

Minería de Procesos de Negocio Inter-Organizacionales Basados en la Nube

Ivanna M. Lazarte¹, Jorge Roa², Edgar Tello-Leal³, Mariano Rubiolo^{2,4}, Pablo Villarreal^{2,4}

¹LaTICs, Secretaría de Investigación
Universidad Nacional de Catamarca
Maximio Victoria 55, Catamarca, Argentina
ilazarte@tecno.unca.edu.ar

²Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, CIDISI
Santa Fe, Argentina
jroa,mrubio,lvillarr@frsf.utn.edu.ar

³Universidad Autónoma de Tamaulipas
Matamoros S/N, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México
etello@uat.edu.mx

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET, Argentina

Abstract

Para mantener ventaja competitiva en los mercados globales y en los servicios gubernamentales, las organizaciones se están enfocando en establecer redes de colaboración o colaboraciones inter-organizacionales. Estos tipos de colaboraciones requieren de nuevas herramientas que permitan mejorar el monitoreo y evaluación de los procesos de negocio. Las tecnologías de inteligencia de negocio actuales no dan soporte a este tipo de análisis. En este trabajo se presenta un enfoque para la minería de procesos de negocio inter-organizacionales que son ejecutados en una plataforma basada en Computación en la Nube. Para mostrar la aplicabilidad del enfoque, se utilizó un modelo de proceso inter-organizacional basado en un plan de reaprovisionamiento colaborativo en la industria de electrónica y se utilizaron registros de eventos obtenidos de la ejecución del proceso para determinar el comportamiento real del mismo.

1. Introducción

Actualmente, en una economía basada en el conocimiento, las organizaciones requieren realizar una gestión de activos de conocimiento apropiada para mantener una ventaja competitiva en los mercados globales o en los servicios gubernamentales. En este ámbito la gestión de procesos de negocio ha recibido considerable atención recientemente por las comunidades de investigación de ciencias de la computación y administración de negocios.

Los avances en las Tecnologías de Información y Comunicaciones, el impacto de la globalización, los mercados modernos, las nuevas filosofías de gestión de organizaciones, alientan a las organizaciones a establecer relaciones estrechas de integración, cooperación y colaboraciones entre ellas, dando lugar a nuevos tipos de colaboraciones, tales como redes de colaboración o colaboraciones inter-organizacionales dinámicas [1]. Este tipo de colaboraciones han demostrado traer beneficios para sus participantes, tales como disminución de costos, mejoras de rendimiento en las organizaciones, manejo eficiente de información en tiempo real, etc. Una colaboración inter-organizacional implica una integración orientada a procesos entre organizaciones heterogéneas y autónomas, que debe ser alcanzada tanto a nivel de negocio como a nivel tecnológico [2,3].

Los Sistemas de Información Orientados a Procesos (SIOPs) [4] posibilitan gobernar las transacciones y comunicaciones entre organizaciones, facilitando la implementación y realización de las colaboraciones inter-organizacionales. La eficiencia y eficacia en la gestión de la colaboración entre organizaciones dependen de la capacidad de los sistemas de información para soportar la constante evolución o cambio de los procesos de negocio involucrados en las colaboraciones inter-organizacionales.

Estos tipos de colaboraciones requieren de herramientas que permitan mejorar el monitoreo y evaluación de los procesos de negocio, las cuales no son soportadas por tecnologías de inteligencia de negocio actuales. La minería de procesos es una disciplina

emergente que proporciona métodos y técnicas para proveer información basada en hechos y dar soporte a las mejoras de procesos. Esta nueva disciplina se construye sobre enfoques dirigidos por modelos de procesos y minería de datos [5].

Las técnicas de minería de procesos son capaces de extraer conocimiento a partir de los registros de eventos, comúnmente disponibles en los sistemas de información. Estas técnicas proporcionan nuevos medios para descubrir, monitorear y mejorar los procesos de negocio en una variedad de dominios de aplicación. Existen dos factores principales para el creciente interés en la minería de procesos: (1) cada vez más eventos se registran, proporcionando información detallada sobre la historia de los procesos de negocio; (2) existe una necesidad de mejorar y dar soporte a los procesos de negocio en entornos competitivos y rápidamente cambiantes.

Por un lado, en entornos de colaboraciones inter-organizacionales la definición de modelos de procesos de negocio inter-organizacionales es un desafío, debido a que las personas involucradas tienen que poner en común sus conocimientos sobre los procesos de negocio en general, que comprenden a dos o más organizaciones. La fase de modelado de procesos de negocio inter-organizacionales implica esfuerzos importantes de recursos humanos, tiempos y costos en que deben incurrir las organizaciones para el diseño, compilación e implementación de los procesos mediante sistemas de información. Además, se deben considerar que los cambios a los procesos o nuevos procesos de negocio incurrir en costos y consumo de tiempo adicional, así como una tendencia a la toma de decisiones subjetiva.

Por otro lado, en un entorno inter-organizacional, un proceso de negocio se descompone en partes y se distribuye en las organizaciones involucradas, las cuales ejecutan el rol que les corresponde dentro del proceso. Las organizaciones necesitan cooperar para completar la ejecución del proceso exitosamente y alcanzar la meta de negocio definida. Analizar el registro de eventos dentro de una de estas organizaciones involucradas es insuficiente, ya que para descubrir el proceso de extremo-a-extremo se requiere fusionar los registros de eventos de las diferentes organizaciones. Lo anterior, es una tarea compleja y no trivial, ya que los eventos necesitan ser correlacionados cruzando las fronteras organizacionales. Además, puede presentarse el caso de que una organización esté ejecutando diferentes versiones de un proceso o variantes de un proceso de negocio inter-organizacional con distintas organizaciones, lo cual ocasiona una tarea de fusión de registros de eventos más compleja.

En este trabajo se presenta un enfoque para la minería de procesos de negocio inter-organizacionales cuya ejecución está basada en la Computación en la Nube. Se analiza la utilización de la herramienta de minería de

procesos Disco [6], con el objetivo de desarrollar algoritmos de comportamiento similar dentro de una plataforma de ejecución, monitoreo y control de procesos inter-organizacionales en la Nube. Mediante este enfoque es posible determinar el comportamiento de la vista global del proceso inter-organizacional. Esto permite evaluar si la ejecución del proceso inter-organizacional se lleva a cabo de acuerdo a los requerimientos definidos en la colaboración. La ejecución y el monitoreo de los procesos inter-organizacionales se lleva a cabo en una plataforma basada en la nube [7,8] que provee servicios de diseño, implementación, despliegue, ejecución y monitoreo de procesos inter-organizacionales. El enfoque de minería de procesos propuesto es aplicado a un caso de estudio para un plan de reaprovisionamiento colaborativo en la industria de electrónica.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera. La Sección 2 presenta los conceptos de procesos inter-organizacionales y minería de procesos. La Sección 3 propone como descubrir procesos de negocio inter-organizacionales en la nube. La sección 4 presenta trabajos relacionados. Finalmente, la Sección 5 presenta conclusiones y trabajos futuros.

