

Tipo de artículo: Artículo de revisión

Técnicas aplicadas a la minería de proceso: Revisión sistemática

Techniques applied to process mining: Systematic review

Edwin Joao Merchán Carreño^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-7859-9349>

Karina Virginia Mero Suárez² , <https://orcid.org/0000-0002-7943-4981>

Carlos Renán Mero Suárez³ , <https://orcid.org/0000-0002-9154-1245>

¹Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

²Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

³Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

* Autor para correspondencia: edwin.merchan@unesum.edu.ec

Resumen

La minería de procesos representa un área novedosa que en los últimos años ha evolucionado. Las técnicas de minería de proceso constituyen la base para elevar la eficiencia en las diferentes organizaciones. La presente investigación tiene como objetivo realizar un mapeo sistemático sobre las principales técnicas aplicadas a la minería de procesos. Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método científico análisis de contenido a partir de las informaciones disponibles en bases de datos de impactos como IEEE, Scielo, Scopus y la Thomson Reuters. Como resultado se clasifican las principales afectaciones reconocidas en la literatura científica, así como las principales fuentes que corroboran los datos analizados. La investigación forma parte de los resultados del proyecto de investigación de la Carrera de Tecnologías de información de la Universidad Estatal del Sur de Manabí y que versa: Metodología de peligros y puntos críticos de control aplicando minería de procesos.

Palabras clave: Minería de proceso; técnicas de minería; revisión sistemática.

Abstract

Process mining represents a novel area that has evolved in recent years. Process mining techniques are the basis for increasing efficiency in different organizations. The present research aims to carry out a systematic mapping of the main techniques applied to process mining. For the development of the research, the scientific method of content analysis was used from the information available in impact databases such as IEEE, Scielo, Scopus and Thomson Reuters. As a result, the main affectations recognized in the scientific literature are classified, as well as the main sources that corroborate the analyzed data. The research is part of the results of the research project of the Information Technology Career of the South Manabí State University and that deals with: Methodology of hazards and critical control points applying process mining.

Keywords: Process mining; mining techniques; systematic review.

Recibido: 28/03/2020

Aceptado: 20/08/2021

Introducción

La gestión de las principales actividades que realiza una organización se enfoca hacia una gestión por procesos. Las diferentes entidades de una organización generan continuamente grandes volúmenes de información que nos son



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

posibles procesar en tiempo real por los analistas representando la extracción de conocimiento una tarea altamente engorrosa.

El modelo de administración de empresas es fundamental para la gestión y ejecución de procesos. Sin embargo, cuando la ejecución de los procesos difiere de los modelos preestablecidos es necesario revisar las trazas y registros de eventos para conocer estas diferencias. Uno de los objetivos de la minería de procesos es descubrir los procesos reales a través de la extracción de conocimiento de los registros de eventos disponibles en los sistemas de información (Peña & Bayona-Oré, 2018).

Las técnicas de minería se integran en los procesos administrativos de las organizaciones con el objetivo de extraer conocimiento de los principales sucesos (Mariñelarena-Dondena et al., 2017). En la actualidad las diferentes técnicas de predicción mediante minería facilitan a las organizaciones una herramienta para la toma de decisiones oportuna explorando las potencialidades del mercado (Guerrero et al., 2019).

Diferentes investigaciones han realizado actualizaciones sobre los procesos de minerías como: Técnicas de aprendizaje de máquina utilizadas para la minería de texto (Viera, 2017), Caracterización de la producción científica en el área disciplinar de la minería de proceso (Fuentes Reyes et al., 2019), Análisis de procesos desde la perspectiva de tiempo utilizando minería de procesos (Orellana García et al., 2018). Hacia un marco de trabajo de minería de procesos enfocado en el usuario (González et al., 2020); entre otras que identifican las técnicas de minería de proceso como un área activa de la ciencia.

La presente investigación tiene como objetivo realizar un mapeo sistemático sobre las principales técnicas aplicadas a la minería de procesos. La propuesta se encuentra estructurada en introducción, materiales y métodos, resultado y discusión. La introducción presenta los principales elementos teóricos asociados al tema de investigación, se fundamenta la problemática que da origen a la propuesta presentada. Los materiales y métodos presentan la descripción del método científico utilizado, se describe la estrategia de búsqueda utilizada. En los resultados y discusión se realiza una descripción y clasificación de las principales fuentes de información que abordan la aplicación de técnicas de minería de proceso.

