et al., 2020). Estudia la naturaleza y el curso de la comunicación científica para lo que utiliza análisis cuantitativos de la producción científica a través de la literatura y se emplean procedimientos estadísticos y matemáticos (Alberca Sialer, 2020). Su finalidad es evaluar y analizar la producción académica en diferentes áreas de la ciencia y el conocimiento (Rivera-Arroyo et al., 2021). Se aplica en diversos contextos, como la elección de textos y publicaciones periódicas, la identificación de aspectos temáticos de la literatura, la historia de la ciencia, la valoración de bibliografías y la identificación de países, organismos o autores más productivos. Aunque el análisis bibliométrico tiene sus limitaciones, aún puede ser una herramienta valiosa para investigadores en diversos campos (Martínez et al., 2023).

Entre los estudios bibliométricos realizados que guardan relación con los procesos inteligentes, se encuentran referidos a los procesos de negocio en la transformación digital (Truong et al., 2023), a la aplicación de inteligencia artificial a la gestión de proyectos de innovación (Mesa Fernández et al., 2022) y a la automatización robótica de procesos (Fernandez et al., 2023). El uso de tecnologías de la información en los procesos de toma de decisiones (Valle et al., 2021) y la gestión de la producción a partir de modelos inteligentes para la Industria 4.0 (Pérez-Campdesuñer & Andrae-Molina, 2022). Estos estudios analizan la producción científica en sus respectivas áreas y proporcionan información valiosa sobre las tendencias, los autores más productivos y las redes de cooperación en esos campos.

La producción científica sobre procesos inteligentes, resulta de gran interés actualmente, ya que estos están transformando la manera en que se gestionan y realizan los productos o servicios en distintos campos. En este sentido, la base de datos Scopus es una de las herramientas fundamentales para el análisis de la producción científica en este ámbito, pues, aunque existen otras bases de datos con estudios valiosos, esta indexa una amplia variedad de fuentes de información, incluyendo revistas científicas, conferencias, libros y patentes. Además, incluye numerosas revistas científicas de renombre y alto impacto en sus índices. Esto garantiza que los trabajos académicos y científicos presentes en Scopus han pasado por un riguroso proceso de revisión por pares y cumplen con altos estándares de calidad.

El estudio bibliométrico que se presenta, intenta caracterizar, a partir del análisis de indicadores bibliométricos, la producción científica en la base de datos Scopus sobre los procesos inteligentes en la manufactura, para ello se establecieron los objetivos específicos siguientes:

- ❖ Identificar las tendencias de investigación en los procesos inteligentes aplicados a la manufactura en la base de datos Scopus.
- ❖ Encontrar las principales revistas científicas y conferencias que publican investigaciones sobre procesos inteligentes en la manufactura en la base de datos Scopus y de donde provienen.
- ❖ Enunciar las principales áreas temáticas y subtemas relacionados con los procesos inteligentes en la manufactura en la base de datos Scopus.

METODOLOGÍA

La presente investigación se trata de un estudio exploratorio-descriptivo con un diseño retrospectivo, el marco temporal es el período 1982-2023. Las unidades de estudio fueron los materiales originales publicados en la base de datos Scopus, que incluyeran las palabras claves seleccionadas para la investigación. Una vez determinada la fuente de información para la identificación de los artículos originales, se realiza una estrategia de búsqueda genérica para recuperar el mayor número posible de referencias publicadas durante el período de estudio. Se eligió la cadena de búsqueda siguiente empleando los operadores booleanos: (“intelligent process” OR “intelligent processing” OR “intelligence processes”) AND (“industry” OR “manufacturing”).

La estrategia se delimitó de forma intencional a la familia léxica intelligent process, por corresponderse con el objeto específico del estudio. No se incorporaron smart manufacturing, cognitive manufacturing ni cyber-physical systems porque designan campos más amplios o adyacentes y no constituyen equivalentes exactos. Su inclusión requeriría una nueva búsqueda y modificaría el cuerpo, los análisis y las figuras; en consecuencia, los resultados se circunscriben a la delimitación adoptada.

Los criterios de búsqueda establecidos determinaron que los términos estuvieran incluidos en el título, las palabras clave o el resumen. La presencia conjunta de la familia léxica intelligent process y del contexto industry/manufacturing funcionó como criterio de delimitación; no se aplicó un filtro adicional por área temática, dado el carácter interdisciplinario del objeto. Se empleó R, en específico el recurso bibliometrix, para los análisis de indicadores y leyes bibliométricas. Microsoft Excel 2003 se utilizó únicamente para organizar y verificar tablas, mientras VOSviewer se empleó para el mapeo de palabras clave y algunas relaciones entre autores; por tanto, ningún cálculo bibliométrico dependió de la versión de Excel. Como

complemento de la serie anual se calculó la tasa de crecimiento anual compuesta (TCAC) entre 1982 y 2022 mediante $[(N_{2022}/N_{1982})^{(1/40)} - 1] \times 100$. Se excluyó 2023 de este cálculo por corresponder a un año incompleto al momento de recuperar los datos. La finalidad del estudio es describir la evolución y las tendencias en el campo de los procesos inteligentes en la industria, para lo cual se emplearon los indicadores recogidos en la tabla 1.