2. Antecedentes

2.1. Procesos de Negocio Inter-Organizacionales

En trabajos previos [2,9], se concluyó que para dar soporte a la colaboración entre organizaciones es necesario distinguir entre el nivel de negocio y el nivel tecnológico. A nivel de negocio, la solución consiste en aplicar un modelo de gestión que defina las reglas generales que gobiernan la colaboración entre organizaciones. En este nivel, la integración y colaboración entre organizaciones se alcanza a través de la definición y ejecución de los procesos de negocio inter-organizacionales. Un proceso de negocio inter-organizacional define el comportamiento de las interacciones entre las organizaciones y sus roles desde un punto de vista global, esto es, cómo coordinan sus acciones e intercambian información, con el propósito de tomar decisiones en forma conjunta para alcanzar una meta de negocio común [3,9,10].

A nivel tecnológico, la solución se centra en la funcionalidad y la interoperabilidad de los sistemas de información inter-organizacionales para automatizar y ejecutar los procesos inter-organizacionales. Esto implica que las organizaciones deben desarrollar e implementar sistemas de información autónomos que sean interoperables y lleven a cabo la ejecución de los procesos de integración, posibilitando el intercambio de información y las interacciones entre dichos sistemas, para dar soporte a la gestión descentralizada de los procesos inter-organizacionales [2].

La interoperabilidad de los sistemas de información puede ser alcanzada a través de la definición de modelos o especificaciones ejecutables de los procesos basadas en estándares de-facto o definidos ad-hoc. Esto permite que luego puedan ser interpretadas por SIOPs [11]. Estos sistemas ejecutan procesos en los que están involucradas personas, aplicaciones y fuentes de información, sobre la base de modelos o especificaciones ejecutables de procesos que son interpretadas por un motor de procesos.

2.2. Plataforma para la ejecución de Procesos de Negocio Inter-Organizacionales en la Nube

En trabajos recientes [7,8], se propuso una plataforma basada en la nube para ofrecer servicios bajo demanda para la gestión de procesos de negocio inter-organizacionales que forman parte de redes colaborativas. La plataforma le permite a las organizaciones reducir costos y complejidad ocultando la infraestructura requerida para la colaboración, crear y gestionar colaboraciones de manera ágil mediante la generación y el desarrollo bajo demanda de los procesos privados de las organizaciones y de los SIOPs requeridos para implementar y ejecutar los procesos inter-organizacionales acordados por las organizaciones, ejecutar bajo demanda los procesos inter-organizacionales, monitorear dichos procesos proveyendo una vista común y compartida de los estados de los procesos, y cumplir con el requerimiento de gestión descentralizada y autonomía de las organizaciones para todos los servicios.

El propósito de la plataforma es proveer servicios para las etapas de diseño, implementación, despliegue y ejecución del ciclo de vida de los procesos inter-organizacionales. Para esto, la plataforma utiliza métodos definidos en trabajos previos para el modelado y verificación de procesos inter-organizacionales [9,12,13], para la generación de procesos de interfaz e integración, y para la ejecución de los mismos mediante SIOPs [10, 14].

A continuación, se describen los servicios y funcionalidades propuestos por la plataforma para la ejecución y monitoreo de los procesos inter-organizacionales. Para describir estos servicios, la Figura 1 muestra un escenario de colaboración del dominio de cadena de suministro de la industria electrónica, donde dos organizaciones A y B que llevan a cabo el rol de Proveedor y Minorista respectivamente, quieren implementar el modelo colaborativo conocido como CPFR (en inglés, *Collaborative, Planning, Forecasting and Replenishment*). Como parte de este modelo, las organizaciones requieren implementar y ejecutar el proceso inter-organizacional Gestión de Orden Colaborativa (GOC).

La ejecución de los procesos inter-organizacionales se lleva a cabo mediante la ejecución descentralizada de los procesos internos de cada organización. De esta manera, las organizaciones pueden intercambiar información punto-a-punto entre sí, y compartir la información necesaria para dar soporte a la ejecución descentralizada de procesos inter-organizacionales.

Para iniciar la ejecución de un proceso inter-organizacional, la plataforma provee servicios para realizar el despliegue de los SIOPs de cada organización, que ejecuta una instancia del proceso privado de cada organización (Paso 1). En el escenario, se despliega el SIOP de la organización Proveedor, el cual genera una instancia el proceso privado correspondiente al rol Proveedor, el cual está a cargo de iniciar el proceso. De manera similar, el Minorista solicita el despliegue de su SIOP para instanciar su proceso privado requerido para ejecutar el proceso inter-organizacional.

Una vez que todos los SIOPs fueron desplegados y que los procesos privados fueron instanciados, se inicia el servicio de monitoreo (Paso 2). Este servicio permite que las organizaciones estén enteradas del estado global de la colaboración y, en particular, del estado del proceso inter-organizacional Gestión de Orden Colaborativa. Esto permite la evaluación y el análisis continuo del cumplimiento de los acuerdos establecidos entre las organizaciones o predecir la calidad de la colaboración con un determinado socio en el futuro.

Para implementar el servicio de monitoreo se pueden utilizar técnicas como la minería de procesos. Con las herramientas de minería de procesos es posible aprovechar los datos generados por los SIOPs para visualizar rápida y objetivamente los procesos *as-is*, es decir, tal como se están ejecutando realmente. Esto permitirá a las organizaciones analizar variaciones y/o inconsistencias respecto del acuerdo pre-establecido en la colaboración.

