



Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

AUTOREFERAT ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

SYNTEZA PROCESÓW BIZNESOWYCH. PLANOWANIE Z OGRANICZENIAMI

AUTOR:

Piotr Wiśniewski

PROMOTOR:

prof. dr hab. inż. Antoni Ligęza

PROMOTOR POMOCNICZY:

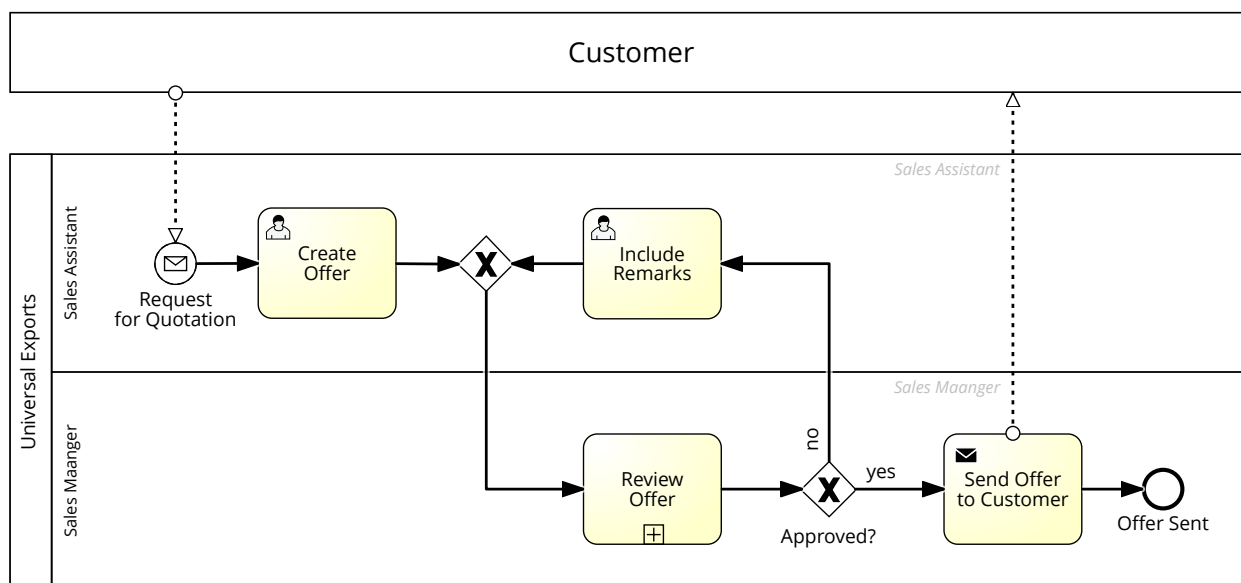
dr inż. Krzysztof Kluza

Kraków 2019

1 Wprowadzenie

Procesy biznesowe reprezentują zbiór powiązanych ze sobą zadań wykonywanych w danej organizacji. Czynności te zwykle prowadzą do osiągnięcia określonego celu w postaci dostarczenia produktu lub usługi określone odbiorcy. Wprowadzenie zrozumiałego standardu tworzenia modeli procesów daje szansę na usprawnienie komunikacji pomiędzy osobami z obszaru IT i użytkownikami biznesowymi, co w konsekwencji pozwala na optymalizację danego procesu biznesowego. Dlatego niezwykle istotne jest ujednoczenie zasad, na podstawie których tworzone są modele procesów. Organizacje takie jak Object Management Group¹ określają uniwersalne standardy wizualizacji różnego rodzaju modeli, w tym także diagramów reprezentujących procesy biznesowe. W tym kontekście niezwykle istotnym zagadnieniem jest efektywna synteza modeli procesów biznesowych spełniających wymagania użytkowników.

Metoda syntezy procesów zaproponowana w rozprawie „Synteza procesów biznesowych. Planowanie z ograniczeniami” opiera się na standardzie BPMN (Business Process Model and Notation) [6], który stanowi jedną z najczęściej używanych notacji do tworzenia modeli procesów biznesowych. Diagramy BPMN przedstawiają proces jako szereg czynności rozpoczynanych przez jedno lub kilka zdarzeń początkowych i kończonych przez zdarzenie końcowe, które odpowiada efektom wykonania procesu. Na rysunku 1 przedstawiono przykład modelu procesu biznesowego w notacji BPMN prezentujący proces przygotowywania oferty dla klienta.



