

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

EKSPLORACJA PROCESÓW W ANALIZIE USŁUG ELEKTRONICZNYCH ADMINISTRACJI PUBLICZNEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono problematykę analizy funkcjonowania usług elektronicznych administracji publicznej. Opisano przykład sposobu wykorzystania rejestrów systemowych potrzebnych do analizy procesów związanych z realizacją e-usług. Szczególną uwagę zwrócono na możliwości metody oraz dostępne narzędzia eksploracji procesów.

Słowa kluczowe: eksploracja procesów, zarządzanie procesami, e-usługi

PROCESS MINING IN THE ANALYSIS OF PUBLIC ADMINISTRATION ELECTRONIC SERVICES

Abstract. This article presents the analysis of the problems in functioning electronic services of public administration. The article describes the possibility of using system logs to analyze the processes related to the implementation of e-services. Special attention in the article is paid to the possibility of process mining methods and tools.

Keywords: process mining, BPM, e-services

1. Wstęp

Wśród wielu współczesnych teorii oraz metod rozwijanych i wykorzystywanych w badaniu organizacji odnaleźć można między innymi takie jak: analityka biznesowa (*business intelligence*), eksploracja danych (*data mining*) czy odkrywanie wiedzy (*knowledge discovery*). Metody te są bezpośrednio związane ze współczesnymi technologiami informacyjnymi

i określane są mianem **inteligentnych technologii informacyjnych**¹. Ostatnie lata zaowocowały również rozwojem zaawansowanych narzędzi informatycznych, umożliwiających implementację tych metod. Obecnie pozyskiwanie danych istotnych dla badań jest wyzwaniem, a odpowiednio wykorzystane oprogramowanie – jedyną możliwością. Szczególnym przypadkiem eksploracji danych jest badanie procesów (*process mining*). Technika ta wypełnia pewną lukę pomiędzy eksploracją danych a zarządzaniem procesami biznesowymi².

Obserwując trendy w praktyce gospodarczej można wyjść z założenia, że orientacja na procesy biznesowe ich kontrola oraz sterowanie nimi będą stanowić o kierunku rozwoju organizacji na najbliższe lata. Podejście procesowe mierzone skalą dojrzałości procesowej w administracji publicznej (według badań prowadzonych w kraju) znajduje się na stosunkowo niskim poziomie^{3,4}. Wykorzystaniem podejścia procesowego w badaniu administracji publicznej w kraju zajmują się między innymi: J. Hermaszewski⁵, W. Szumowski i K. Krukowski⁶.

S. Nowosielski⁷, P. Grajewski⁸, M. Romanowska i M. Trocki⁹, T. Kasprzak¹⁰, J. Czekaj¹¹ to autorzy, którzy obecnie zajmują się tematyką zarządzania procesami. Zarządzanie procesami biznesowymi (ang. *Business Process Management*) stanowi obecnie jeden z najprężniej rozwijających się kierunków w ogólnie pojętych naukach o zarządzaniu. Wśród wielu definicji występujących w literaturze przedmiotu szczególną uwagę warto zwrócić na definicję przedstawioną przez M.H. Jansen-Vullers i M. Netjes. Według tej definicji zarządzanie procesami biznesowymi to wspomaganie procesów z wykorzystaniem metod, technik i oprogramowania przez projektowanie, ustalanie i analizę procesów operacyjnych z udziałem ludzi, aplikacji, dokumentów i innych źródeł informacji¹². Jednym z podstawowych wymagań takiej analizy procesowej jest ustalenie przebiegu procesu w postaci jego modelu.

¹ Zhong M., Liu J.: *Intelligent Technologies for Information Analysis*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2004.

² Van der Aalst W.M.P.: *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Springer, Berlin 2011, p. 176.

³ Szumowski W.: *Zastosowanie podejścia procesowego w jednostkach administracji samorządowej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław 2009, s. 106-118.

⁴ Dojrzałość procesowa polskich organizacji – raport przygotowany przez serwis PROCESOWCY.PL marzec 2016, s. 9. Raport przedstawia wyniki badań w polskich organizacjach, w tym na stronie 6 14% udział Administracji Publicznej.

⁵ Hermaszewski J.: *Zarządzanie procesowe w samorządzie terytorialnym*. Konferencja – Gospodarka lokalna w teorii i praktyce. Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Mysłakowice 2010.

⁶ Krukowski K.: *Business Process Management jako czynnik sukcesu w doskonaleniu administracji publicznej*. Prace i Materiały Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego, nr 4/2, Gdańsk 2011.

⁷ Nowosielski S. (red.): *Podejście procesowe w organizacjach*. Prace Naukowe we Wrocławiu, nr 52. Uniwersytet Ekonomiczny, Wrocław 2009.

⁸ Grajewski P.: *Procesowe zarządzanie organizacją*. PWE, Warszawa 2012.

⁹ Romanowska M., Trocki M.: *Podejście procesowe w zarządzaniu*. Tom I. Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2004.

¹⁰ Kasprzak T.: *Modele referencyjne w zarządzaniu procesami biznesu*. Difin, Warszawa 2005.