Tabla 1

Indicadores bibliométricos utilizados en la investigación

Indicadores	Finalidad
<i>Productividad de artículos</i> (Castillo et al., 2019) (García-Villar & García-Santos, 2021)	Por año: permite conocer el comportamiento de la producción científica sobre procesos inteligentes en el periodo analizado para identificar regularidades. La comparación de los resultados con lo planteado por La Ley de Price posibilita evaluar el ritmo de crecimiento de la producción científica en este campo. Por idioma: se utiliza para identificar el idioma en el que predomina la información sobre el campo y sus causas.
<i>Productividad e impacto</i> (Paz & AVECILLAS, 2021), (Andrés-Rodríguez et al., 2021)	Por regiones: el análisis en conjunto de la productividad y el impacto permite tener una visión general respecto a la actividad por regiones, considerando la cantidad de citas por documento, que puede ser interpretada como una medida de la calidad de la información presentada. Por fuentes: la aplicación de la Ley de Bradford permite conocer las fuentes más productivas en términos de publicaciones e impacto, lo que ubica el núcleo de fuentes del campo. Además de aquellas que poseen el número máximo de publicaciones que tienen al menos el mismo número de citas que su posición en el ranking. Por autores: permite identificar los autores más productivos y que son más citados, así como los que poseen relaciones teóricas pues son citados normalmente en conjunto. El análisis de la Ley de Lotka muestra la relación entre el tamaño de la población de autores y la frecuencia con la que contribuyen con un determinado número de publicaciones.
<i>Análisis de citas por documento</i> (Castillo et al., 2019)	Se enfoca en las citas que ese documento ha recibido de otros artículos científicos para evaluar su impacto en la comunidad científica y rastrear cómo las ideas y los conceptos presentados en un artículo se han difundido en la literatura científica.
<i>Análisis de co-citación de referencias</i> (Bordons et al., 2020)	Permite identificar la relación entre documentos científicos basándose en las citas que reciben de otros artículos, identificar los temas y áreas de investigación que son relevantes y están interconectados.
<i>Análisis de las líneas de producción académica</i> (Gregorio-Chaviano et al., 2021)	De co-ocurrencia de palabras clave: facilita la filiación de las conexiones y relaciones entre diferentes temas de investigación. Permite identificar cambios en los temas de investigación en el campo estudiado. Frecuencia de uso de palabras claves en el tiempo: se utiliza para identificar las tendencias y cambios en el campo de investigación a lo largo de diferentes periodos. Permite comprender cómo evolucionan los temas y conceptos a lo largo del tiempo, así como identificar los momentos en los que ciertas palabras clave han ganado o perdido relevancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Productividad académica

Los estudios relacionados con procesos inteligentes en el campo de la manufactura se encuentran en una fase avanzada de desarrollo, por lo que muestran una tendencia creciente como se aprecia en la figura 1. Como

complemento descriptivo, la Tasa de Crecimiento Anual Compuesta (TCAC) entre 1982 (1 documento) y 2022 (80 documentos), último año completo de la serie, fue de 11,58 %. La productividad académica por año, ha tenido un comportamiento singular que no ha sido completamente coincidente con la Ley de Price, de acuerdo a lo planteado por Tomás Górriz (2018), ya que en este caso la etapa de los artículos precursores se extendió por un periodo de 34 años y en la actualidad se encuentra aún en la etapa de crecimiento acelerado convirtiéndose en una frente de investigación, lo que demuestra la novedad de este campo de investigación. La manufactura inteligente, que se refiere a la habilidad de representar digitalmente cada aspecto de la manufactura, desde el diseño hasta el proceso de fabricación y es una de las áreas de investigación más activas en este campo (Cortés et al., 2017).

Figura 1.

Productividad por año



En relación a los idiomas en los que se ha publicado con mayor frecuencia, se puede observar en la figura 2 que predominan los materiales publicados en inglés, lo que representa el 92,78% del total de documentos, seguidos por el idioma chino (4,98%). El inglés es ampliamente entendido y utilizado por los investigadores de diferentes países, los documentos en este idioma pueden tener una mayor posibilidad de ser leídos, citados y reconocidos en la comunidad científica global. Esto puede contribuir a una mayor visibilidad y difusión de los resultados de investigación (Abramo et al., 2009). La prevalencia del inglés en las publicaciones 92,78%, también puede estar relacionada con la internacionalización de la investigación y a que las principales revistas que abordan este campo publican en inglés, como es el caso de International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, Journal Of Intelligent Manufacturing y Journal Of Physics: Conference Series. Otra idea a considerar al respecto es que muchos investigadores no nativos de habla inglesa optan por publicar en inglés para llegar a una audiencia más amplia y tener una mayor oportunidad de colaboración y reconocimiento a nivel internacional. En este caso la productividad por regiones, lo demuestra, ya que la mayoría de los artículos provienen de China y la cantidad de artículos publicados por otros países como Alemania, España, Japón, Suiza y Rusia, no son despreciables, los cuales no utilizan el inglés como lengua nativa. No obstante, los artículos publicados por Estados Unidos, Reino Unido y Canadá, representan el 26,11% del total.

Figura 2.

Idioma de origen



Productividad e impacto por regiones

El país de procedencia de los documentos muestra que se han desarrollado investigaciones sobre el tema, publicados en Scopus, en 72 países, la mayoría en China (157) y Estados Unidos (115), seguido de Alemania (51), India (38), Reino Unido (22), España (15), Canadá (15), Japón (10), Suiza (10) y Rusia (10). La figura 3 presenta la distribución por países, donde los coloreados con mayor intensidad, son los de mayor número de publicaciones.