Rysunek 1: Przykładowy model procesu przygotowywania oferty.

Dobrze zaprojektowany model procesu biznesowego nie powinien wymagać wielu uprawnień. Jednakże wymagania dotyczące nowoczesnych systemów informatycznych oraz łańcuchów dostaw podlegają

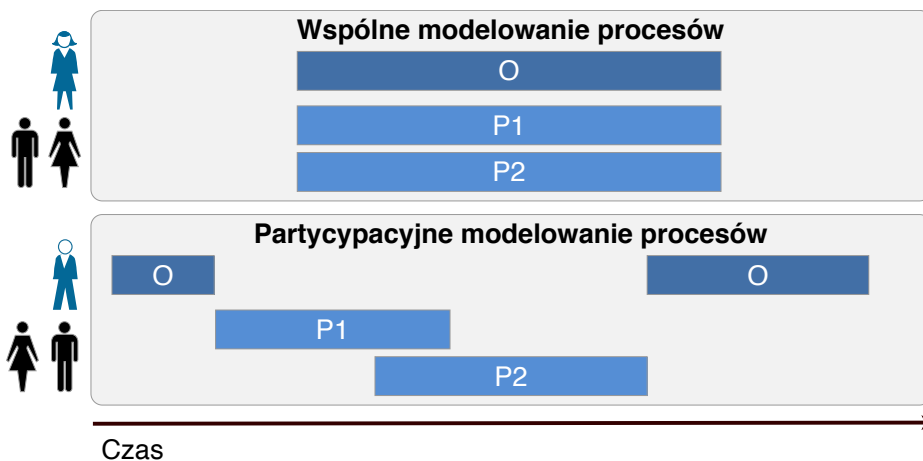
¹<http://www.omg.org/>

ciągłym zmianom. To z kolei powoduje zapotrzebowanie na częste modyfikacje zamodelowanych procesów. Mając to na uwadze, *możliwość efektywnego projektowania procesów* stanowi ważny element na drodze do sukcesu danej organizacji. Manualne tworzenie modelu procesu wymaga ścisłej współpracy osób zaangażowanych w proces oraz powoduje ryzyko wystąpienia różnego rodzaju błędów, takich jak niespójność połączeń pomiędzy zadaniami lub zakleszczenia [5]. Z tego względu zautomatyzowane modelowanie procesów biznesowych może stanowić korzyść w postaci osiągnięcia wynikowych modeli w krótszym czasie oraz ich wyższej jakości.

W swojej pracy poświęconej klasyfikacji czynności związanych z zarządzaniem procesami biznesowymi, Van der Aalst [10] zaproponował dwadzieścia przypadków użycia odnoszących się do modeli procesów. Użyty w tytule rozprawy termin „synteza procesów biznesowych” (*ang. business process composition*) odnosi się do przypadku *compose model*, w którym różne modele składowe łączone są w celu otrzymania całościowego modelu. W kontekście niniejszej rozprawy doktorskiej przyjęto, że dostarczane przez użytkowników specyfikacje zadań mogą być rozpatrywane jako osobne podprocesy lub komponenty procesów, które w efekcie służą do otrzymania kompletnego modelu.

Zgodnie z koncepcją przedstawioną w rozprawie uczestnicy procesu mają za zadanie przygotowanie specyfikacji wykonywanych przez nich aktywności. Takie opisy poza samą czynnością określają także wejściowe oraz wyjściowe parametry wykonywanego zadania. Otrzymany w wyniku syntezy model procesu musi spełnić wymagania określone przez specyfikacje wszystkich zadań, które występują w tym procesie. Wymagania te dotyczą konkretnych jednostek danych (np. wartości zmiennych), które powinny być dostępne w trakcie wykonywania procesu lub gdy proces jest prawidłowo zakończony. Wymagania te mogą być spełnione tylko przez skończoną liczbę sekwencji zadań, których opisy zostały dostarczone przez użytkowników procesu. Synteza procesu biznesowego rozpoczyna się w momencie, gdy poszczególne specyfikacje zadań łączone są ze sobą w celu otrzymania jednej, nieuporządkowanej listy aktywności. Rysunek 2 przedstawia porównanie konwencjonalnej metody wspólnego modelowania procesów z zaproponowanym w pracy *modelowaniem partycypacyjnym*, w którym uczestnicy procesu nie muszą współpracować ze sobą w tym samym czasie.