Materiales y métodos

En la presente sección realizó una descripción del proceso de recopilación documental para realizar el mapeo sistemático referido a las técnicas de minería de proceso. La investigación estuvo guiada por el método de la



obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

investigación científica análisis de contenido(Piñeiro-Naval), (Herrera, 2018).Se utilizaron además técnicas relacionadas con la recuperación de información y análisis de textos. Las actividades realizadas se resumen a continuación:

- Definición de preguntas de investigación.
- Definición de consulta de búsqueda y búsqueda de artículos.
- Examinar los artículos recuperados, lo que da como resultado un conjunto de artículos relevantes para analizar.
- Extracción de palabras clave de resúmenes, que da como resultado un esquema de clasificación.
- Extracción de datos y resúmenes relevantes.

Definiciones del protocolo

Como parte de la definición del protocolo se determina la pregunta de investigación. El estudio se enfoca en responder a la siguiente pregunta de investigación. ¿Qué técnicas de minería de proceso son aplicadas en la actualidad?

Los criterios de inclusión o exclusión permiten extraer las posibles referencias de estudios primarios sobre el tema (criterios de selección). Con estos criterios se busca asegurar que exista coherencia entre el tema del estudio y la pregunta que se pretende contestar con la revisión (es decir, criterios de selección temáticos) y que el diseño de los estudios cumpla ciertas condiciones básicas.

Ejecución de la búsqueda

Actualmente existe un extenso listado de bases de datos de publicaciones relacionadas con el área del conocimiento del objeto de estudio. La presente investigación se enfoca en el área de la aplicación de las técnicas de minería de procesos. Para el desarrollo de esta investigación se consideraron las bases de datos IEEE, Scielo, Scopus y la Thomson Reuters. Con el uso de los buscadores *Science Research*, *PubMed*, *Google scholar*, *Science Direct* e *IEEE Xplore Digital Library* se identificó la tendencia actual sobre las investigaciones relacionadas. También se realizaron búsquedas oportunistas, referencias de artículos relacionados y otros artículos ya identificados. El período de búsqueda incluye publicaciones desde 2017 hasta la actualidad.

Para la selección de estudios primarios se consideraron los siguientes criterios de inclusión:



obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

- Toda publicación científica relacionada las técnicas de minería de proceso en cuya estructura se expresarán análisis y discusiones relacionadas con su aplicación.
- Se incluyeron estudios cualitativos y cuantitativos realizados por investigadores.
- Se incluyen trabajos en inglés y español.

Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de exclusión:

- Se excluyeron todos aquellos estudios sin revisiones por pares, los artículos sin diseño de investigación y opiniones de expertos (*position paper*) que no presentan evidencias.
- Artículos parcialmente disponibles o inalcanzables.
- Artículo que se publica como estudio breve y no como estudio completo.

La cadena fundamental de búsqueda utilizada en la base de datos fue: (técnicas de minería de proceso OR *mining techniques*).

Para identificar los trabajos primarios se realizaron filtros de: revisión de títulos, revisión de resumen o *abstract*. Las publicaciones que pasaron el filtrado mencionado se consideraron para su lectura y análisis completo de su contenido.

Resultados y discusión

Luego de aplicados los criterios de inclusión y exclusión y realizada la unión de resultados de las distintas cadenas de búsquedas, se obtiene un total de 60 trabajos que se relacionan con el tema de investigación. Los resultados del mapeo sistemático de la literatura se presentan como respuesta a la pregunta planteada en la planificación.

Un resumen de la identificación de los trabajos encontrados, con información sobre su origen, se muestra en la Tabla 1, también se puede ver el grado de validación que presenta cada estudio y qué método de representación utilizan para el modelo o metodología propuesta.

Tabla 1: Principales trabajos primarios identificados.

Autores	Año	Tipo de estudio	Resultado	Referencia
Marcos Rivas Peña; Sussy Bayona-Oré	2018	Teórico	Revisión bibliográfica	(Peña & Bayona-Oré, 2018)
Hamid Ouanan; El Hassan Abdelwahed	2019	Prospective cohort study	Líneas de investigación	(Ouanan & Abdelwahed, 2019)
Ved Prakash Mishra; Joanita Dsouza; Laura Elizabeth	2018	Prospective cohort study	Ninguno	(Mishra et al., 2018)
Zhidong Feng; Shanshan Zhu; Jiang Wu; Hongbo Guo	2019	Estudio de caso	Método	(Feng et al., 2019)
Thomas Seidl	2020	Commentary	Líneas de investigación	(Seidl, 2020)
Anatoliy Batyuk; Volodymyr Voityshyn	2020	Estudio de caso	Método	(Batyuk & Voityshyn, 2020)



obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Elif Cansu Yıldız; Mehmet S. Aktas; y otros.	2018	Estudio de caso	Herramienta	(Yıldız et al., 2018)
M. Nemeth; G. Michalconok; A. Peterkova	2017	Estudio de caso	Análisis de procesos	(Nemeth et al., 2017)
Guneet Kukreja; Shalini Batra	2017	Estudio de caso	Análisis de procesos médicos	(Kukreja & Batra, 2017)
Sander J.J. Leemans; Kanika Goel; Sebastiaan J. van Zelst	2020	Estudio de caso	Herramienta	(Leemans et al., 2020)
Maria Jihan Sangil	2020	Estudio de caso	Análisis de procesos empresariales	(Sangil, 2020)
Cleiton dos Santos Garcia; Alex Meinheim; y otros	2019	Estudio de caso	Análisis de procesos empresariales	(Garcia et al., 2019)
Shafiq Joty; Giuseppe Carenini; y otros	2018	Teórico	Tutorial	(Joty et al., 2018)
Shinobu Saito	2019	Estudio de caso	Análisis de procesos empresariales	(Saito, 2019)
Mahmoud Abd Ellatif; Essam Mohamed Shaaban	2019	Estudio de caso	Análisis de procesos de laboratorio	(Ellatif et al., 2019)
Raphael J. D'Castro; Adriano L. I. Oliveira	2018	Teórico	Ninguno	(Castro et al., 2018)
Hind Rbigui; Chiwoon Cho	2018	Estudio de caso	Análisis de procesos	(Rbigui & Cho, 2018)
Majid RafieiWil; M.P.van der Aalst	2021	Estudio de caso	Método	(Rafiei & van der Aalst, 2021)

La respuesta a la pregunta ¿Qué técnicas de minería de proceso son aplicadas en la actualidad? Se presentacom o una clasificación de los artículos obtenidos en la búsqueda y su resultado puede verse en la Tabla 2.

Tabla 2: Resultados sobre aplicación de técnicas de minería de procesos.

No	Técnicas	Referencias
1	Clustering	(Delcoucq et al., 2020; Fan et al., 2018; Zandkarimi et al., 2020)
2	Simulation	(Abohamad et al., 2017; Halawa et al., 2021; Pourbafrani & van der Aalst, 2020; van der Aalst, 2018)
3	Mapa de correlación	(González López de Murillas et al., 2019; Tello et al., 2019; Zhang et al., 2021)
4	Análisis de rendimiento con Petri Net	(Deng et al.; Nedopetalski & de Freitas, 2021; Yin et al., 2021; Zeng et al., 2020)
5	Gráfico de puntos	(Hompe et al., 2019; Lu et al., 2017; van der Aalst et al., 2020)
6	Atracción de patrones	(Gan et al., 2019; Yao et al., 2017)
7	Detector de problemas de marca de tiempo	(Martin et al., 2019; Sathyalakshmi et al., 2019; Wynn & Sadiq, 2019)

Las técnicas de minería de procesos más utilizadas en los artículos revisados se muestran en la figura 1. La mayoría de los investigadores utilizaron técnicas de simulación para mejorar un modelo de proceso o propusieron una nueva técnica.



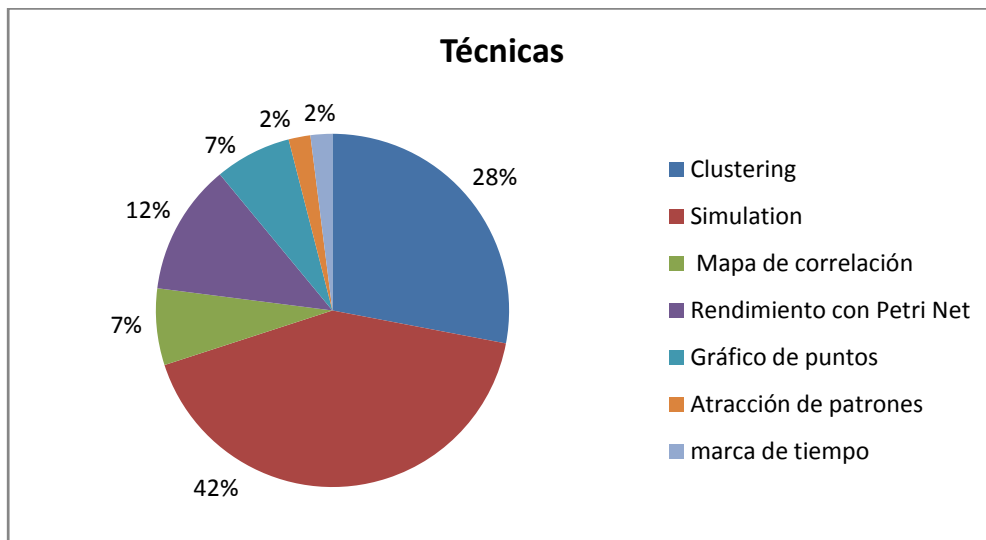


Figura 1: Técnicas de minería de procesos.