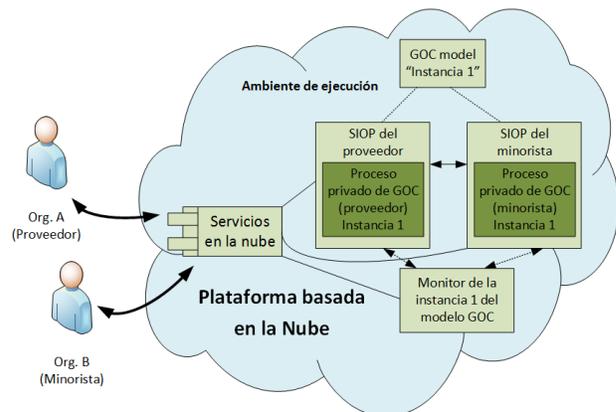


Figura 1. Plataforma basada en la nube para procesos de negocio inter-organizacionales

2.3. Minería de Procesos de Negocio

La minería de procesos es un área de investigación que se ubica entre la inteligencia computacional y la minería de datos, por una parte, y la definición (modelado) y análisis de procesos, por otra parte. Son varias las áreas que se incluyen en la minería de procesos, tales como descubrimiento de procesos, verificación de conformidad, mejora de procesos, minería organizacional, extensión de modelos de procesos, reparación automática de modelos de procesos, predicción de casos, construcción automática de modelos basados en simulación, y recomendaciones basados en la historia de ejecución de procesos.

En la minería de procesos se asume que es posible registrar eventos secuencialmente, dado que cada evento tiene referencia a una actividad y se relaciona a un caso en particular (una instancia del proceso) [15]. Entonces, el dato de entrada en la minería de procesos es un registro de eventos. Un *registro de eventos* es un archivo estructurado jerárquicamente con información sobre las ejecuciones de procesos de negocio [16]. Este archivo contiene datos sobre varias ejecuciones del mismo proceso de negocio. Un *evento* es la parte atómica de ejecución de un proceso específico y puede contener una gran cantidad de atributos. Los datos de eventos, generados por los sistemas de información, normalmente se encuentran como actualizaciones de un estado (por ejemplo, del estado “factura enviada” cambia al estado “factura pagada”), o también como registros de actividad (por ejemplo, “correo electrónico enviado al cliente”). Una *traza* es un conjunto de eventos que pertenecen a la misma ejecución de un proceso de negocio. Por lo tanto, los registros de eventos pueden contener información adicional de los eventos, tales como el usuario que ejecuta la actividad o el dispositivo que inicia la actividad, la hora en que inició el evento, la duración del evento, entre otras.

Las tres principales tareas de minería de procesos son descubrimiento, conformidad y mejoramiento de procesos [5]. El *descubrimiento de procesos* consiste en utilizar un registro de eventos como entrada y producir un modelo de procesos de negocio sin usar información *a-priori*. El modelo descubierto normalmente es un modelo de proceso de negocio que es representado usando una notación gráfica como el lenguaje BPMN [17], redes de Petri [13,14,18], cadenas de procesos basadas en eventos (EPC, del inglés *Event-driven Process Chains*) [19], o diagramas de actividades de UML. Una de las técnicas de minería de procesos que se pueden utilizar en el descubrimiento de procesos es el algoritmo *alpha* (α -algorithm) [20]. Este algoritmo toma un registro de eventos y produce una red de Petri representando el comportamiento almacenado en el registro. La Figura 2 muestra que el uso de la minería de

procesos cambia el enfoque tradicional “top-down” utilizado en gestión de procesos de negocios. En éste, como puede verse a la izquierda de la figura, se comienza por el diseño del proceso en un modelo de alto nivel. Luego, se configura el sistema de información que gestionará y controlará ese proceso. Por último, este sistema coordina el trabajo entre los empleados y demás recursos de la organización. En cambio, la minería de procesos plantea un enfoque “bottom-up”, como se muestra a la derecha de la figura. En éste, no es necesario tener un modelo del proceso para analizarlo, sino que basta con los datos de los procesos que están en el sistema de información. Todos los pasos en la ejecución del proceso registrados por el sistema de información son utilizados luego por la minería de procesos para obtener el modelo a partir de estos datos. De esta manera, el proceso real, ajustado a las reglas de negocios actuales, puede ser descubierto automáticamente.



Figura 2. Enfoque “bottom-up” de la minería de procesos.

La *conformidad de procesos* consiste en comparar un modelo de proceso de negocio con el registro de eventos generado por la ejecución del mismo modelo de proceso [5]. La verificación de conformidad puede ser utilizada para evaluar si la información almacenada en el registro de eventos es equivalente al modelo y viceversa. En la Figura 3 puede observarse cómo la minería de procesos permite encontrar información objetiva sobre la forma de ejecución de un proceso en comparación con el modelo del mismo. Esta comparación objetiva entre el modelo y la realidad, permite mejorar los procesos.

El *mejoramiento de procesos* consiste en extender o mejorar un modelo de proceso existente usando la información almacenada del proceso real en el registro de eventos. En 1983, DeMarco [21] declaró que “no se puede controlar aquello que no está medido”. Esto también se aplica a la minería de procesos y destaca la importancia de la utilización de los registros de eventos de los procesos, que poseen los valores objetivos del estado del proceso al momento de su ejecución, y que son

el punto de partida necesario para la reconstrucción de esos procesos a descubrir, controlar o mejorar.

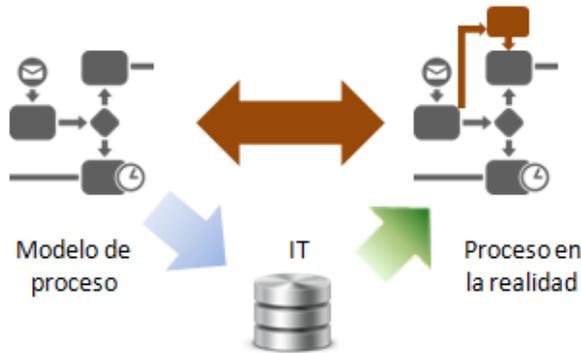


Figura 3. Encontrando desviaciones entre el modelo y la realidad.

3. Descubriendo Procesos de Negocio Inter-Organizacionales en la Nube

Los métodos de minería de procesos inter-organizacionales existentes consideran que la ejecución se realiza de manera descentralizada y los registros de eventos son individuales de cada organización. En este trabajo se considera que la colaboración se lleva a cabo bajo una arquitectura basada en la nube, la cual provee servicios de ejecución de procesos de negocio inter-organizacionales. La invocación de estos servicios permite que los participantes que forman parte de la colaboración dejen un registro de todos los eventos que ocurren en la misma, tales como envío y recepción de mensajes.

