

Piotr JANKE  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Zarządzania, Administracji i Logistyki  
piotr.janke@polsl.pl

## EKSPLORACJA PROCESÓW LOGISTYCZNYCH Z WYKORZYSTANIEM PAKIETU PROM

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono analizę procesu realizacji zamówienia klienta na nowe części zamienne w przedsiębiorstwie dystrybucji robotów przemysłowych z wykorzystaniem techniki eksploracji procesów. Na podstawie zgromadzonych danych wygenerowano model procesu oraz przeprowadzono ocenę jego funkcjonowania. Szczególną uwagę w artykule zwrócono na problematykę postaci danych wejściowych dla omawianego przykładu.

**Słowa kluczowe:** eksploracja procesów, zarządzanie procesami, transport, spedycja

## PROCESS MINING OF LOGISTICS FLOWS WITH PROM APPLICATION

**Abstract.** This article presents an analysis of logistics flows using the process exploration technique. On the basis of the collected data, a process model was generated and an evaluation of its functioning was carried out. In the article particular attention was paid to the problem of the form of input data for the example in question

**Keywords:** process mining, process management, transport, shipping

### 1. Wstęp

Obecnie zaobserwować można rosnące zainteresowanie możliwościami współczesnych narzędzi informatycznych w zakresie analizy, monitorowania i usprawniania procesów biznesowych. Powstają nowe rozwiązania bazujące na procesowym podejściu do organizacji wykorzystujące dane generowane przez systemy informatyczne organizacji jako źródło wiedzy

użytecznej. Eksploracja procesów<sup>1</sup> (*process mining*) jest obecnie co raz częściej (obok eksploracji danych) stosowaną techniką odkrywania wiedzy o przepływach informacji (również tym towarzyszącym przepływowi materiałowym) w przedsiębiorstwach. Informacje te umożliwiają optymalizację procesów biznesowych poprzez statyczną analizę faktycznie realizowanych przepływów lub jako źródło dla systemów predyktywnego monitorowania procesów biznesowych<sup>2</sup>. Operowanie na danych związanych z faktycznymi zdarzeniami systemowymi (*event logs*) pozbawione jest przede wszystkim błędów subiektywnej oceny co to realizowanych procesów. Dlatego też zastosowanie techniki eksploracji procesów w dobie powszechnej informatyzacji wydają się być uzasadnione.

W artykule przedstawiono badania eksploracji procesu przeprowadzone z wykorzystaniem danych wygenerowanych w zintegrowanym systemie informatycznym. Celem pracy jest ocena przydatności środowiska PROM do analizy wybranego procesu logistycznego.

## 2. Opis danych

Do badań wykorzystano dane zebrane w systemie informatycznym SAP przedsiębiorstwa dystrybucji robotów przemysłowych<sup>3</sup> z okresu 01.01.2016 do 31.05.2017. Wygenerowany raport obejmuje przebieg realizacji zlecenia klienta na nowe części zamienne. Proces wspomagany systemem zintegrowanym ze wspólną bazą danych przebiegiem obejmuje w szczególności oddział przedsiębiorstwa w Polsce oraz centralę w Niemczech. Struktura danych zawiera informacje o 9 zdarzeniach systemowych dla każdego z 532 przypadków w postaci znacznika czasu (*timestamp*) jego ukończenia.

Tabela 1

Typy zadań i ich opis w procesie realizacji zamówienia klienta

Zadanie	Opis aktywności
<i>Utworzenie zlecenia</i>	Data złożenia zamówienia przez klienta
<i>GM – zlecenie przeniesienia</i>	Data wewnętrznego zlecenia
<i>Jednostka obsługi</i>	Data wystawienia Packing List
<i>Transport</i>	Data wystawienia listu przewozowego
<i>DM wyd. Mat</i>	Data wewnętrznego wydania zewnętrznego
<i>Potwierdzenie usługi</i>	Data zaznaczenia w systemie zakończenia realizacji zamówienia
<i>Rozliczenie wewnętrzne</i>	Data wystawienia faktury pomiędzy oddziałami
<i>Faktura VAT</i>	Data wystawienia faktury końcowej dla klienta
<i>Zakończenie zlecenia</i>	Data zamknięcia zlecenia w systemie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych.