Los algoritmos de minería de procesos más usados en los artículos analizados, se muestran en la figura 2.

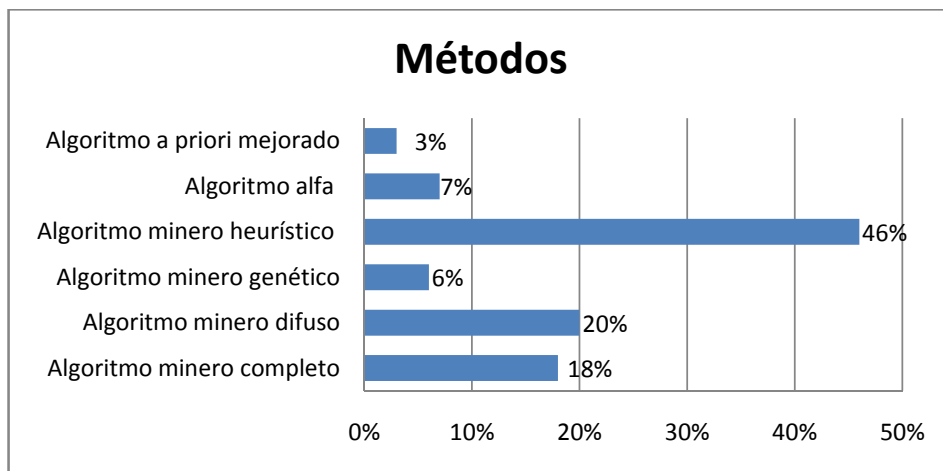


Figura 2: Algoritmos de minería de procesos.

Del análisis realizado se concluye que el minero heurístico es el algoritmo más utilizado (46% de los trabajos). Sin embargo, hay algunos artículos en los que se utilizan varios algoritmos como minero difuso (Bohacik & Zabovsky, 2018; Cheruku et al., 2018; Meengoen et al., 2020; Sirijaitham et al., 2017), algoritmo a priori mejorado (Akbar et al., 2017; Dehghani et al., 2019; Hasan & Mishu, 2018; Pandey & Shukla, 2018; Thakre & Shende, 2017; Yang et al.,



2017), algoritmo alfa (Ganesha et al., 2017; Intayoad & Becker, 2018) y genético(Bizzaro et al., 2020; Derouiche et al., 2017; Li et al., 2017).

Discusiones

En procesos complejos, varios eventos pueden ocurrir en diferentes secuencias. La predicción del próximo evento dado un estado de proceso a priori es de importancia en tales procesos. Métodos recientes han propuesto técnicas de aprendizaje profundo, como redes neuronales recurrentes, desarrolladas en registros de eventos sin procesar, para predecir el próximo evento a partir de un estado de proceso. Sin embargo, estos modelos de aprendizaje profundo por sí mismos carecen de una representación clara de los estados del proceso. Al mismo tiempo, los métodos recientes han descuidado la característica de tiempo de las instancias de eventos. Diversos autores han utilizados las técnicas y métodos clásicos de la minería de procesos. Sin embargo, en este estudio se corroboró que existe un número creciente de actualizaciones y mejoras a los algoritmos clásicos de minería de procesos.

En (Theis & Darabi, 2019) se utilizan las redes de Petri como una poderosa herramienta para modelar comportamientos de procesos complejos considerando el tiempo como una variable elemental. Se propone un enfoque que parte de un modelo de proceso de red de Petri construido por un algoritmo de minería de procesos. Se propone un modelo de red de Petri mejorado, con funciones de disminución del tiempo para crear muestras de estado de proceso continuo. Se usan las muestras en combinación con contadores de movimiento de *tokens* discretos y marcas de red de Petri para entrenar un modelo de aprendizaje profundo que predice el próximo evento.

En (Garcia et al., 2019) analizan los ciclos de retroalimentación iterativos y los pasos opcionales durante las actividades como negociaciones de contratos, modificación de productos, consultoría especializada, cálculos de diseño, aprobación de la administración, pruebas de validación o procesos de certificación. En la investigación publicada presentan una aplicación de minería de procesos de la industria como una forma de reducir esfuerzos en las fases de diagnóstico y control de un proyecto de proceso de mejora. Para la minería de procesos, el autor se basó en un método multifacético para identificar los problemas más importantes en el flujo de control, la estructura organizativa y el rendimiento. El enfoque utilizado para descubrir los procesos fue el algoritmo *Fuzzy Miner*, porque es robusto para lidiar con el ruido en los registros y los procesos no estructurados.