El análisis geográfico se limita a la productividad y el impacto por país. No se construyó una red de coautoría internacional; por tanto, estos resultados no permiten inferir la intensidad de la colaboración entre países.

Figura 3

Productividad por regiones



Fuente: Salidas de bibliometrix

Los 10 países de procedencia de los artículos que poseen la mayor cantidad de citas, como se muestra en la tabla 2, son encabezados por Turquía con 1361 citas, seguida por China con 862 y Canadá con 437. En Turquía se identificaron cuatro documentos; por tanto, su promedio correcto es 340,25 citas por artículo (1361/4). Este resultado expresa impacto de citación y no liderazgo en productividad; Turquía no figura entre los países más productivos (véase la figura 3), por lo que su posición en la tabla 2 refleja la influencia de un número reducido de artículos altamente citados, y no una tendencia sostenida de producción científica. A pesar de no ser Turquía uno de los más productivos, lo que se destaca en el estudio es que los artículos publicados, han tenido una alta relevancia desde el punto de vista científico, pues su promedio de citas por artículo asciende a 340, 25 seguido por Canadá, México, Israel y Suiza. China ocupa el segundo lugar por número total de citas y el primero por productividad, con una media de 7,10 citas por artículo. La diferencia entre el total y el promedio se explica porque un volumen mayor de documentos puede acumular muchas citas, aunque estas se distribuyan entre más publicaciones; por ello ambos indicadores deben interpretarse de forma complementaria.

Tabla 2

Total de citas por país de procedencia del documento

País	TC	Promedio de citas por artículo
Turquía	1361	340.25
China	862	7.10
Canadá	437	72.80
Usa	327	17.20
Alemania	249	11.30
India	181	9.50
México	145	48.30
Suiza	114	38.00
Reino Unido	112	16.00
Israel	82	41.00

Productividad e impacto por fuentes

La producción científica registrada se distribuye en 388 fuentes académicas, siendo la fuente *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings* la que más documentos ha publicado con 23, seguida por *Proceedings of Spie - the International Society for Optical Engineering* (13) y *ACM International Conference Proceeding Series* (10). La distribución teniendo en cuenta la Ley de Bradford muestra que existen 73 fuentes que se ubican en las zonas 1 y 2, siendo las más productivas del total con un mínimo de 2 publicaciones cada una. Con respecto al índice h, las fuentes más relevantes son *International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, *International Journal Of Production Research*, *Journal Of Intelligent Manufacturing* y *Procedia CIRP*, con 5, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

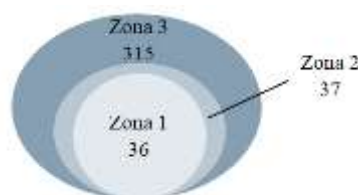
Impacto de las fuentes

Element	H_Inde x	G_Inde x	M_Inde x	TC	NP	PY_Sta rt
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	5	7	0.714	87	7	2017
International Journal of Production Research	5	5	0.385	226	5	2011
Journal of Intelligent Manufacturing	5	8	0.152	74	8	1991
Procedia Cirp	5	8	0.556	112	8	2015
American Society of Mechanical Engineers, Production Engineering Division (Publication) PED	4	6	0.103	42	6	1985
Robotics and Computer-Integrated Manufacturing	4	4	0.211	69	4	2005
Computers in Industry	3	3	0.081	95	3	1987
Ifac-Papersonline	3	5	0.375	38	5	2016
International Sampe Symposium and Exhibition (Proceedings)	3	3	0.13	49	3	2001
Jom	3	5	0.086	27	5	1989

Con relación a la productividad de las fuentes, el mayor número de publicaciones se corresponden con la socialización de materiales de conferencias, lo cual coincide con la representación por tipo de documentos (50.69%), lo que podría indicar un deseo de los investigadores de compartir sus resultados de manera oportuna y obtener una rápida retroalimentación de la comunidad científica según lo expuesto por (Leydesdorff, 2016). El segundo lugar lo ocupan las revistas científicas, 40,21%; este dato indica que existe una cantidad significativa de resultados de investigación consolidados y validados en el campo de estudio, que los investigadores están enfocados en producir trabajos de alta calidad así como que existe un énfasis en la revisión y validación por parte de la comunidad científica (Moed, 2006). Al analizar los resultados según la Ley de Bradford, se obtiene que las zonas 1 y 2 son similares, por lo que las fuentes más productivas en términos de publicaciones y de impacto, son 73 como se muestra en la figura 4. Además, se menciona que cada una de estas fuentes tiene un mínimo de 2 publicaciones, lo que indica cierto nivel de consistencia en su producción científica.

Figura 4

Distribución por zonas según la Ley de Bradfor



Teniendo en cuenta la productividad y el impacto de la fuente basado en sus citas, las que poseen el número máximo de publicaciones que tienen al menos el mismo número de citas que su posición en el ranking (Hirsch, 2005) son: *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *International Journal of Production Research*, *Journal of Intelligent Manufacturing* y *Procedia Cirp*, la mayoría se relaciona directamente con el campo estudiado, así que muestra una especialización en el mismo. El año de inicio de publicación de materiales de estas fuentes en su mayoría son posteriores al año 2010, lo que sugiere una rápida difusión de su contenido y la actualidad de la información. La que posee un índice M mayor, es *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, además posee un alto índice G, lo que refleja una contribución significativa en el campo de investigación y una mayor visibilidad de los artículos publicados por esta fuente según lo planteado por Egghe (2006).