<sup>1</sup> Van der Aalst, Wil M.P.: *Process Mining – Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Springer, 2011.

<sup>2</sup> Maggi F.M., Di Francescomarino C., Dumas M., Ghidini C.: *Predictive monitoring of business processes*. “Advanced Information Systems Engineering”. Vol. 8484 LNCS, 2014, Springer, p. 457-472.

<sup>3</sup> Dane pierwotnie wykorzystane w pracy magisterskiej – Olszowska W.: *Projekt modernizacji systemu przepływu informacji w przedsiębiorstwie dystrybucji robotów przemysłowych 2017* (Promotor Janke P.) za zgodą autora.

Opis zdarzeń systemowych przedstawia czynności realizowane w procesie. Wygenerowane dane nie zawierają precyzyjnych informacji na temat kolejności wykonywanych czynności ani zależności pomiędzy nimi. Łącznie dane zawierają informację o końcach czasu trwania poszczególnych czynności w podziale na poszczególne instancje procesu (*case*) wg. numerów kolejnych dokumentów wygenerowanych z module SD (Sprzedaż i Dystrybucja) systemu SAP.

Tak przygotowane dane zestawione w formie arkusza kalkulacyjnego stanowią bazę wejściową dla eksploracji procesu.

### 3. Badania – eksploracja procesu z wykorzystaniem pakietu PROM

Eksploracja procesów jest techniką, którą szczegółowo opisuje Van der Aalst i pozwala ona na automatyczne lub częściowo automatyczne odtwarzanie przebiegu procesu w postaci diagramu jego modelu na podstawie tych danych. Ponadto umożliwia analizę zgodności (w przypadku posiadania modelu procesu) na podstawie odchyleń pomiędzy modelem a rejestrami systemowymi<sup>4</sup>. Dzięki tej metodzie możliwa jest też: analiza powiązań wewnątrz-organizacyjnych oraz konstruowanie modeli symulacyjnych, naprawa modeli procesów oraz predykcja i tworzenie rekomendacji na podstawie danych historycznych<sup>5</sup>. Technika eksploracji procesów implementowana jest obecnie w wielu narzędziach informatycznych<sup>6</sup>. Wiele z tych aplikacji implementuje tylko wybrane rozwiązania w zakresie eksploracji procesów – proste w zastosowaniu z punktu widzenia ostatecznego użytkownika. Wiodącą rolę wśród tego typu oprogramowania pełni pakiet PROM będący niekomercyjną platformą eksploracyjną pozwalającą na uruchamianie w ramach jej funkcjonowania wielu dodatkowych pakietów<sup>7</sup>. Obecnie środowisko to stanowi najbardziej rozbudowaną platformę analizy eksploracyjnej co daje mu olbrzymią przewagę nad komercyjnymi odpowiednikami.

#### 3.1. Metoda

SAP jako zintegrowany system informatyczny klasy ERP jest obecnie (ze względu na jego popularność) wykorzystywany w wielu przedsiębiorstwach. Technika eksploracji procesów łączona bywa eksperymentalnie z wybranymi obszarami systemu SAP<sup>8</sup>. Oprogramowanie to (jak większość tego typu systemów) prócz danych, które w oczywisty sposób informują użytkownika systemu o stanie realizacji danych elementów procesu pozwala również na

---

<sup>4</sup> Van der Aalst W.M.P. et al.: Manifest eksploracji procesów. TFPM, 2011.

<sup>5</sup> Van der Aalst W.M.P.: Process Mining..., op.cit., p. 172.

<sup>6</sup> Kebede M.: Comparative Evaluation of Process Mining Tools. Tartu 2015; Van der Aalst W.M.P.: How to get started with process mining. 2011.

<sup>7</sup> Opis i lista dodatków pakietu PROM, <http://www.promtools.org/doku.php?id=prom67>, 01.01.2017.