Kolejny krok zaproponowanej metodologii jest powiązany z metodami automatycznego planowania, które stanowią obszar badań poświęconych generowaniu sekwencji zdarzeń prowadzących do danego stanu końcowego. Definicja problemu planowania jest bliska zagadnieniom związanym z zarządzaniem procesami, gdyż plan może również reprezentować wykonanie pojedynczej instancji procesu biznesowego. Podstawową różnicą pomiędzy planem a modelem procesu jest jednak fakt, iż w ramach jednego procesu może istnieć wiele dopuszczalnych ciągów zdarzeń, z których każdy może prowadzić do osiągnięcia założonego celu. Poszczególne zadania mogą być wykonane raz, kilka razy lub zostać pominięte w ramach danej instancji procesu. Fakt wykonania danego zadania może zależeć od różnych czynników takich jak: dostępność



Rysunek 2: Koncepcja partycypacyjnego modelowania procesów w porównaniu z modelowaniem wspólnym (collaborative modeling). Objasnienia: O – właściciel procesu, P1, P2 – uczestnicy procesu.

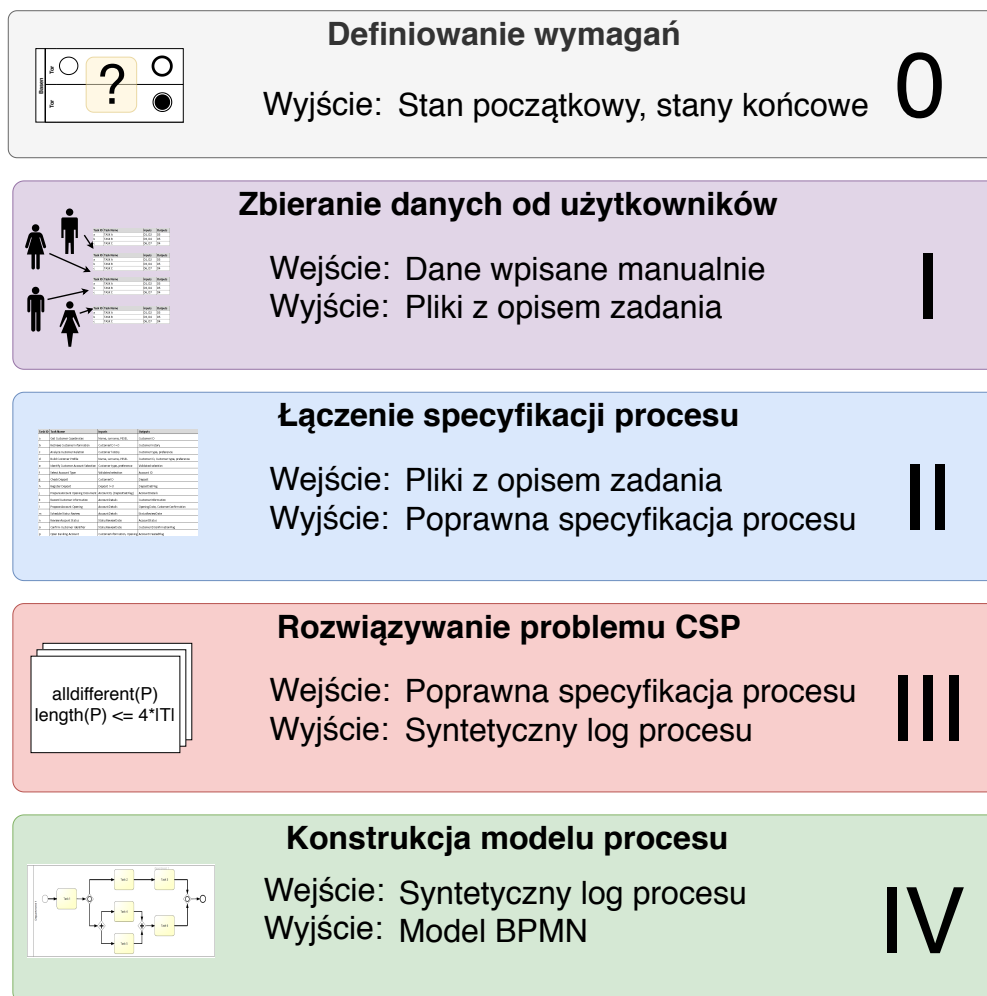
określonych danych, zasobów lub wystąpienie pewnych zdarzeń. Czynniki te można określić jako warunki początkowe tego zadania, które mogą być dane przed wykonaniem procesu lub powstać jako efekty wykonania jednego z zadań poprzedzających. Tego rodzaju warunki początkowe mogą zostać przedstawione w postaci ograniczeń logicznych, które określają możliwość wykonania zadania w danej instancji procesu. Innymi słowy od spełnienia tych ograniczeń zależy kiedy poszczególne zadania mogą zostać uruchomione. Powstała w poprzednim kroku lista zadań stanowi wejście do modułu generującego dopuszczalne plany wykonania procesu na podstawie predefiniowanych ograniczeń. Na tym etapie wykorzystano opracowane w ramach rozprawy oryginalne modele ograniczeń definiowanych w języku MiniZinc.