En (Theis et al., 2021)se propone una arquitectura de minería de procesos / aprendizaje profundo para mejorar los métodos de puntuación de gravedad establecidos mediante la incorporación del historial médico de los pacientes con



diabetes. Primero, los registros de salud de encuentros hospitalarios pasados se convierten en registros de eventos adecuados para la minería de procesos. Luego, los registros de eventos se utilizan para descubrir un modelo de proceso que describe los encuentros pasados de pacientes en el hospital. Se propone una adaptación de *Decay Replay Mining* para combinar información médica y demográfica con puntuaciones de gravedad establecidas para predecir la mortalidad hospitalaria de los pacientes con diabetes en la Unidad de Cuidados Intensivos.

En (Batyuk& Voityshyn, 2020) se propone un método de descubrimiento de procesos de transmisión continua para procesos comerciales semiestructurados. El método es un desarrollo adicional del *Fuzzy Miner*, que originalmente estaba destinado a conjuntos de datos de eventos estacionarios. La transmisión *Fuzzy Miner* admite la deriva del concepto de un modelo de proceso empresarial para que los eventos recientes se consideren más importantes que los anteriores. El método se utilizó para representar modelos de procesos comerciales en la tecnología de la información de monitoreo de procesos comerciales en tiempo real.

Conclusiones

El objetivo de esta investigación fue obtener un mapa sobre la aplicación de técnicas de minería de proceso. Esto fue posible gracias al uso de la herramienta mapeo sistemático de la literatura que permite explorar una gama de tema amplio para responder la propuesta de pregunta de investigación.

La pregunta de investigación es de interés para la comunidad, fue respondida utilizando el resultado de la búsqueda y el análisis de títulos y abstracts. La clasificación de trabajos permitió que el área del conocimiento objeto de estudio han sido muy activas según el total de artículos estudiados (correspondientes a los años 2017-2021). Esto significa que existe una concentración de resultados que se están aplicando experimentalmente en los últimos años. Se encontró evidencia en trabajos previos que confirman que la comunidad científica ha planteado inquietudes similares a las que motivan este artículo.

Conflictos de intereses

Los autores de la presente investigación declaran que no poseen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: Edwin Joao Merchán Carreño, Karina Virginia Mero Suárez, Carlos Renán Mero Suárez.
2. Curación de datos: Karina Virginia Mero Suárez, Carlos Renán Mero Suárez.



obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

3. Análisis formal: Karina Virginia Mero Suárez, Carlos Renán Mero Suárez.
4. Adquisición de fondos: Edwin Joao Merchán Carreño.
5. Investigación: Edwin Joao Merchán Carreño, Karina Virginia Mero Suárez.
6. Metodología: Edwin Joao Merchán Carreño, Karina Virginia Mero Suárez.
7. Administración del proyecto: Carlos Renán Mero Suárez.
8. Recursos: Edwin Joao Merchán Carreño.
9. Software: Edwin Joao Merchán Carreño, Karina Virginia Mero Suárez.
10. Supervisión: Carlos Renán Mero Suárez.
11. Validación: Edwin Joao Merchán Carreño.
12. Visualización: Edwin Joao Merchán Carreño, Karina Virginia Mero Suárez.
13. Redacción – borrador original: Edwin Joao Merchán Carreño, Karina Virginia Mero Suárez, Carlos Renán Mero Suárez.
14. Redacción – revisión y edición: Edwin Joao Merchán Carreño, Karina Virginia Mero Suárez, Carlos Renán Mero Suárez.

Financiamiento

La investigación ha sido financiada a partir por el proyecto de investigación de la Carrera de Tecnologías de información de la Universidad Estatal del Sur de Manabí y que versa: Metodología de peligros y puntos críticos de control aplicando minería de procesos.