Los índices h, g y m informados describen el impacto de las fuentes dentro del corpus y no deben interpretarse como indicadores de calidad editorial equivalentes a los cuartiles JCR o SJR, que no formaron parte del diseño original del estudio.

Productividad e impacto por autores

Los autores que han publicado sobre el tema en Scopus ascienden a 1531, siendo los más productivos 6, con un mínimo de 4 documentos cada uno. Entre ellos, los que poseen un mayor índice h son Zhang C, citado normalmente en conjunto con otros 6 autores, y Lichtenthaler E, con solo 1 autor, lo que sugiere que existen relaciones de co-citación entre estos autores, como se aprecia en la figura 5. Realizaron sus publicaciones en un horizonte temporal comprendido entre 2003 y 2020, coincidente con el mayor crecimiento observado en el campo.

Tabla 4

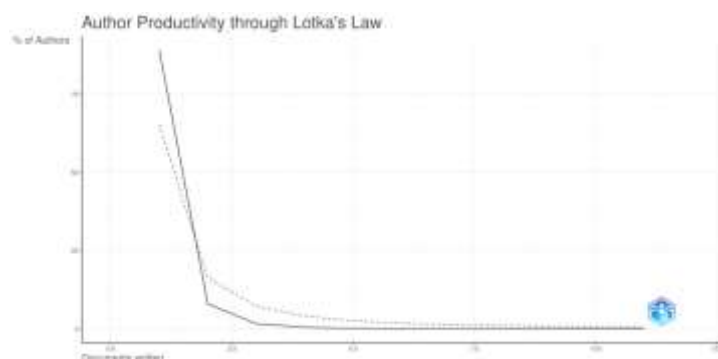
De los autores

Element	h_index	g_index	m_index	TC	NP	PY_start
Zhang C	6	7	0.462	303	7	2011
Lichtenthaler E	5	5	0.238	256	5	2003
Wang Y	4	10	0.286	124	10	2010
Zhang S	4	5	0.286	33	5	2010
Zhao Z	4	4	0.8	24	5	2019
Zhou G	4	4	1	251	4	2020

El gráfico representativo de la Ley de Lotka que expone la relación entre el tamaño de la población de autores y la frecuencia con la que contribuyen con un determinado número de publicaciones, se encuentra por debajo de lo esperado, lo que puede estar dado porque hay menos contribuciones de autores con un número alto de publicaciones de lo que se esperaría. Es posible que la comunidad científica esté compuesta en su mayoría por investigadores con un menor número de publicaciones, lo que es coincidente con lo observado en la distribución según la ley de Bradford pues el mayor peso, el 81,18% corresponde a fuentes ubicadas en la zona 3, la menos productiva o influyente.

Figura 5

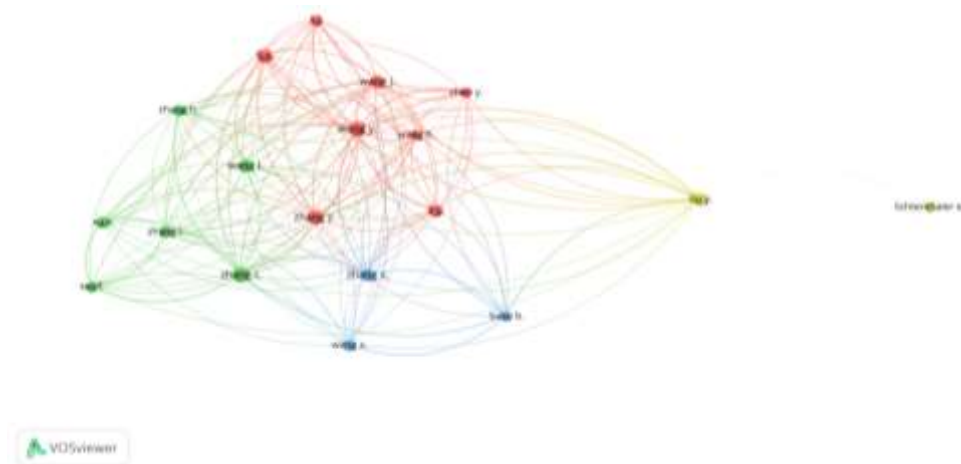
Productividad por autor según la Ley de Lotka



El análisis de co-citación con unidad de análisis: autor, muestra la relación entre los autores más activos a través de las citas que reciben en publicaciones científicas, con mínimo de 40 citas. Se identificaron 19 autores que son citados en conjunto con mayor frecuencia, lo que sugiere una relación temática o conceptual entre ellos. Se agruparon en 4 clústers que sugieren las redes de colaboración entre estos autores. El primero agrupa 8 autores, el segundo 6, el tercero 3 y el cuarto 2, como se muestra en la figura 6.