Ostatni etap metody prezentowanej w rozprawie polega na skonstruowaniu modelu w notacji BPMN na podstawie wygenerowanych planów. Generowanie diagramu może nastąpić z wykorzystaniem dedykowanego algorytmu lub istniejących narzędzi do eksploracji procesów. Również dla realizacji tego etapu zdefiniowano i zaimplementowano oryginalny algorytm syntezy diagramów BPMN. Opis metody syntezy procesu biznesowego z podziałem na fazy przedstawiono na rysunku 3.

2 Cel i zakres pracy

Cel rozprawy doktorskiej został określony w oparciu o potencjalne zastosowanie proponowanej metody w praktyce i obejmuje spełnienie poniższych założeń, będących jednocześnie tezami pracy:

- Wykorzystanie programowania z ograniczeniami oraz metod automatycznego planowania pozwala na efektywne modelowanie procesów biznesowych.
- Synteza procesu biznesowego bazująca na nieuporządkowanej liście zadań z określonymi wejściami, wyjściami i dodatkowymi warunkami prowadzi do otrzymania modeli zgodnych ze standardem BPMN.



Rysunek 3: Fazy syntezy procesu biznesowego.

W rozprawie przyjęto, że określone cele mogą być osiągnięte poprzez zaproponowanie podejścia, które mogłoby zredukować liczbę iteracji niezbędnych do utworzenia modelu procesu. Mając to na uwadze, przedstawiona w rozprawie metoda obejmuje techniki pozwalające na przedstawienie procesu w postaci deklaratywnej, a następnie wygenerowanie jego reprezentacji w powszechnie stosowanym języku modelowania. W celu potwierdzenia użyteczności zaproponowanej metody, opisane algorytmy zostały zaimplementowane jako część systemu pozwalającego na automatyczne utworzenie modelu procesu na podstawie danej specyfikacji. W końcowym kroku zaprezentowane podejście zostało porównane do istniejących metod modelowania procesów, takich jak manualne projektowanie modeli [2] oraz eksploracja procesów [11].

3 Zawartość rozprawy i wyniki badań

W pierwszej części rozprawy przedstawiono ogólny zarys dziedziny zarządzania procesami biznesowymi (BPM) oraz istniejących notacji modelowania procesów. Dokonano także przeglądu dostępnych technik

automatycznego generowania modeli procesów biznesowych. Zaprezentowano także podstawowe założenia automatycznego planowania oraz programowania z ograniczeniami, ze szczególnym naciskiem na ich zastosowanie w modelowaniu procesów.

Druga część rozprawy rozpoczyna się od przedstawienia motywacji i wyzwań związanych z syntezą procesów biznesowych. Wprowadzono pojęcie *partycypacyjnego modelowania procesów biznesowych*, które stanowi główne założenie opracowanej metody. Ponadto, na podstawie istniejących rozwiązań w dziedzinie automatycznego generowania modeli procesów [1, 3, 7, 8], zebrano szereg wymagań dotyczących efektywnej syntezy procesu oraz sformułowano ograniczenia określające proces tworzenia wynikowego modelu. Następnie przedstawiono główne założenia syntezy procesu, która składa się z następujących etapów:

- 0 Zdefiniowanie wymagań dla procesu rozumianych jako jego stan początkowy oraz dopuszczalne efekty.
- I Zbieranie opisów aktywności od uczestników procesu.
- II Łączenie zebranych opisów w celu otrzymania deklaratywnej specyfikacji procesu.
- III Generowanie planów wykonawczych (syntetycznego logu) procesu z wykorzystaniem programowania z ograniczeniami.
- IV Konstruowanie wynikowego modelu BPMN z wykorzystaniem dedykowanego algorytmu w oparciu o graf aktywności.