Referencias

- Abohamad, W., Ramy, A., & Arisha, A. (2017). A hybrid process-mining approach for simulation modeling. 2017 Winter Simulation Conference (WSC),
- Akbar, A., Kusumawijaya, I. P., Adhayanti, N., & Putra, H. D. (2017, 1-3 Nov. 2017). Shortest-path problem solving in the installation of data/internet network using Apriori algorithm. 2017 Second International Conference on Informatics and Computing (ICIC),
- Batyuk, A., & Voityshyn, V. (2020, 21-25 Aug. 2020). Streaming Process Discovery Method for Semi-Structured Business Processes. 2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP),



obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

- Bizzaro, F., Conti, M., & Pini, M. S. (2020, 2-6 Nov. 2020). Proof of Evolution: leveraging blockchain mining for a cooperative execution of Genetic Algorithms. 2020 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain),
- Bohacik, J., & Zabolovsky, M. (2018, 15-16 Nov. 2018). Fuzzy Rule Miner: A Software Library Used in Project Based Teaching of Topics Related to Knowledge Discovery in Databases. 2018 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA),
- Castro, R. J. D., Oliveira, A. L. I., & Terra, A. H. (2018, 22-25 Oct. 2018). Process Mining Discovery Techniques in a Low-Structured Process Works? 2018 7th Brazilian Conference on Intelligent Systems (BRACIS),
- Cheruku, R., Edla, D. R., Kuppili, V., & Dharavath, R. (2018). RST-BatMiner: A fuzzy rule miner integrating rough set feature selection and Bat optimization for detection of diabetes disease. *Applied Soft Computing*, 67, 764-780. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.06.032>
- Dehghani, M., Kamandi, A., Shabankhah, M., & Moeini, A. (2019, 24-25 Oct. 2019). Toward a Distinguishing Approach for Improving the Apriori Algorithm. 2019 9th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCCKE),
- Delcoucq, L., Lecron, F., Fortemps, P., & van der Aalst, W. M. (2020). Resource-centric process mining: clustering using local process models. Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on Applied Computing,
- Deng, W., Liu, W., Li, Y., & Zhao, T. A Petri-net-based Framework for Microgrid Process Mining. 2020 IEEE 4th Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2),
- Derouiche, A., Layeb, A., & Habbas, Z. (2017, 30 Oct.-3 Nov. 2017). Chemical Reaction Optimization Metaheuristic for Solving Association Rule Mining Problem. 2017 IEEE/ACS 14th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA),
- Ellatif, M. A., Shaaban, E. M., & Amin, M. A. (2019, 17-17 Dec. 2019). Detecting Deviations in Business Processes Using Process Mining. 2019 14th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES),
- Fan, W., Zhang, Y., Wang, L., & Zhong, S. (2018, 28-30 Sept. 2018). Typical Machining Process Mining of Servo Valve Parts Based on Self-adaptive Affinity Propagation Clustering. 2018 International Computers, Signals and Systems Conference (ICOMSSC),
- Feng, Z., Zhu, S., Wu, J., & Guo, H. (2019). Theory and Method of Time-varying Computational Experiments for the Fully Mechanized Mining Process in an Artificial System Environment. *IEEE Access*, 7, 168162-168174. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2954591>



- Fuentes Reyes, S. C., Domínguez Castro, A., García Pérez, W., Romero Lazcano, P., & Leyva Pérez, L. (2019). Caracterización de la producción científica en el área disciplinar de la minería de proceso. *Investigación bibliotecológica*, 33(78), 193-216. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-358X2019000100193&script=sci_arttext
- Gan, W., Lin, J. C.-W., Fournier-Viger, P., Chao, H.-C., & Yu, P. S. (2019). A survey of parallel sequential pattern mining. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD)*, 13(3), 1-34.
- Ganesha, K., Dhanush, S., & SM, S. R. (2017). An approach to fuzzy process mining to reduce patient waiting time in a hospital. 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIECS),
- Garcia, C. d. S., Meinheim, A., Filho, F. C. G., Santos, E. A. P., & Scalabrin, E. E. (2019, 6-9 Oct. 2019). Getting Insights to Improve Business Processes with Agility: A Case Study Using Process Mining. 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC),
- González López de Murillas, E., Reijers, H., & Van Der Aalst, W. (2019). Connecting databases with process mining. *Software & Systems Modeling*, 18, 1209-1247.
- González, Y. C., Castillo, G. M., & Melgarejo, P. A. (2020). Hacia un marco de trabajo de minería de procesos enfocado en el usuario. *Ciencias de la Información*, 49(3), 26-33. <http://cinfo.idict.cu/index.php/cinfo/article/view/851>
- Guerrero, M., Luque Sendra, A., & Lama-Ruiz, J. R. (2019). Técnicas de predicción mediante minería de datos en la industria alimentaria bajo el paradigma de Industria 4.0. *V jornada de investigación y postgrado de la Escuela Politécnica Superior de Sevilla (2019)*, p 149-157. <https://idus.us.es/handle/11441/88838>
- Halawa, F., Madathil, S. C., & Khasawneh, M. T. (2021). Integrated Framework of Process Mining and Simulation-Optimization for Pod Structured Clinical Layout Design. *Expert Systems with Applications*, 115696.
- Hasan, M. M., & Mishu, S. Z. (2018, 8-9 Feb. 2018). An Adaptive Method for Mining Frequent Itemsets Based on Apriori And FP Growth Algorithm. 2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2),
- Herrera, C. D. (2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. Orientación intelectual de revista Universum. *Revista general de información y documentación*, 28(1), 119. <http://www.academia.edu/download/56993195/Art. Invest. cuali y A.de Cont. tematico RGID 2018.pdf>
- Hompes, B., Dixit, P., & Buijs, J. (2019). Using process analytics to improve healthcare processes. In *Data Science for Healthcare* (pp. 305-325). Springer.