Figura 6

Análisis de Co-citación por autor



Fuente: salidas de VOSviewer

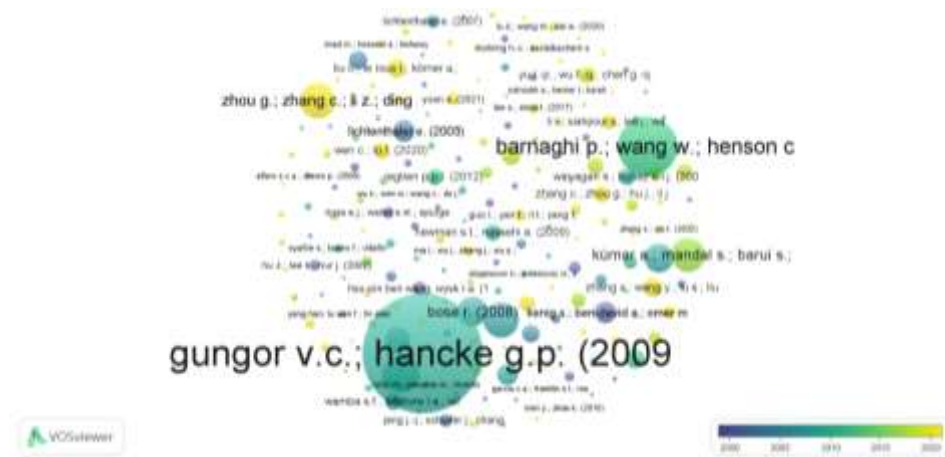
Análisis de citas

De los 582 materiales publicados, 187 han sido citados en al menos cinco ocasiones. Como se aprecia en la figura 7, el estudio de Gungor, V.C, et al. (2009) *Industrial wireless sensor networks: challenges, design principles, and technical approaches* posee la mayor cantidad de citas con 1346. El mismo analiza los desafíos técnicos y los principios de diseño de las redes de sensores inalámbricos para aplicaciones industriales. Otro de los estudios con mayor cantidad de citas (420) es el de Barnaghi, P, et al. (2012) *Semantics for the internet of things: early progress and back to the future* sobre los avances en la aplicación de tecnologías semánticas a IoT. El documento destaca los desafíos de los datos de IoT y la necesidad de tecnologías y representaciones semánticas formales para permitir la interoperabilidad entre dispositivos heterogéneos. El artículo de zhou g.; zhang c.; li z.; ding k.; wang c. (2020), que posee 180 citas, *Knowledge-driven digital twin manufacturing cell towards intelligent manufacturing*, propone un marco general para la célula de fabricación de gemelos digitales basada en el conocimiento hacia la fabricación inteligente. Analiza los desafíos de la fabricación

inteligente y la necesidad de un enfoque basado en el conocimiento para desarrollar una célula de fabricación de gemelos digitales.

Figura 7

Análisis de citación por documento



Fuente: salidas de VOSviewer

Análisis de co-citación

Al analizar la co-citación por referencias, se observa la formación de 2 clústers principales que aglutinan temas de interés respecto al campo estudiado, pues estas investigaciones han sido citadas en al menos cinco ocasiones. El primer clúster está conformado por 15 trabajos; entre los más citados se encuentran Aguilar (1967), Brockhoff (1991) y Gerybadze (1994), que tienen en común la gestión estratégica de la tecnología y la anticipación de cambios tecnológicos en el entorno empresarial. Se centran en el monitoreo y la vigilancia tecnológica, el pronóstico tecnológico y la inteligencia empresarial. Abordan el examen del entorno empresarial para identificar señales débiles y cambios tecnológicos emergentes, así como la importancia de la inteligencia empresarial y tecnológica en las decisiones estratégicas. Teniendo en cuenta que los procesos inteligentes son el resultado de la aplicación de tecnologías digitales disruptivas para la hibridación del mundo físico y digital, los estudios analizados muestran la necesidad de realizar un seguimiento sistemático, mediante vigilancia tecnológica, al desarrollo de esas tecnologías y a su impacto en la gestión de los procesos del negocio.

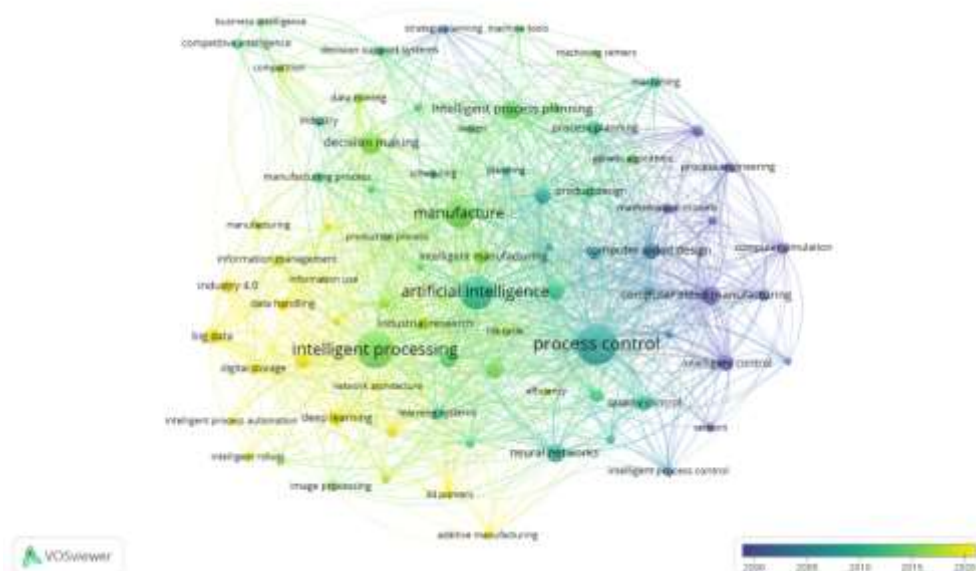
El segundo clúster lo integran 5 investigaciones, las cuales tienen en común el tema de los sensores y la tecnología relacionada con la medición y detección de distintas variables físicas. Se centran en la tecnología de sensores y su aplicación en diferentes campos. Todas las investigaciones mencionan tecnologías o enfoques específicos en relación con los sensores: "Printed Circuit Board Integrated Fluxgate Sensor", (Choi et al., 1996), se centra en el desarrollo de un sensor de flujo magnético integrado en una placa de circuito impreso. "Mechanical Microsensors", (Elwenspoek & Wiegerink, 2001), discute el desarrollo de microsensors mecánicos, para medir variables físicas como la presión o la aceleración. "Theory and Design for Mechanical Measurements", (Figliola & Beasley, 2001), se enfoca en la teoría y el diseño de medidas mecánicas, que incluyen el uso de sensores para medir magnitudes físicas. "Silicon Sensors", (Middelhoek et al., 1995), trata sobre los sensores de silicio, que son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones debido a sus propiedades y capacidades de detección. Y por último "On-Chip Compatibility", (Wolffenbuttel, 1996), explora la compatibilidad de los sensores integrados en un solo chip, lo que permite una mayor miniaturización y eficiencia en sistemas de medición. De forma general estas investigaciones abordan el empleo de sensores para la medición de variables, lo que posibilita el proceso de interacción entre el mundo físico y digital.