Ostatni etap może być zastąpiony jednym z dostępnych algorytmów eksploracji procesów w celu wygenerowania modelu na podstawie otrzymanego wcześniej logu.

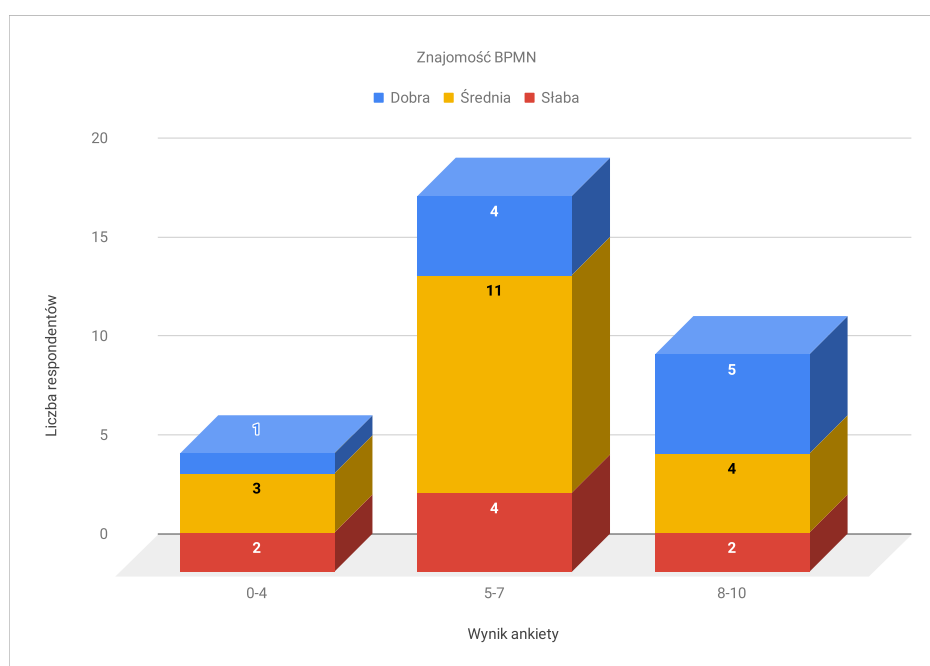
Na podstawie metody zaproponowanej w rozprawie przygotowano projekt koncepcyjny i funkcjonalny oprogramowania do tworzenia modeli procesów biznesowych. Zaprojektowana aplikacja składa się z dwóch modułów: *Specification Editor* do tworzenia deklaratywnych specyfikacji procesu oraz *Process Composer* do syntezy procesu na podstawie sporządzonych specyfikacji. Drugi z modułów został ponadto zaimplementowany, a jego specyfikacja techniczna w postaci diagramów klas oraz opisu plików aplikacji została uwzględniona w pracy.

Możliwości podejścia zaprezentowanego w rozprawie zostały zweryfikowane za pomocą dedykowanej metody ewaluacji wygenerowanych modeli procesów, jak również z użyciem istniejących metryk. Ewaluacja proponowanych metod obejmowała następujące kroki:

- wprowadzenie nowej metody weryfikacji poprawności generowanych modeli na podstawie dopuszczalnych ciągów zdarzeń,
- zdefiniowanie metryki *composition accuracy* (dokładność syntezy) oraz weryfikacja proponowanego podejścia na zbiorze przykładowych modeli procesów,

- przeprowadzenie ankiety wśród użytkowników biznesowych i akademickich w celu oceny stosowalności deklaracyjnych specyfikacji procesu.