En este trabajo, se propone usar la herramienta Disco [6] de Fluxicon [22] para descubrir el proceso Plan de Aprovisionamiento Colaborativo real ejecutado por las organizaciones participantes en la colaboración.

Disco es una herramienta potente, fácil de usar y rápida para la minería de procesos. Permite el descubrimiento automático de procesos, realizar animaciones del proceso descubierto, obtener estadísticas detalladas con gráficos interactivos, usar un conjunto de filtros para limpiar los datos de proceso y enfocarse en el análisis, importar y exportar los datos en diferentes formatos (CSV, XLS, XES, PDF, PNG, etc.), entre otras funciones. Una funcionalidad interesante de Disco es la animación (que no debe confundirse con simulación). Mediante la animación, se puede visualizar el flujo del proceso tal como fue descubierto en la *mapa del proceso* (modelo que muestra el proceso descubierto). Es decir, los eventos reales del registro se reproducen en el mapa de proceso a medida que ocurrieron. La animación puede

ser muy útil para comunicar los resultados del análisis a los propietarios de procesos u otras personas que no son expertas en análisis de procesos.

En la Figura 4 se muestra el modelo el proceso colaborativo Plan de Aprovisionamiento Colaborativo, definido en el lenguaje UP-ColBPIP [2,9]. El propósito de este proceso colaborativo es que los participantes acuerden un plan de suministro a corto/mediano plazo. El proceso comienza con el proveedor quien propone un plan de suministro (SupplyPlan) de un producto, el cual debe ser negociado y acordado con el minorista.

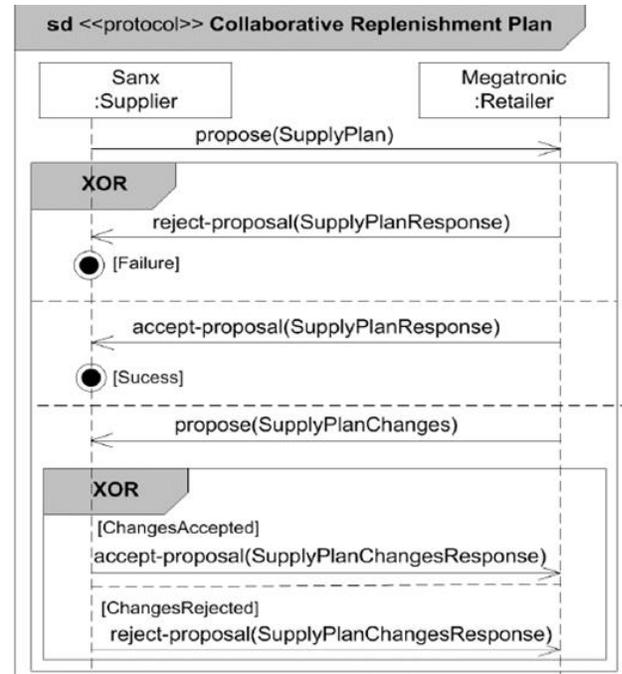


Figura 4. Proceso colaborativo Plan de Aprovisionamiento Colaborativo, definido en el lenguaje UP-ColBPIP

El minorista evalúa el plan con respecto a su plan de suministro generado internamente. El resultado puede dar lugar a tres respuestas alternativas, según que el responsable de logística decida aceptar, rechazar o hacer una contrapropuesta: (1) envía una respuesta de aceptación al proveedor y el proceso finaliza; (2) envía una respuesta de rechazo al proveedor y el proceso finaliza; o (3) propone cambios al proveedor, enviando su propuesta de plan de suministro.

Si el minorista propone un nuevo plan, el proveedor debe evaluarlo y procesarlo teniendo en cuenta su plan de producción. Como resultado, el proveedor puede responder de dos maneras: (1) rechazar el plan de suministro propuesto por el minorista; o (2) aceptar el plan de suministro del minorista, en cuyo caso éste será

el plan aceptado. Cualquiera sea la respuesta del proveedor, el proceso finaliza.

En la Figura 5 se muestra el registro de eventos del proceso Plan de Aprovisionamiento Colaborativo desplegado en Disco. Para poder analizar el registro de eventos es necesario definir las columnas (campos) a evaluarse e identificar al menos los tres atributos siguientes: Identificador del caso, Actividad y Marca de tiempo (*Timestamp*).

	Case ID	Timestamp	Activity	Resource	Dept
1	1	08-16-2017:10.10	propose(SupplyPlan)	Sanx	Supplier
2	1	08-16-2017:10.26	reject-proposal(SupplyPlanResponse)	Megatronic	Retailer
3	2	08-16-2017:10.29	propose(SupplyPlan)	Sanx	Supplier
4	2	08-16-2017:10.30	accept-proposal(SupplyPlanResponse)	Megatronic	Retailer
5	3	08-16-2017:10.41	propose(SupplyPlan)	Sanx	Supplier
6	3	08-16-2017:10.43	propose(SupplyPlanChanges)	Megatronic	Retailer
7	3	08-16-2017:10.46	reject-proposal(SupplyPlanChangesResponse)	Sanx	Supplier
8	4	08-16-2017:10.47	propose(SupplyPlan)	Sanx	Supplier
9	4	08-16-2017:10.50	propose(SupplyPlanChanges)	Megatronic	Retailer
10	4	08-16-2017:10.57	accept-proposal(SupplyPlanChangesResponse)	Sanx	Supplier

Figura 5. Registro de eventos del proceso Plan de Aprovisionamiento Colaborativo desplegado en Disco

El *identificador del caso* permite identificar de forma única una sola ejecución de su proceso. Permite determinar el alcance del proceso y saber a qué caso pertenece cada evento. Se puede definir con una o más columnas. La *actividad* representa un paso en el proceso. Deben existir nombres para diferentes pasos de proceso o cambios de estado que se realizaron al proceso. Estos nombres de actividad determinan el nivel de detalle del proceso. La *marca de tiempo* permite saber cuándo se realizó la actividad. Esto no sólo es importante para analizar el comportamiento temporal del proceso, sino también para establecer el orden de las actividades del

registro de eventos.

La marca de tiempo del registro de eventos del proceso Plan de Aprovisionamiento Colaborativo no se correspondía a ninguno de los patrones definidos en Disco, por lo cual se debió configurar un patrón personalizado. La Figura 6 muestra el patrón definido para que la herramienta Disco pueda detectarlo.