Líneas de productividad

El análisis de las principales líneas de productividad se desarrolló a partir del estudio de la correlación de las palabras claves. Del análisis de 4803 palabras claves identificadas, se analizó la co-ocurrencia de aquellas que aparecieran en un mínimo de 10 materiales publicados. Esta reducción permitió seleccionar 79 palabras claves, agrupadas en cinco clústeres, como se aprecia en la figura 8.

Figura 8

Análisis de co-ocurrencia por palabras clave



Fuente: salidas de VOSviewer

En el primer clúster consta de 27 ítems, en este se encuentran las investigaciones que tienen que ver con la transformación digital y la evolución de la industria hacia conceptos como la Industria 4.0, que busca la integración de tecnologías inteligentes y la automatización en los procesos de fabricación y producción. Las palabras claves más usadas son “*intelligent processing*”, “*artificial intelligence*”, “*automation*”, “*big data*”, “*deep learning*” e “*industry 4.0*”.

El segundo clúster lo conforman 20 ítems, que agrupa las investigaciones que tienen que ver con la mejora de procesos y la toma de decisiones en diversos campos, como la fabricación, la ingeniería de procesos, la gestión de la producción y el control de calidad. Y como el uso de algoritmos y sistemas de software avanzados, combinados con datos en tiempo real y sistemas de control inteligentes, permiten optimizar la eficiencia, la calidad y la precisión en los procesos industriales. En este clúster las palabras claves más usadas son: “*process control*”, “*computer aided manufacturing*”, “*computer aided design*”, “*knowledge based systems*”, “*optimization*” e “*intelligent control*”.

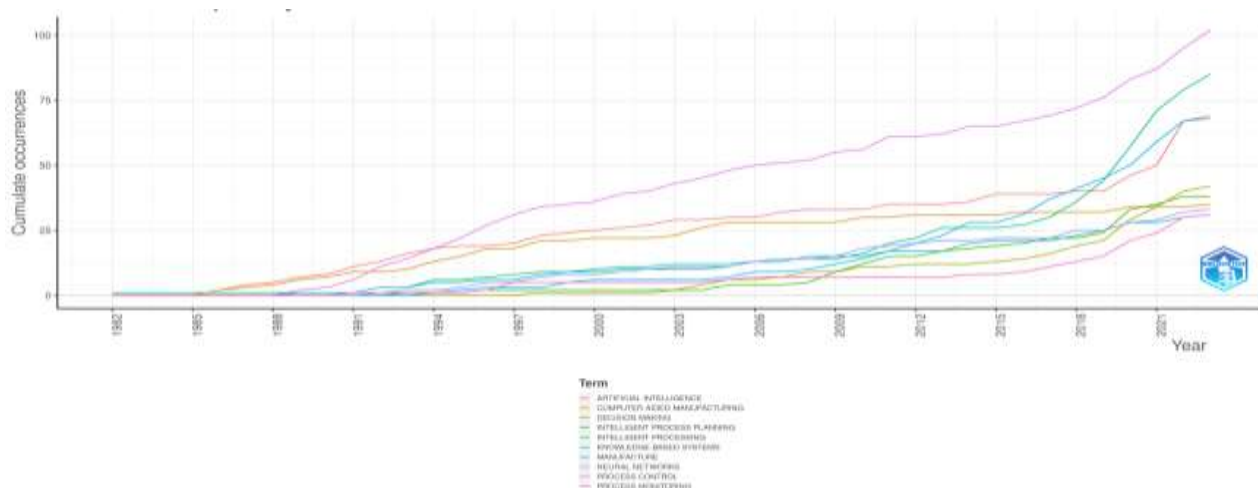
El tercer clúster está formado por 17 ítems que se enfocan en diferentes aspectos de la fabricación y la ingeniería industrial, incluyendo la planificación de procesos, el monitoreo, la fabricación inteligente, el diseño de productos, el mecanizado, la impresión 3D, la optimización, la educación en ingeniería y el desarrollo de herramientas y máquinas. Las palabras claves más empleadas son: “*manufacture*”, “*intelligent process planning*”, “*process monitoring*”, “*intelligent manufacturing*” y “*process planning*”.