<sup>8</sup> Štolfa J., Kopka M., Štolfa S., Koběřský O., Snášel V.: An Application of Process Mining to Invoice Verification Process in SAP, [in:] Abraham A., Krömer P., Snášel V. (eds.): Innovations in Bio-inspired Computing and Applications. "Advances in Intelligent Systems and Computing", Vol. 237, 2014.

generowanie złożonych raportów w postaci szczegółowych dzienników jak pokazano w tabeli 1. Moduł importu środowiska PROM wymaga jednak danych w szczególnym formacie (dane rozdzielone CSV czy XML'owy standard przechowywania dzienników systemowych taki jak XES), oraz specyficznym układzie. Na potrzeby realizacji eksperymentu dokonano zmiany postaci danych do trzech kolumn wg. tabeli 2.

Tabela 2

Nowy układ danych		
Case	Event	Timestmp
Nr Dokumentu SD	Czynność 1 z 9	Data realizacji

Źródło: Opracowanie własne.

Dla każdego numeru dokumentu zestawiono zdarzenie oznaczone czasem końca jego trwania. Dane w tej postaci spełniają wymagania zgodnie z dokumentacją aplikacji.

### 3.2. Eksperyment

Dla tak przygotowanych danych w pierwszej kolejności dokonano inspekcji opracowanych dzienników pod kątem kompletności danych. Aplikacja po zaimportowaniu zdarzeń systemowych pozwala indywidualny podgląd każdej instancji procesu.



Rys. 1. Wizualizacja dzienników zdarzeń – Inspektor zdarzeń systemowych

Źródło: Opracowanie własne.

W kolejnym kroku przeanalizowano dzienniki pod kątem liczby różnych klas odnalezionych w zaimportowanym dzienniku oraz jego procentowym udziale w wystąpieniach (instancjach) procesu

Tabela 2

## Stosunek zdarzeń do instancji procesu

<i>Class</i>	<i>Occurrences (absolute)</i>	<i>Occurrences (relative)</i>
<i>Utworzenie zlecenia</i>	523	11,111%
<i>Rozliczenie wewnętrzne</i>	523	11,111%
<i>Transport</i>	523	11,111%
<i>Faktura VAT</i>	523	11,111%
<i>GM - zlecenie przeniesienia</i>	523	11,111%
<i>Jednostka obsługi</i>	523	11,111%
<i>DM wyd. mat.</i>	523	11,111%
<i>Zakończenie zlecenia</i>	523	11,111%
<i>Potwierdzenie usługi</i>	523	11,111%

Źródło: Opracowanie własne.

Każde z dziewięciu kompletnych aktywności w procesie występuje we wszystkich instancjach. W kolejnym kroku zestawiono zdarzenia początkowe we wszystkich wystąpieniach procesu.

Tabela 3

## Liczba wystąpień klas w całym procesie jako zdarzenia początkowe

<i>Class</i>	<i>Occurrences (absolute)</i>	<i>Occurrences (relative)</i>
<i>DM wyd. mat.</i>	391	74,761%
<i>Utworzenie zlecenia</i>	110	21,033%
<i>GM - zlecenie przeniesienia</i>	22	4,207%

Źródło: Opracowanie własne.

Z uwagi na brak precyzyjnej informacji pochodzącej z dzienników zdarzeń co do godziny zakończenia trwania czynności kończących się zdarzeniami silnik eksploratora zakwalifikował te czynności jako startowe. Dla 391 wystąpień procesu czynnością początkową jest data wydania wewnętrznego co stanowi 74 % wszystkich wystąpień. Liczba danych klas kończących każdą instancję przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

## Liczba wystąpień klas w całym procesie jako zdarzenia początkowe

<i>Class</i>	<i>Occurrences (absolute)</i>	<i>Occurrences (relative)</i>
<b><i>Zakończenie zlecenia</i></b>	<b>523</b>	<b>100,0%</b>

Źródło: Opracowanie własne.

Zgodnie z wyliczeniem każda wystąpienie procesu kończy się tym samym zdarzeniem (class) opisanych jako „Zakończenie zlecenia”. Ponadto w zakresie podstawowych informacji o procesie obliczono kolejno liczbę tras, liczbę wszystkich zdarzeń dostępne atrybuty oraz warianty co zostało zilustrowane w tabeli 5.