Además de los atributos mínimos requeridos por Disco para realizar la minería de procesos, se pueden

agregar otros atributos que sean importantes para el análisis y que describan propiedades específicas y relevantes para el dominio en estudio. En este caso, se incluyeron los atributos *Resource*, que identifica a la organización que realizó el evento, y *Dept*, que identifica al rol que desempeña la organización.

Al iniciar la minería de procesos en Disco, se obtiene el mapa del proceso Plan de Aprovisionamiento Colaborativo, que puede verse en la vista *Map* de Disco. Como puede observarse en la Figura 7, el proceso descubierto se visualiza de una manera sencilla e intuitiva: el inicio del proceso se ilustra con el símbolo de

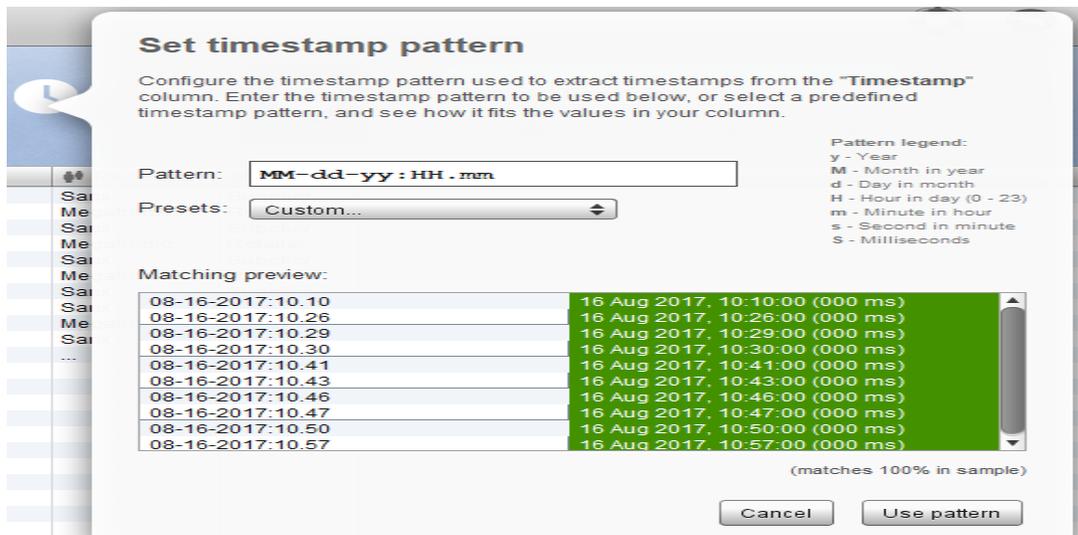


Figura 6. Configuración de la marca de tiempo del registro de eventos del proceso Plan de Aprovisionamiento Colaborativo

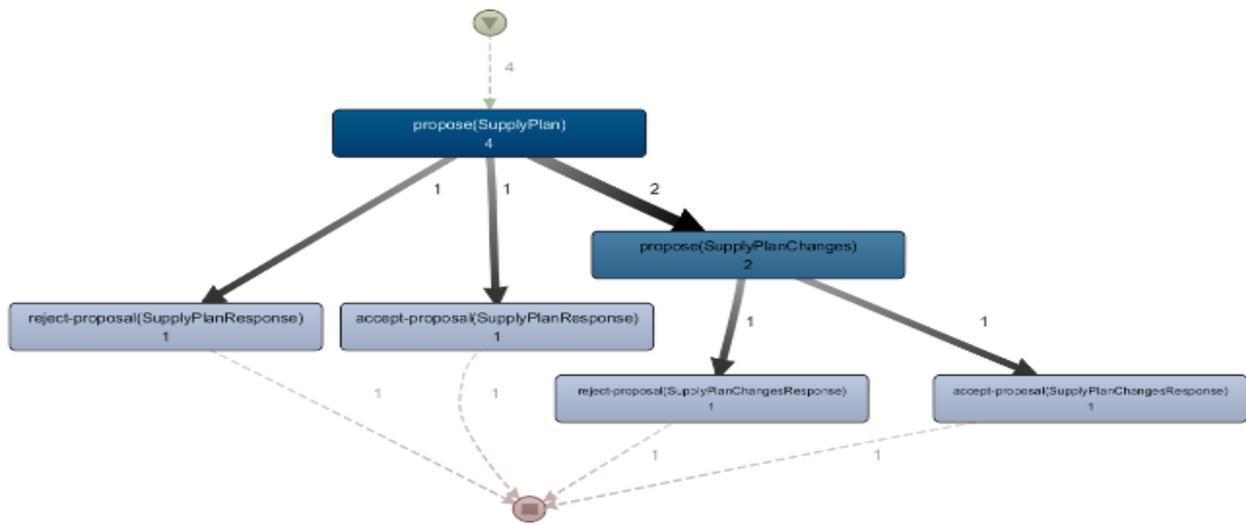


Figura 7. Mapa del proceso Plan de Aprovisionamiento Colaborativo.

triángulo en la parte superior del mapa de proceso. Del mismo modo, el final del proceso se ilustra mediante el símbolo de stop. Las actividades se representan mediante cajas y el flujo de proceso entre dos actividades se visualiza mediante una flecha. Las flechas punteadas señalan las actividades que ocurrieron al principio o al final del proceso.

La Figura 8 muestra la vista *Statistics* de Disco, la cual proporciona información general adicional y métricas de rendimiento detalladas sobre el proceso descubierto. En dicha vista se muestran estadísticas de casos (variantes, duración, eventos por caso), actividades

(frecuencias, promedio de duración, rango de duración), recursos, etc.