Wyniki ewaluacji potwierdzają, że zaproponowana metoda zbierania danych dotyczących procesów stanowi podejście efektywne zwłaszcza dla użytkowników mających mniejsze doświadczenie związane z modelowaniem procesów. Na rysunku 4 przedstawiono wyniki ankiety rozumiane jako ocenę poprawności przygotowanej specyfikacji w skali 0-10 w kontekście znajomości notacji BPMN, która została zweryfikowana na podstawie pięciu pytań testowych. Ponadto sformułowany algorytm konstrukcji modeli procesów pozwala na stworzenie prototypowego diagramu BPMN, który może być później wzbogacony w jednym z istniejących edytorów modeli procesów.



Rysunek 4: Wyniki ankiety w kontekście znajomości notacji BPMN.

Biorąc pod uwagę cele pracy, oryginalne rezultaty rozprawy są następujące:

1. Przegląd i klasyfikacja metod automatycznego generowania modeli procesów biznesowych.
2. Definicja koncepcji partycypacyjnego modelowania procesów (Rysunek 2).
3. Identyfikacja faz niezbędnych do przeprowadzenia syntezy diagramów BPMN na podstawie opisów zadań dostarczonych przez użytkowników (Rysunek 3).
4. Określenie ograniczeń, które zapewniają poprawność syntetycznego planu wykonania procesu.
5. Wprowadzenie koncepcji grafu aktywności tworzonego na bazie wygenerowanego logu procesu.

6. Zaproponowanie algorytmu konstrukcji modelu BPMN opartego o formalizację modelu procesu oraz identyfikację struktur logicznych z wykorzystaniem programowania z ograniczeniami.
7. Przedstawienie projektu systemu informatycznego wdrażającego zaproponowane podejście.
8. Opis implementacji modułu *Process Composer*, który pozwala na wygenerowanie modelu BPMN na podstawie deklaratywnej specyfikacji procesu.
9. Zdefiniowanie alternatywnej metody weryfikacji automatycznie wygenerowanych modeli procesów.

4 Najważniejsze publikacje i projekty autora

Wyniki rozprawy doktorskiej bazują na dotychczasowych pracach badawczych autora w dziedzinie modelowania procesów biznesowych. Część koncepcji prezentowanych w rozprawie została opublikowana w ramach istniejących prac autora obejmujących artykuły w recenzowanych czasopismach naukowych oraz referaty na konferencjach międzynarodowych. Główne idee opublikowane w ramach dotychczasowych prac obejmują między innymi:

- opracowanie przystępnej dla użytkowników metody modelowania procesów biznesowych w oparciu o arkusze kalkulacyjne [4] oraz koncepcji arkusza kalkulacyjnego jako standardu wymiany danych dotyczących procesu [13],
- przegląd narzędzi do weryfikacji modeli procesów biznesowych [9],
- zdefiniowanie podstaw metody generowania syntetycznego logu procesu na podstawie nieuporządkowanej listy zadań [14, 15],
- opracowanie metody dekompozycji modeli procesów na poddiagramy pozwalające na ich późniejszą syntezę [12] oraz koncepcja rekompozycji procesów biznesowych [19],
- zdefiniowanie metody ewaluacji wygenerowanych modeli na bazie syntetycznego logu procesu [18],
- przedstawienie wstępnej koncepcji konstrukcji diagramów BPMN na podstawie logu procesu [16, 17].

Autor rozprawy był również zaangażowany w realizację zadań w ramach grantów dla młodych naukowców, które pozwoliły mu na poszerzenie wiedzy z zakresu modelowania procesów biznesowych oraz udział w międzynarodowych konferencjach naukowych. Były to następujące projekty, prowadzone w Katedrze Informatyki Stosowanej AGH pod kierownictwem prof. dra hab. inż. Antoniego Ligeży:

- Komputerowo-wspomagane metody syntezy i planowania procesów biznesowych (2017).
 - Synteza modeli procesów biznesowych oparta o wygenerowany log procesu (2018).
-