El cuarto cluster lo conforman 10 ítems que se centran en el uso de la inteligencia empresarial, el análisis de la competencia y la toma de decisiones estratégicas en el contexto de la industria y el entorno empresarial. Los principales descriptores temáticos de este clúster son “*decision making*”, “*data mining*” y “*decision support systems*”.

El último cluster está conformado por 5 items, este se relaciona con el diseño, desarrollo y aplicación de sistemas de control, sistemas expertos, redes neuronales y técnicas de aseguramiento y control de calidad, las palabras claves más utilizadas son “*neural networks*” y “*quality control*”.

Figura 9

Frecuencia de uso de palabras claves en el tiempo



Fuente: salidas de bibliometrix

El uso de las 10 palabras clave más empleadas se ha incrementado con el paso del tiempo, lo que demuestra su pertinencia dentro del campo de investigación, como se muestra en la figura 9. Los primeros términos usados fueron monitoreo de procesos y procesamiento inteligente. El monitoreo de procesos tuvo un empleo más discreto desde 1982 hasta 2018, cuando aumentó su uso, a diferencia del término procesamiento inteligente, que experimentó un incremento más estable, con crecimientos marcados a partir de 1994 y luego de 2015. La palabra clave más usada es control de procesos, una de las etapas del ciclo de gestión en la que más se han aplicado tecnologías digitales disruptivas propias de la Industria 4.0, que posee como característica distintiva, que se realiza en tiempo real, lo que elimina el desfase entre la ocurrencia de los fallos y su detección. Su crecimiento ha sido considerable desde 1988. Esta figura permite observar la frecuencia temporal de los descriptores, pero no constituye un diagrama estratégico ni un análisis exhaustivo de evolución temática.

CONCLUSIONES

Se observa un creciente interés en los procesos inteligentes en la manufactura, reflejado en el aumento de publicaciones científicas en los últimos años. Las áreas de investigación respaldadas por los clústeres y las palabras clave incluyen: la optimización de procesos, la automatización inteligente, el control y el monitoreo de procesos. Se evidencia un enfoque hacia la integración de tecnologías emergentes como el Internet de las cosas, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en los procesos de manufactura.

China y Estados Unidos se encuentran entre los países líderes en productividad científica en este campo. Turquía no figura entre los más productivos, aunque sus cuatro documentos destacan por el impacto acumulado de citación. ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings, Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering y ACM International Conference Proceeding Series se identifican como los principales medios de difusión de investigaciones en este campo. Estas publicaciones y eventos ofrecen una plataforma importante para compartir conocimientos, estimular la colaboración y promover el avance de los procesos inteligentes en la manufactura.

La identificación de las dimensiones principales y líneas de producción científica abordadas en Scopus sobre los procesos inteligentes permite conocer las tendencias del cuerpo analizado. Además, brinda a investigadores y profesionales de la gestión la posibilidad de mantenerse actualizados sobre avances recientes e identificar brechas de conocimiento. Entre las limitaciones del estudio se encuentran la consulta exclusiva de Scopus; la delimitación de la búsqueda a la familia léxica intelligent process, sin abarcar constructos más amplios como smart manufacturing, cognitive manufacturing o cyber-physical sistema; la ausencia de un filtro adicional por área temática; y la selección de indicadores bibliométricos. No se construyeron redes de coautoría entre países ni diagramas estratégicos de evolución temática, y la calidad editorial de las fuentes no se evaluó mediante JCR o SJR. Estas delimitaciones deben considerarse al generalizar los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramo, G., D'Angelo, C. A., & Di Costa, F. (2009). Research collaboration and productivity: Is there correlation? *Higher Education*, 57, 155-171. <https://doi.org/10.1007/s10734-008-9139-z>
- Alberca Sialer, F. A. (2020). Sobre los estudios bibliométricos en turismo. *Cultura: Revista de la Asociación de Docentes de la USMP*, 34. https://www.academia.edu/download/86384001/RCU_34_estudios-bibliometricos.pdf
- Andrés-Rodríguez, N. F., Andrés-Iglesias, J. C., & Fornos-Pérez, J. A. (2021). Análisis bibliométrico de la revista 'Farmacéuticos Comunitarios'(2009-2020)(I): indicadores de productividad y autoría. *Farmacéuticos comunitarios*, 13(4), 12-20. <https://www.raco.cat/index.php/FC/article/view/392928>
- Bordons, M., Morillo, F., Moreno, L., Aparicio, J., & González-Albo, B. (2020). La actividad científica del CSIC a través de indicadores bibliométricos. In: CSIC - Instituto de Filosofía (Madrid)
- CSIC - Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS).
- Brockhoff, K. (1991). Competitor technology intelligence in German companies. *Industrial Marketing Management*, 20(2), 91-98. [https://doi.org/10.1016/0019-8501\(91\)90027-D](https://doi.org/10.1016/0019-8501(91)90027-D)
- Castillo, A. A. V., Samada, R. E. D., & Pozo, Y. M. (2019). Indicadores bibliométricos aplicables a la producción científica individual. *Universidad Médica Pinareña*, 15(2), 279-285. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7091082>
- Choi, S. O., Kawahito, S., Matsumoto, Y., Ishida, M., & Tadokoro, Y. (1996). An integrated micro fluxgate magnetic sensor. *Sensors and Actuators A: Physical*, 55(2-3), 121-126. [https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(97\)80066-0](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(97)80066-0)
- Cortés, C. B. Y., Landeta, J. M. I., Chacón, J. G. B., Pereyra, F. A., & Osorio, M. L. (2017). El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras. *Conciencia Tecnológica*(54). <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/94454631006.pdf>
- Egghe, L. (2006). Theory and practise of the g-index. *Scientometrics*, 69(1), 131-152. <https://doi.org/10.1007/s11192-006-0144-7>
- Elwenspoek, M., & Wiegerink, R. J. (2001). *Mechanical microsensors*. Springer Science & Business Media. <https://n9.cl/5z5ya>
- Fernandez, D., Dastane, O., Omar Zaki, H., & Aman, A. (2023). Robotic process automation: bibliometric reflection and future opportunities. *European Journal of Innovation Management, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/EJIM-10-2022-0570>
- Figliola, R. S., & Beasley, D. E. (2001). Theory and design for mechanical measurements. *Measurement Science and Technology*, 12(10), 1743. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/12/10/701>
- Gallegos, M., Pérez-Acosta, A. M., Klappenbach, H., López López, W., & Bregman, C. (2020). Los estudios bibliométricos en el campo de la psicología iberoamericana: Una revisión metabibliométrica.