La Figura 9 muestra la vista *Cases de Disco*, la cual permite ver los casos individuales con su historia y todos sus atributos, brindando un contexto adicional que puede explicar por qué sucedió alguna desviación del proceso o violación de una regla de negocios importante durante la ejecución del proceso. En esta vista pudo determinarse que la información almacenada en el registro de eventos es equivalente al modelo mostrado en la Figura 4, es decir, los flujos de ejecución de las actividades (intercambio de mensajes) se corresponden a lo

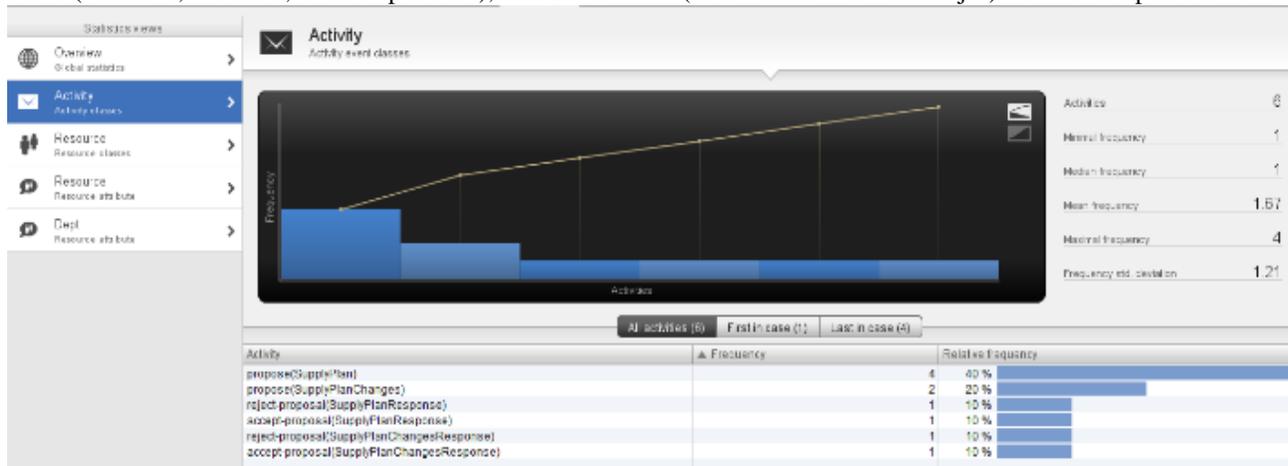


Figura 8. Vista Statistics de Disco

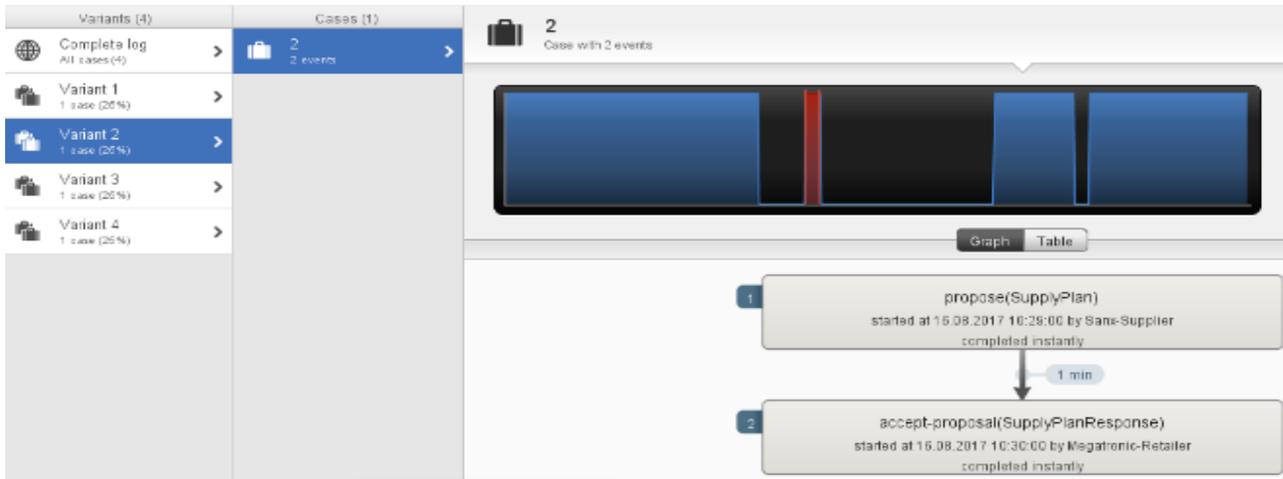


Figura 9. Vista Cases de Disco

establecido en la colaboración.

Disco permite exportar los resultados en diferentes formatos, lo cual es útil para compartirlos para su análisis con otras personas o para procesar sus datos con otras herramientas de análisis. La Figura 10 muestra un extracto del registro de eventos correspondiente al mapa del proceso. Dicho registro está definido en formato XES (*eXtensible Event Stream*) [23], el cual es el formato estándar para la minería de procesos soportado por la mayoría de las herramientas de minería de procesos (estándar IEEE 1849-2016).

Como pudo verse en este caso de estudio, Disco permite realizar minería de procesos de manera rápida, fácil e intuitiva sobre el registro de eventos de un proceso de negocio inter-organizacional ejecutado en la Nube,

posibilitando la visualización y el análisis del proceso tal como se está ejecutando realmente. Por lo tanto, puede utilizarse para implementar el servicio de monitoreo de la plataforma basada en la nube propuesta para ofrecer servicios bajo demanda para la gestión de procesos de negocio inter-organizacionales, descrita en la Sección 2.2.

4. Trabajos Relacionados

En esta sección se presenta una revisión de los enfoques y técnicas para el descubrimiento de modelos de procesos de negocio. En [5] se presentan varias técnicas para el descubrimiento de modelos procesos de negocio a partir de registros de eventos basado en el algoritmo *alpha*. Por otro lado, en [24, 25] se presentan

```

<!-- XES version 1.0 -->
<!-- Created by Fluxicon Disco (http://fluxicon.com/disco/ -->
<!-- (c) 2017 Fluxicon - http://fluxicon.com/ -->
-<log xes.version="1.0" xes.creator="Fluxicon Disco">
  <extension name="Concept" prefix="concept" uri="http://www.xes-standard.org/concept.xesext"/>
  <extension name="Lifecycle" prefix="lifecycle" uri="http://www.xes-standard.org/lifecycle.xesext"/>
  <extension name="Time" prefix="time" uri="http://www.xes-standard.org/time.xesext"/>
  <extension name="Organizational" prefix="org" uri="http://www.xes-standard.org/org.xesext"/>
  -<global scope="trace">
    <string key="concept:name" value="name"/>
    <string key="variant" value="string"/>
    <int key="variant-index" value="0"/>
  </global>
  -<global scope="event">
    <string key="concept:name" value="name"/>
    <string key="lifecycle:transition" value="transition"/>
    <string key="org:resource" value="resource"/>
    <date key="time:timestamp" value="2017-08-17T19:06:20.431-03:00"/>
    <string key="Activity" value="string"/>
    <string key="Resource" value="string"/>
    <string key="Dept" value="string"/>
  </global>
  <classifier name="Activity" keys="Activity"/>
  <classifier name="Resource" keys="Resource Dept"/>
  <string key="lifecycle:model" value="standard"/>
  <string key="creator" value="Fluxicon Disco"/>
  <string key="library" value="Fluxicon Octane"/>
-</trace>

```

Figura 10. Extracto del registro de eventos en formato XES

enfoques basados en minería heurística, y en [26, 27] proponen descubrir modelos de procesos para su representación y validación en redes de Petri. A continuación, se detallan diferentes propuestas cercanas al planteamiento del artículo de investigación.