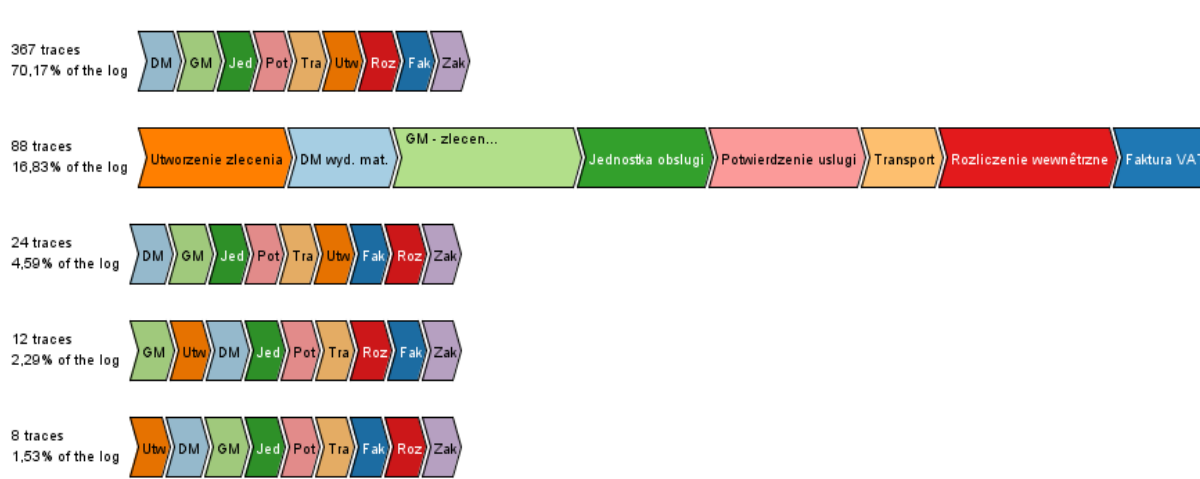
Tabela 5

## Dane sumaryczne z inspektora dzienników

<i>Traces</i>	523
<i>Events</i>	4 707
<i>Event Classes</i>	9
<i>Attributes</i>	3
<i>Variants</i>	13
<i>Events per Trace</i>	9
<i>First Event</i>	2016-01-04T00:00:00Z
<i>Last Event</i>	2017-06-09T00:00:00Z

Źródło: Opracowanie własne.

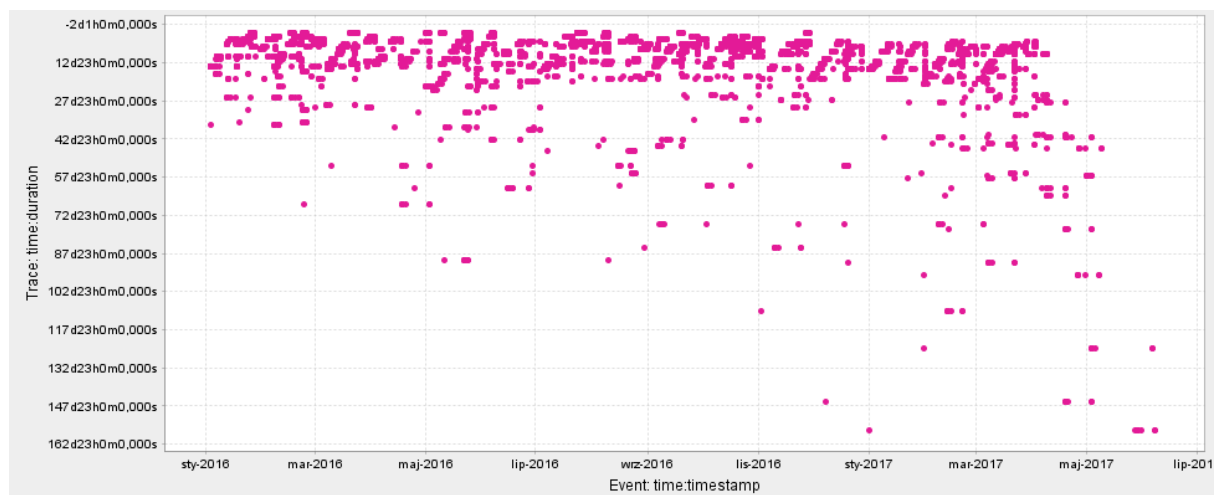
Z uwagi na zaobserwowane zmieniające się w procesie zdarzenie początkowe co zostało przedstawione w tabeli 3 oraz informację o 13 dostępnych wariantach tras przeprowadzono analizę wybranych przypadków.