Interdisciplinaria, 37(2), 95-116. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1668-70272020000200095&script=sci_arttext

- García-Villar, C., & García-Santos, J. (2021). Indicadores bibliométricos para evaluar la actividad científica. *Radiología*, 63(3), 228-235. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0033833821000266>
- Gerybadze, A. (1994). Technology forecasting as a process of organisational intelligence. *R&D Management*, 24(2), 131-140. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.1994.tb00865.x>
- Gregorio-Chaviano, O., Repiso, R., Calderón-Rehecho, A., León-Marín, J., & Jiménez-Contreras, E. (2021). Dialnet Métricas como herramienta de evaluación bibliométrica: aportes al análisis de la actividad científica en Ciencias Sociales y Humanidades. *Profesional de la información*, 30(3).
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46), 16569-16572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- Aguilar, F. J. (1967). *Scanning the business environment*. Macmillan.
- Leydesdorff, L. B., L. . (2016). Conference papers in the age of the internet: What are cited and what citable? *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(11), 2764-2775.
- Martínez, R. S., Carrasco, L. V. M., & Almeida, L. A. A. (2023). Tendencias de investigación en Economía del Desarrollo: Un análisis bibliométrico. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 8(3), 142-150. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9048724>
- Mesa Fernández, J. M., González Moreno, J. J., Vergara-González, E. P., & Alonso Iglesias, G. (2022). Bibliometric analysis of the application of artificial intelligence techniques to the management of innovation projects. *Applied Sciences*, 12(22), 11743. <https://doi.org/10.3390/app122211743>
- Middelhoek, S., Bellekom, A., Dauderstadt, U., French, P., Kindt, W., Riedijk, F., & Vellekoop, M. (1995). Silicon sensors. *Measurement Science and Technology*, 6(12), 1641. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/6/12/001>
- MINTIC. (2022). Manual de gobierno digital. 62. https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-272977_Decreto_767_2022.pdf
- Moed, H. F. (2006). *Citation analysis in research evaluation* (Vol. 9). Springer Science & Business Media. <https://n9.cl/3vuqql>
- Paz, M. A. L., & Avecillas, M. E. A. (2021). Indicadores bibliométricos: origen, definición y aplicaciones científicas en el ecuador. *Espíritu Emprendedor TES*, 5(1), 130-153. <https://www.espirituemprendedortes.com/index.php/revista/article/view/253>
- Pérez-Campdesuñer, R., & Andrae-Molina, P. G. (2022). La Gestión de la Producción a partir de Modelos Inteligentes para la Industria 4.0: Retos y Oportunidades. *Economía y Negocios*, 13(2), 1-15. <https://www.redalyc.org/journal/6955/695574853001/695574853001.pdf>
- Rivera-Arroyo, J. K., Araya-Castillo, L., Ganga-Contreras, F., Torres, J. P., & Morales, F. S. (2021). Análisis bibliométrico de la investigación en calidad de servicio. *Interciencia*, 46(11), 404-415. <https://www.redalyc.org/journal/339/33969826002/33969826002.pdf>
- Singapore Economic Development Board. (2017). The Singapore Smart Industry Readiness Index: Catalysing the transformation of manufacturing. <https://n9.cl/tc3lc>
- Tomás-Górriz, V., & Tomás-Casterá, V. (2018). La Bibliometría en la evaluación de la actividad científica. *Hospital a Domicilio*, 2(4), 145-163. <https://doi.org/10.22585/hospdomic.v2i4.51>
- Truong, B. Q., Nguyen-Duc, A., & Van, N. T. C. (2023). A quantitative review of the research on business process management in digital transformation: A bibliometric approach. *Software*, 2(3), 377-399. <https://doi.org/10.3390/software2030018>

- Valle, L. V., Vazquez, M. A. W., & Aros, E. L. A. (2021). Uso de las tecnologías de la información en los procesos decisorios: un análisis bibliométrico. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(93), 92-109. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890375>
- Wolffenbuttel, R. (1996). *Silicon sensors and circuits: on-chip compatibility*. Springer Science & Business Media. <https://n9.cl/svruh>
- Zhang, C., Zhou, G., Hu, J., & Li, J. (2020). Deep learning-enabled intelligent process planning for digital twin manufacturing cell. *Knowledge-Based Systems*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.105247>