En [28] se presenta un enfoque metodológico para la implementación de técnicas de minería de procesos en una organización de servicios financieros. Este pone énfasis en la extracción y la exploración de datos, así como en la naturaleza multifacética de analizar los datos generados por la ejecución del proceso. Además, este estudio aclara los beneficios, así como los desafíos de llevar a cabo un estudio de minería de procesos de la vida real. El enfoque metodológico consta de cinco fases: preparación, exploración, perspectiva, análisis y resultados. En la primera fase, se colectan y preparan los datos para la extracción de datos. La fase de exploración consiste en una revisión de los datos, la cual permite tener una primera vista de los datos del proceso. El objetivo de la siguiente fase es identificar diferentes perspectivas de análisis. Normalmente, los datos del proceso contienen información sobre el flujo de control, la información organizacional y la información de los casos. La fase análisis consiste en dos etapas: análisis de descubrimiento, y análisis de cumplimiento y rendimiento. Por último, la fase de resultados, la cual consiste en la visualización del modelo descubierto y de los datos relacionados al proceso. Los resultados obtenidos pueden ser usados para mejorar procesos de negocio y/o para reingeniería de procesos.

En [29] presentan un enfoque genérico y sistemático para el soporte de decisiones operacionales utilizando grafos de eventos, que consiste en derivar modelos de grafos de registros de registros de eventos a través de minería de procesos, y simular los modelos construidos a partir de los grafos de eventos para soporte de decisiones operacionales. El proceso que siguen es importar el modelo de workflow y el modelo organizacional, así como el registro de eventos, diseñados con la herramienta YAWL, después son analizados utilizando la herramienta ProM, integrando todos los modelos mediante ProM y convirtiendo los modelos en un modelo de redes de Petri. El modelo integrado de la red de Petri es convertido en modelo basado en redes de Petri coloreadas, para permitir su simulación mediante la herramienta CPN. Lo anterior permite simular el proceso basado en el modelo de grafos de eventos generado bajo diferentes escenarios y analizar los registros de simulación para tres problemas: plan de asignación de recursos, rendimiento de trabajo en equipo bajo diferentes tasas de llegada de casos con un plan específico de asignación de recursos; y evaluación y predicción de las actuaciones personales.

Por otro lado, en [30] se presenta una técnica automatizada de descubrimiento de procesos y proponen una herramienta denominada BPMN Miner, que genera

modelos BPMN a partir de registros de eventos. Para explotar las construcciones de modelado jerárquico de BPMN, BPMN Miner incorpora mecanismos para detectar subprocesos, eventos de interrupción, eventos de límites de no- interrupción, subprocesos de eventos y marcadores de actividad de bucle y multi-instancia. La herramienta BPMN Miner toma como entrada un registro de eventos que consiste en un conjunto de registros de eventos, cada uno incluyendo una marca de tiempo, un tipo de evento (que indica la tarea que generó el evento) y un conjunto de otros atributos y valores. La herramienta y las técnicas utilizadas son validadas utilizando registros con estas características de un sistema de reclamaciones de seguros y un sistema de gestión de subsidios.

En [31] se propone un enfoque de integración de registros de eventos basada en la minería de procesos para obtener modelos de workflow inter-organizaciones. Los registros de eventos contienen información sobre la asignación de recursos y los mensajes intercambiados, que son dos importantes mecanismos de coordinación entre organizaciones. Se propone el concepto de RM_WF_Net para representar los workflow minados. Un RM_WF_Net es un tipo de red Petri extendida que permite representar la asignación de recursos y los mensajes intercambiados en los workflows. En el modelo RM_WF_Net se definen cuatro patrones de coordinación diferentes para la integración del flujo de trabajo entre organizaciones. Se presenta un método de minería de procesos para descubrir modelos de flujo de trabajo en diferentes organizaciones a partir de los registros de eventos que contienen la información sobre la asignación de recursos. Para descubrir los patrones de coordinación entre organizaciones, se ha implementado un middleware para integrar los registros de ejecución de workflow inter-organizacionales. En este sentido, en [32] se propone un método que permite añadir arcos de restablecimiento y que habilita generar un modelo objetivo más compacto y legible. Se utiliza una aplicación directa de un algoritmo de región basado en estados a un registro de eventos con cancelaciones, permitiendo la generación de una red de Petri etiquetada, con una estructura de flujo de control compleja. Además, presentan un algoritmo para descubrir las cancelaciones y construir una RWF-net, con una estructura más compacta y transparente, así como las pruebas requeridas para las modificaciones al algoritmo propuesto. El algoritmo propuesto es derivado de una versión previa de un algoritmo de región basado en estados utilizando redes de Petri.

Sin embargo, ninguno de estos trabajos se enfoca en obtener el comportamiento de la vista global (coreografía) del proceso inter-organizacional.

5. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este trabajo se presentó un enfoque para la minería de procesos de negocio inter-organizacionales cuya ejecución se realiza bajo una plataforma basada en la Computación en la Nube. Este enfoque permite determinar el comportamiento de la vista global de procesos inter-organizacionales y determinar si el intercambio de mensajes definidos en la colaboración se cumple de acuerdo el comportamiento esperado.

El enfoque de minería de procesos propuesto fue aplicado a un caso de estudio para un plan de reaprovisionamiento colaborativo en la industria de electrónica mediante la herramienta Disco. Con esta herramienta fue posible aprovechar los datos de eventos generados por los SIOPs para visualizar rápida y objetivamente los procesos *as-is*, es decir, tal como están siendo ejecutados realmente por las organizaciones. Este tipo de análisis permite a las organizaciones determinar variaciones y/o inconsistencias respecto del acuerdo pre-establecido en la colaboración.

Como trabajo futuro se propone incrementar las técnicas de análisis soportadas por el componente de monitoreo y evaluación de la plataforma basada en la nube. Se espera que este componente pueda ser utilizado por las organizaciones para realizar mejoras a sus procesos existentes.