Rys. 2. Warianty tras (wycinek)

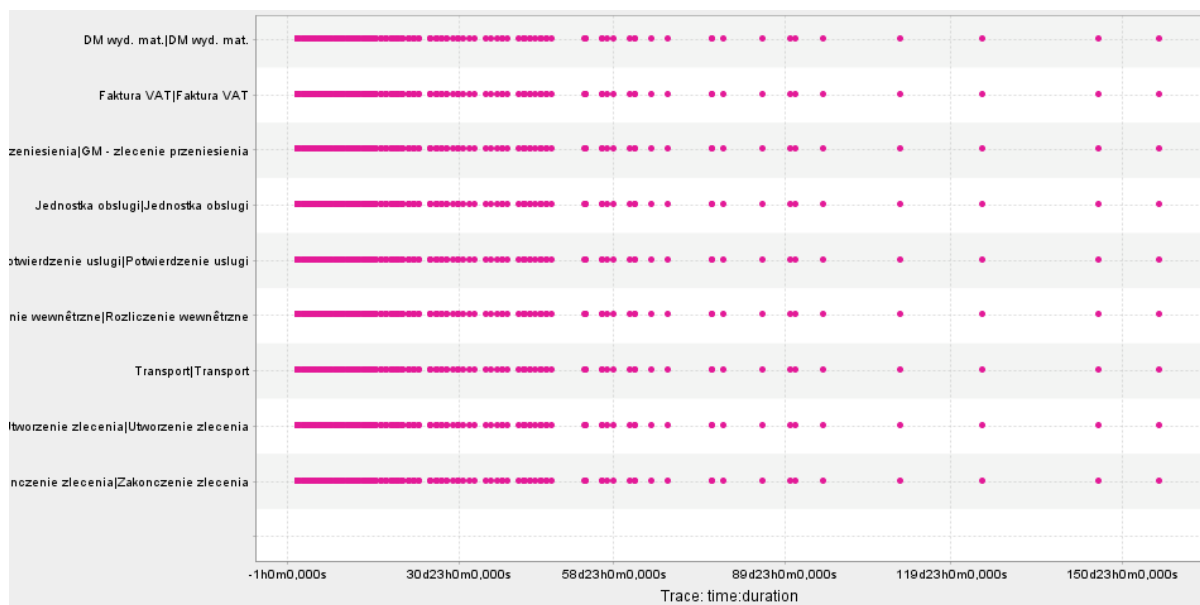
Źródło: Opracowanie własne.

Wszystkie analizowane warianty tras różnią się kolejnością nie tylko w stosunku do pierwszych zdarzeń w procesie. Powtarzalność we wszystkich instancjach występuje tylko w zdarzeniu końcowym. Największą grupę identycznych przebiegów (tras) z ilustrowano na górze rysunku 2. Dokładnie 367 instancji procesu ma identyczny układ zdarzeń systemowych co stanowi blisko 70 % wszystkich wystąpień. Czasy trwania wszystkich wystąpień procesu zilustrowano w postaci wykresu punktowego (projekcja dzienników) na rysunku 3.



Rys. 3. Zależność czasu trwania wystąpień dla badanego okresu  
Źródło: Opracowanie własne.

Z ilustracji czasu trwania poszczególnych instancji wynika, że zdecydowana większość wystąpień procesu kończy się przed upływem 30 dni. Maksymalny czas trwania procesu wyniósł ponad 160 dni. Analogicznie obserwować można rozkłady czasu dla czasu trwania czynności w procesie. Zależność przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. Czas trwania poszczególnych czynności dla badanego okresu  
Źródło: Opracowanie własne.