- Intayoad, W., & Becker, T. (2018). Applying process mining in manufacturing and logistic for large transaction data. International Conference on Dynamics in Logistics,
- Joty, S., Carenini, G., Ng, R. T., & Murray, G. (2018, 17-20 Nov. 2018). Discourse Processing and Its Applications in Text Mining. 2018 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM),
- Kukreja, G., & Batra, S. (2017, 21-23 Sept. 2017). Analogize process mining techniques in healthcare: Sepsis case study. 2017 4th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPPCC),
- Leemans, S. J. J., Goel, K., & Zelst, S. J. v. (2020, 5-8 Oct. 2020). Using Multi-Level Information in Hierarchical Process Mining: Balancing Behavioural Quality and Model Complexity. 2020 2nd International Conference on Process Mining (ICPM),
- Li, T., He, T., Wang, Z., Zhang, Y., & Chu, D. (2017, 25-30 June 2017). Unraveling Process Evolution by Handling Concept Drifts in Process Mining. 2017 IEEE International Conference on Services Computing (SCC),
- Lu, X., Fahland, D., Andrews, R., Suriadi, S., Wynn, M. T., ter Hofstede, A. H., & van der Aalst, W. M. (2017). Semi-supervised log pattern detection and exploration using event concurrence and contextual information. OTM Confederated International Conferences "On the Move to Meaningful Internet Systems",
- Mariñelarena-Dondena, L., Errecalde, M. L., & Solano, A. C. (2017). Extracción de conocimiento con técnicas de minería de textos aplicadas a la psicología. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 9(2), 65-76. <https://www.redalyc.org/pdf/3334/333452119006.pdf>
- Martin, N., Martinez-Millana, A., Valdivieso, B., & Fernández-Llatas, C. (2019). Interactive data cleaning for process mining: a case study of an outpatient clinic's appointment system. International Conference on Business Process Management,
- Meengoen, P., Porouhan, P., Kungcharoen, K., Palangsantikul, P., Arpasat, P., & Premchaiswadi, W. (2020, 18-20 Nov. 2020). Analysis of Materials and Supplies Withdrawal Process in Educational Institutions with Fuzzy Miner Technique. 2020 18th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE),
- Mishra, V. P., Dsouza, J., & Elizabeth, L. (2018, 29-31 Aug. 2018). Analysis and Comparison of Process Mining Algorithms with Application of Process Mining in Intrusion Detection System. 2018 7th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO),
- Nedopetalski, F., & de Freitas, J. C. J. (2021). Process Mining and Simulation for a p-Time Petri Net Model with Hybrid Resources. 2021 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS),



- Nemeth, M., Michalconok, G., & Peterkova, A. (2017, 20-23 Oct. 2017). The analysis of emerging failures of process control systems based on data mining. 2017 IEEE 21st International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES),
- Orellana García, A., Pérez Alfonso, D., & Estrada Sentí, V. (2018). Análisis de procesos hospitalarios desde la perspectiva de tiempo utilizando minería de procesos. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(1), 130-146. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992018000100010&script=sci_arttext&tlng=pt
- Ouanan, H., & Abdelwahed, E. H. (2019, 26-27 Dec. 2019). Image processing and machine learning applications in mining industry: Mine 4.0. 2019 International Conference on Intelligent Systems and Advanced Computing Sciences (ISACS),
- Pandey, K. K., & Shukla, D. (2018, 28-29 Dec. 2018). Mining on Relationships in Big Data era using Improve Apriori Algorithm with MapReduce Approach. 2018 International Conference on Advanced Computation and Telecommunication (ICACAT),
- Peña, M. R., & Bayona-Oré, S. (2018, 17-19 Oct. 2018). Process Mining and Automatic Process Discovery. 2018 7th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS),
- Piñeiro-Naval, V. La metodología de análisis de contenido. Usos y aplicaciones en la investigación comunicativa del ámbito hispanico. http://www.academia.edu/download/63512180/Pineiro-Naval_2020b20200603-36550-1krcv9m.pdf
- Pourbafrani, M., & van der Aalst, W. M. (2020). PMSD: data-driven simulation using system dynamics and process mining. *arXiv preprint arXiv:2010.00943*.
- Rafiei, M., & van der Aalst, W. M. P. (2021). Group-based privacy preservation techniques for process mining. *Data & Knowledge Engineering*, 134, 101908. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.datak.2021.101908>
- Rbigui, H., & Cho, C. (2018, 17-19 Oct. 2018). Purchasing Process Analysis with Process Mining of a Heavy Manufacturing Industry. 2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC),
- Saito, S. (2019, 23-27 Sept. 2019). Identifying and Understanding Stakeholders using Process Mining: Case Study on Discovering Business Processes that Involve Organizational Entities. 2019 IEEE 27th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW),
- Sangil, M. J. (2020, 5-7 Nov. 2020). Heuristics-Based Process Mining on Extracted Philippine Public Procurement Event Logs. 2020 7th International Conference on Behavioural and Social Computing (BESC),