Literatura

- [1] I. Barba Rodriguez. *Constraint-based Planning and Scheduling Techniques for the Optimized Management of Business Processes*. PhD thesis, Universidad de Sevilla, 2011.
- [2] Flavio Corradini, Alessio Ferrari, Fabrizio Fornari, Stefania Gnesi, Andrea Polini, Barbara Re, and Giorgio O Spagnolo. A guidelines framework for understandable BPMN models. *Data & Knowledge Engineering*, 113:129–154, 2018.
- [3] Bernd Heinrich, Marc-Andre Bewernik, Matthias Henneberger, Alexander Krammer, and Florian Lautenbacher. SEMPA—Ein Ansatz des Semantischen Prozessmanagements zur Planung von Prozessmodellen. *Wirtschaftsinformatik*, 50(6):445–460, 2008.
- [4] Krzysztof Kluza and **Piotr Wiśniewski**. Spreadsheet-based business process modeling. In M. Ganzha, L. Maciaszek, and M. Paprzycki, editors, *Proceedings of the 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, volume 8 of *Annals of Computer Science and Information Systems*, pages 1355–1358. IEEE, 2016.
- [5] Henrik Leopold, Jan Mendling, and Oliver Günther. Learning from quality issues of BPMN models from industry. *IEEE Software*, 33(4):26–33, 2016.
- [6] OMG. Business Process Model and Notation (BPMN): Version 2.0 specification. Technical Report formal/2011-01-03, Object Management Group, January 2011.
- [7] Luisa Parody, María Teresa Gómez-López, and Rafael M. Gasca. Hybrid business process modeling for the optimization of outcome data. *Information and Software Technology*, 70:140 – 154, 2016.
- [8] Jun Qin, Thomas Fahringer, and Radu Prodan. A novel graph based approach for automatic composition of high quality grid workflows. In *Proceedings of the 18th ACM International Symposium on High Performance Distributed Computing*, HPDC '09, pages 167–176. ACM, 2009.
- [9] Anna Suchenia (Mroczek), **Piotr Wiśniewski**, and Antoni Ligeża. Overview of verification tools for business process models. In M. Ganzha, L. Maciaszek, and M. Paprzycki, editors, *Communication Papers of the 2017 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, volume 13 of *Annals of Computer Science and Information Systems*, pages 295–302. PTI, 2017.
- [10] Wil M. van der Aalst. Business Process Management: A Comprehensive Survey. *ISRN Software Engineering*, 2013, 2013.
- [11] Wil M van der Aalst. Process mining software. In *Process Mining: Data Science in Action*, pages 325–352. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016.
- [12] **Piotr Wiśniewski**. Decomposition of business process models into reusable sub-diagrams. In *ITM Web of Conferences*, volume 15, page 01002. EDP Sciences, 2017.
- [13] **Piotr Wiśniewski**, Krzysztof Kluza, Edyta Kucharska, and Antoni Ligeża. Spreadsheets as interoperability solution for business process representation. *Applied Sciences*, 9(2):345, 2019.
- [14] **Piotr Wiśniewski**, Krzysztof Kluza, and Antoni Ligeża. Towards automated process modeling based on BPMN diagram composition. In Florian Daniel, Hamid Motahari, and Michael Sheng, editors, *BPM 2018 Workshop Proceedings*, Cham, 2018. Springer International Publishing.
- [15] **Piotr Wiśniewski**, Krzysztof Kluza, Mateusz Ślaziński, and Antoni Ligeża. Constraint-based composition of business process models. In Ernest Teniente and Matthias Weidlich, editors, *Business Process Management Workshops*, pages 133–141, Cham, 2018. Springer International Publishing.
- [16] **Piotr Wiśniewski** and Antoni Ligeża. Constraint-based identification of complex gateway structures in business process models. In *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing*, pages 788–798. Springer, 2018.
- [17] **Piotr Wiśniewski**, Krzysztof Kluza, and Antoni Ligeża. An Approach to Participatory Business Process Modeling: BPMN Model Generation Using Constraint Programming and Graph Composition. *Applied Sciences*, 8(9):1428, Aug 2018.
- [18] **Piotr Wiśniewski**, Krzysztof Kluza, Antoni Ligeża, and Anna Suchenia. Generation of synthetic business process traces using Constraint Programming. In M. Ganzha, L. Maciaszek, and M. Paprzycki, editors, *Proceedings of the 2018 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, volume 15 of *Annals of Computer Science and Information Systems*, pages 445–453. IEEE, 2018.
- [19] **Piotr Wiśniewski**, Krzysztof Kluza, Joanna WYROBEK, and Anna Suchenia. Wybrane metody rekompozycji procesów biznesowych oparte o repozytorium modeli [Selected Methods of Business Process Recomposition Based on Model Repository]. *Marketing i Rynek*, XXV(12):424–436, Dec 2018.