Wykres przedstawia zdecydowane zagęszczenie punktów w okolicach 30 dni poza nielicznymi wyjątkami. Jednym z wielu dostępnych w pakietach środowiska PROM jest moduł pozwalający na wykrywanie w danych modeli procesów tworząc dwuwymiarowe grafy uwzględniające wcześniej wykryte trasy. Budowanie modeli procesów jest jednym z trzech (obok badania zgodności i rozbudowy modelu) podstawowych celów badania eksploracyjnego

z wykorzystaniem tej techniki. Odkrywanie modelu procesu w bieżącym eksperymencie dokonano na podstawie następujących ustawień:

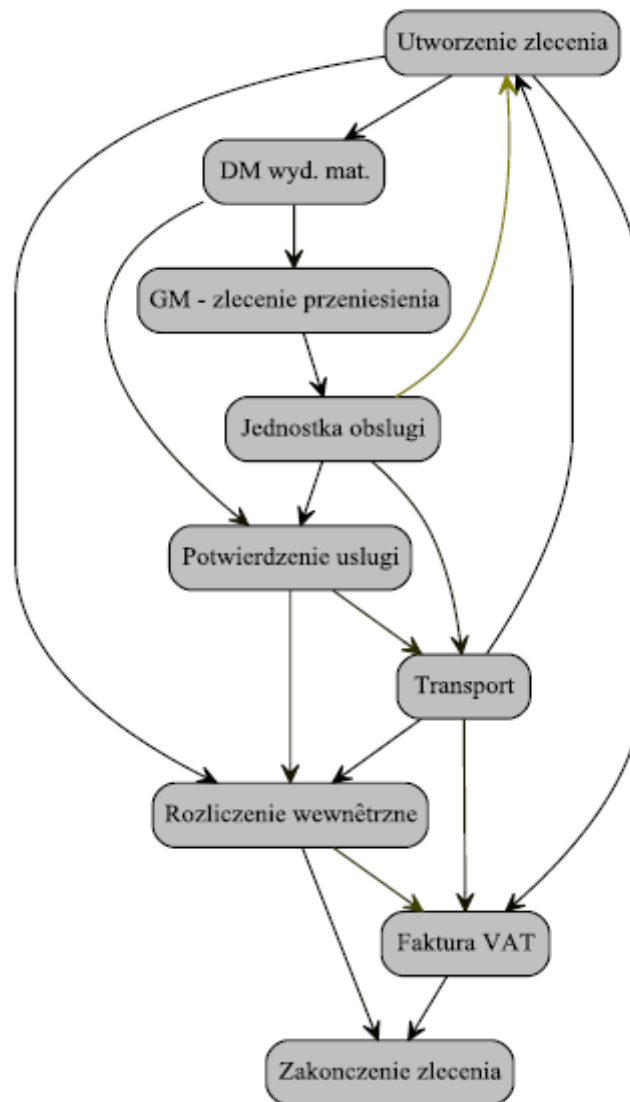
Tabela 5

Parametry dla modułu „Graph discovery”

Klasyfikator	Zdarzenie (event)
Typ eksploratora (miner type)	Midi
Współczynnik współbieżności (Concurency ratio)	0

Źródło: Opracowanie własne.

Wynik działania przedstawiony został na rysunku 5.



Rys. 5. Odkrywanie modelu (typ eksploratora – midi)

Źródło: Opracowanie własne.

Zależności pomiędzy blokami procesu uwzględniają liczbę wykrytych tras w procesie. Parametry eksploratora dobrano eksperymentalnie na podstawie na podstawie podglądu modelu w aplikacji.