- Sathyalakshmi, S., Ramamoorthy, S., & Rajavarman, V. (2019). Optimizing data quality issues in process mining to maximize valuable customer service. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 16(5-6), 2259-2264.
- Seidl, T. (2020, 5-8 Oct. 2020). Keynote: Data Mining on Process Data. 2020 2nd International Conference on Process Mining (ICPM),
- Sirijaitham, P., Porouhan, P., Palangsantikul, P., & Premchaiswadi, W. (2017, 22-24 Nov. 2017). Improving efficiency of OTT systems using fuzzy mining technique. 2017 15th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE),
- Tello, G., Gianini, G., Mizouni, R., & Damiani, E. (2019). Machine learning-based framework for log-lifting in business process mining applications. International Conference on Business Process Management,
- Thakre, K. R., & Shende, R. (2017, 11-12 May 2017). Implementation on an approach for mining of datasets using APRIORI hybrid algorithm. 2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI),
- Theis, J., & Darabi, H. (2019). Decay Replay Mining to Predict Next Process Events. *IEEE Access*, 7, 119787-119803. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2937085>
- Theis, J., Galanter, W., Boyd, A., & Darabi, H. (2021). Improving the In-Hospital Mortality Prediction of Diabetes ICU Patients Using a Process Mining/Deep Learning Architecture. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2021.3092969>
- van der Aalst, W. M. (2018). Process mining and simulation: a match made in heaven! SummerSim,
- van der Aalst, W. M., Brockhoff, T., Ghahfarokhi, A. F., Pourbafrani, M., Uysal, M. S., & van Zelst, S. J. (2020). Removing operational friction using process mining: challenges provided by the Internet of Production (IoP). International Conference on Data Management Technologies and Applications,
- Viera, Á. F. G. (2017). Técnicas de aprendizaje de máquina utilizadas para la minería de texto. *Investigación bibliotecológica*, 31(71), 103-126. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2017000100103
- Wynn, M. T., & Sadiq, S. (2019). Responsible process mining-a data quality perspective. International Conference on Business Process Management,
- Yang, J., Huang, H., & Jin, X. (2017, 21-24 July 2017). Mining Web Access Sequence with Improved Apriori Algorithm. 2017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE) and IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC),



- Yao, X., Chen, L., Peng, L., & Chi, T. (2017). A co-location pattern-mining algorithm with a density-weighted distance thresholding consideration. *Information Sciences*, 396, 144-161.
- Yıldız, E. C., Aktas, M. S., Kalipsız, O., Kanlı, A. N., & Turgut, U. O. (2018, 20-23 Sept. 2018). Data Mining Library for Big Data Processing Platforms: A Case Study-Sparkling Water Platform. 2018 3rd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK),
- Yin, F., Cao, J., Chu, J., & Olga, S. (2021). Warehousing Process Mining Research Based on Petri Net. The International Conference on Artificial Intelligence and Logistics Engineering,
- Zandkarimi, F., Rehse, J.-R., Soudmand, P., & Hoehle, H. (2020). A generic framework for trace clustering in process mining. 2020 2nd International Conference on Process Mining (ICPM),
- Zeng, Q., Duan, H., & Liu, C. (2020). Top-down process mining from multi-source running logs based on refinement of petri nets. *IEEE Access*, 8, 61355-61369.
- Zhang, L., Pan, Y., Wu, X., & Skibniewski, M. J. (2021). Process Mining. In *Artificial Intelligence in Construction Engineering and Management* (pp. 147-172). Springer.