6. Agradecimientos

Este trabajo es realizado en el marco del Programa de Promoción de la Universidad Argentina y financiado por el Ministerio de Educación y Deportes de la Nación. Además, este trabajo es parcialmente financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México mediante el Proyecto de Investigación de Ciencia Básica SEP-CONACYT 256922.

7. Referencias

- [1] Chituc, C.M., Azevedo, A., Toscano, C.: A framework proposal for seamless interoperability in a collaborative networked environment. *Computers in Industry* 60(5) (2009) 317-338
- [2] Villarreal, P.D., Salomone, E., Chiotti, O.: Modeling and specifications of collaborative business processes using a MDA approach and a UML profile. In Rittgen, P., ed.: *Enterprise Modeling and Computing with UML*. Idea Group Inc., Hershey PA, USA (2007) 13-44.
- [3] Weske, M.: *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. 2nd edn. Springer, Berlin, Germany (2012)
- [4] Dumas, M.; der Aalst, W.M.P. y ter Hofstede, A.H.M. *Process-aware information systems: bridging people and software through process technology*. John Wiley and Sons. (2005).
- [5] van der Aalst, W.M.: *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Springer, Berlin, Germany (2011)
- [6] Fluxicon. *Process Mining for Professionals - Disco*. <http://fluxicon.com/>.
- [7] Cocconi, D., Roa J., Villarreal P. *Cloud-based Platform for Collaborative Business Process Management*. Latin American Conference of Informatics (XLIII CLEI), 2017.
- [8] Cocconi, D. *Cloud platform for collaborative business process implementation and execution*. Congreso Iberoamericano en Ingeniería de Software, 2017.
- [9] Lazarte, I.M., Tello-Leal, E., Roa, J., Chiotti, O., Villarreal, P.D.: Model-driven development methodology for B2B collaborations. En: *Proceedings of the 14th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops (EDOCW 2010)*, IEEE Computer Society (2010) 69-78.
- [10] Tello-Leal, E., Chiotti, O., Villarreal, P.D.: Software agents for management dynamic inter-organizational collaborations. *IEEE Latin America Transactions* 12(2) (2014) 330-341.
- [11] Dumas, M., Rosa, M.L., Mendling, J., Reijers, H.A.: *Fundamentals of Business Process Management*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Germany (2013)
- [12] Roa, J., Chiotti, O., Villarreal, P. A verification method for collaborative business processes, in: F. Daniel, K. Barkaoui, S. Dustdar, W. Aalst, J. Mylopoulos, M. Rosemann, M. J. Shaw, C. Szyperski (Eds.), *Business Process Management Workshops*, Vol. 99 of *Lecture Notes in Business Information Processing*, Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 293-305.
- [13] Roa, J., Chiotti, O., Villarreal, P. Behavior alignment and control flow verification of process and service choreographies, *Journal of Universal Computer Science* 18 (17) (2012) 2383-2406.
- [14] Tello-Leal, E., Chiotti, O., Villarreal, P.D.: Software Agent Architecture for Managing Inter-Organizational Collaborations. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(3) (2014) 514 – 526.
- [15] van der Aalst, W., Adriansyah, A., de Medeiros, A.K.A., et al.: *Process mining manifesto*. In Daniel, F., Barkaoui, K., Dustdar, S., eds.: *Business Process Management Workshops*. Volume 99 of *Lecture Notes in Business Information Processing*. Springer Berlin Heidelberg (2012) 169-194
- [16] Baier, T., Mendling, J., Weske, M.: Bridging abstraction layers in process mining. *Information Systems* 46(6) (2014) 123-139
- [17] Object Management Group, O.: *Business process model and notation version 2.0. Specification formal/2011-01-03*, Object Management Group (January 2011)
- [18] Jensen, K., Kristensen, L.M.: *Coloured Petri Nets: Modelling and Validation of Concurrent Systems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Germany (2009)

- [19] Gottschalk, F., van der Aalst, W., Jansen-Vullers, M.: Merging event-driven process chains. In Meersman, R., Tari, Z., eds.: *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2008*. Volume 5331 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg (2008) 418-426.
- [20] van der Aalst, W., Weijters, T., Maruster, L.: Workflow mining: discovering process models from event logs. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on* 16(9) (Sept 2004) 1128-1142.
- [21] DeMarco, T. *Controlling Software Projects: Management, Measurement and Estimation*. Yourdon Press, 1983.
- [22] Günther, C. W., & Rozinat, A. Disco: Discover Your Processes. *BPM (Demos)*, 940, 40-44. (2012).
- [23] IEEE Standard for eXtensible Event Stream (XES) for Achieving Interoperability in Event Logs and Event Streams, in *IEEE Std 1849-2016*, vol., no., pp.1-50, Nov. 11 2016.
- [24] Weijters A., and Ribeiro, J. Flexible Heuristics Miner (FHM). In: *Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining, CIDM-2011*, (2011), 310–317.
- [25] vanden Broucke Seppe K.L.M., and De Weerd J. Fodina: A robust and flexible heuristic process discovery technique, *Decision Support Systems* 100, (2017), 109-118.
- [26] Leemans S., Fahland D., and van der Aalst W.M.P. Discovering block-structured process models from event logs – a constructive approach. In: *Proceedings of PETRI NETS 2013: Application and Theory of Petri Nets and Concurrency, LNCS*, vol. 7927, Springer, (2013), 311–329.
- [27] Favre C., Fahland D., Völzer H. The relationship between workflow graphs and free-choice workflow nets. *Information Systems* 47, (2015), 197-219.
- [28] De Weerd J., Schupp A., Vanderloock A., and Baesens B.: Process Mining for the multi-faceted analysis of business processes—A case study in a financial services organization. *Computers in Industry* 64, (2013), 57-67.
- [29] Liu Y., Zhang H., Li C., and Jiao R.J. Workflow simulation for operational decision support using event graph through process mining. *Decision Support Systems* 52, (2012), 685-697.
- [30] Conforti R., Dumas M., García-Bañuelos L., and La Rosa M. BPMN Miner: Automated discovery of BPMN process models with hierarchical structure. *Information Systems* 56, (2016), 284-303.
- [31] Zeng Q., Sun S.X., Duan H., Liu C., and Wang H. Cross-organizational collaborative workflow mining from a multi-source log. *Decision Support Systems* 54, (2013), 1280-1301.
- [32] Kalenkova A., and Lomazova I. Discovery of cancellation regions within process mining techniques, in: *Proceedings of CS&P Workshop, CEUR Workshop Proceedings*, vol.1032, CEUR-WS.org, 2013, 232–244.