## 4. Wnioski

Wyniki analizy eksploracyjnej procesu realizacji zamówienia klienta na nowe części zamienne badanego przedsiębiorstwa oddaje w pewien sposób specyfikę pracy przedsiębiorstwa o strukturze wielooddziałowej z centralą zagraniczną. Średnie czasy obsługi zamówienia w okolicach 30 dni uwzględniają w szczególności czas transportu części zamiennych. Jednakże wyniki eksperymentu w zakresie szczegółowej analizy czasu trwania poszczególnych czynności oraz wielość zdarzeń początkowych procesu sugerować może niedostatek w zakresie zgromadzonych danych. Braki w zakresie informacji godzinowych wybranych zdarzeń mogą powodować błędy w działaniu eksploratora w postaci przedstawiania czynności z identyczną datą. W wynikach eksperymentów przedstawiono informacje wygenerowane przez pakiet PROM tylko i wyłącznie na podstawie zgromadzonych danych z dzienników systemowych systemu SAP. Ponadto pozyskane znaczniki czasu zawierały informację tylko i wyłącznie o czasie zakończenia pracy w poszczególnych czynnościach na podstawie czasów zdarzeń kończących daną czynność. Jest to kolejny czynnik wpływający na jakość pozyskanych wyników. W oparciu o pozyskaną wiedzę dotyczącą przebiegu procesu oraz znajomość zasad funkcjonowania techniki eksploracji procesów uznać należy, że informację wygenerowane z dzienników zdarzeń systemowych są niewystarczające do analizy procesu na poziomie czynności w tym konkretnym przypadku. Jedyne czasy trwania poszczególnych 523 wystąpień dla badanego okresu przedstawiają rzetelną ocenę faktycznie realizowanego procesu na tym właśnie poziomie. Należy tutaj zwrócić uwagę na fakt, iż technika eksploracji procesów zakłada pewną znajomość procesu przed wykonywaniem zadań eksploracyjnych. Bazowanie tylko i wyłącznie na informacjach pochodzących z dzienników zdarzeń może wypaczyć wnioski w zakresie faktycznego przebiegu procesu. Badanie przeprowadzono na dużej próbie zarówno liczby instancji jak i zdarzeń (4707). Badanie wykryło wyjątki w postaci wąskich gardeł w procesie o czasach realizacji sięgających blisko 160 dni. Nie mniej jednak w tym konkretnym przypadku bazując tylko i wyłącznie na zgromadzonych danych oraz dostępnych modułach pakietu PROM pogłębiona analiza procesu nie była możliwa. Jako kierunki dalszych prac w tym zakresie wskazać można w pierwszej kolejności opracowanie modułu umożliwiającego zmianę postaci danych wejściowych do postaci właściwej dla pakietu PROM. Z uwagi na fakt rosnącej popularności techniki eksploracji procesów zarówno w celach badawczych jak i biznesowych możliwe są do implementacji bezpośrednio w systemach zintegrowanych nowe narzędzia w postaci dodatkowych modułów firm trzecich. Analiza porównawcza tych narzędzi z najlepiej rozbudowanym środowiskiem eksploracji PROM wydaje się być uzasadniona.

## Bibliografia

1. Maggi F.M., Di Francescomarino C., Dumas M., Ghidini C.: Predictive monitoring of business processes. „Advanced Information Systems Engineering“, Vol. 8484 LNCS, 2014, p. 457-472.
2. Opis i lista dodatków pakietu PROM, <http://www.promtools.org/doku.php?id=prom67>, 01.01.2017.
3. Romanowska M., Trocki M.: Podejście procesowe w zarządzaniu. Tom I. Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2004.
4. Štolfa J., Kopka M., Štolfa S., Koběřský O., Snášel V.: An Application of Process Mining to Invoice Verification Process in SAP, [in:] Abraham A., Krömer P., Snášel V. (eds.): Innovations in Bio-inspired Computing and Applications. “Advances in Intelligent Systems and Computing”, Vol. 237, 2014.
5. Sung Ho Ha, Sang Chan Park: Service Quality Improvement through Business Process Management based on Data Mining. ACM, 2006.
6. Van der Aalst W.M.P. et al.: Manifest eksploracji procesów. TFPM, 2011.
7. Van der Aalst W.M.P., Stahl C.: Modeling Business Processes – A Petri Net-Oriented Approach. MIT Press, 2011.
8. Van der Aalst W.M.P.: Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Springer, Berlin 2011, p. 176.
9. Van der Aalst W.M.P, Weijters A.J.M.M.: Process mining: a research agenda. „Computers in Industry“, Vol. 53, Iss. 3, 2004.
10. Becker T., Intoyoad W.: Context Aware Process Mining in Logistics. „Procedia CIRP“, Vol. 63, 2017.