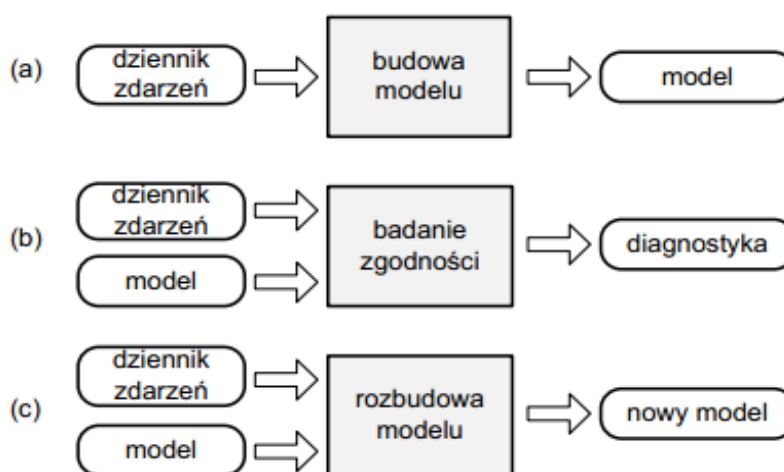
¹¹ Czekaj J.: *Zarządzanie procesami biznesowymi: aspekt metodyczny*. Czekaj J. et al. (red.). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Kraków 2009.

¹² Jansen-Vullers M.H., Netjes M.: *Business Process Simulation – A Tool Survey*. Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology, 2006, p. 7 za: Van der Aalst W.M.P., ter Hofstede A.H.M., Weske M.: *Business Process Management: A Survey*, [in:] Van der Aalst W.M.P., ter Hofstede A.H.M., Weske M. (eds.). *International Conference on Business Process Management (BPM 2003)*, Vol. 2678 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer-Verlag, 2003, p. 1-12.

Celem głównym niniejszego artykułu jest przedstawienie przykładu implementacji techniki eksploracji procesów do analizy funkcjonowania usług elektronicznych realizowanych w administracji publicznej.

2. Eksploracja procesów

Eksploracja procesów jest stosunkowo młodą dyscypliną, która znajduje swoje miejsce gdzieś pomiędzy analityką biznesową a eksploracją danych i – jak już wspomniano – modelowaniem i analizą procesów charakterystyczną dla zarządzania procesami biznesowymi. Jej głównym założeniem jest odkrywanie, monitoring oraz usprawnianie „prawdziwych procesów” (nie tych, które opisane zostały w dokumentacji lub przypuszczalnie powinny być realizowane) przez wydobywanie wiedzy z dzienników zdarzeń (rejestrów systemowych). W obecnych czasach dane te gromadzone są w szeroko pojętych i wszechobecnych systemach informatycznych większości organizacji. Eksploracja procesów zajmuje się w szczególności automatycznym lub częściowo automatycznym odtwarzaniem przebiegu procesu w postaci jego modelu na podstawie tych danych. Ponadto umożliwia analizę zgodności (w przypadku gdy dostępny jest model procesu) na podstawie odchyłek pomiędzy modelem a rejestrami. Dzięki tej metodzie możliwa jest też: analiza powiązań wewnątrzorganizacyjnych oraz konstruowanie modeli symulacyjnych, naprawa modeli procesów oraz predykcja i tworzenie rekomendacji na podstawie danych historycznych¹³. Na rysunku 1 zostały przedstawione trzy podstawowe zastosowania metody.



Rys. 1. Podstawowe typy eksploracji procesów

Źródło: Van der Aalst W.M.P. et al.: Manifest eksploracji procesów. TFPm, 2011¹⁴.

¹³ Van der Aalst W.M.P.: op.cit., p. 172.

¹⁴ Dokument w języku polskim dostępny pod adresem: http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/doku.php?id=shared:process_mining_manifesto.

Pierwszy zilustrowany przypadek (rys. 1a) przedstawia sytuację odkrywania modelu procesu na podstawie danych z rejestrów systemowych. Do realizacji tego zadania niezbędne są dane z dzienników zdarzeń systemu informatycznego. Następne dwie pozycje (rys. 1b i 1c) obrazują zastosowanie metody eksploracji procesów kolejno do diagnostyki oraz rozbudowy procesu. W obu przypadkach niezbędny jest, wcześniej przygotowany, model procesu. Fragment przykładowego dziennika zdarzeń przedstawiono na poniższym *listingu*¹⁵:

```
case;activity;time;product;prod - price;quantity;address
187;pay;2015- 02- 16 17:11:56;APPLE iPhone 6s Plus 64 GB;969.0;2;NL- 7887AC - 13
226;prepare delivery;2015- 02- 16 17:12:18;SAMSUNG Galaxy S4;329.0;2;NL - 7821AC - 3
155;pay;2015- 02- 16 17:18:59;SAMSUNG Galaxy S4;329.0;2;NL- 7751DG - 21
129;make delivery;2015- 02- 16 17:23:34;APPLE iPhone 6 16 GB;639.0;4;NL - 7887AC - 13
224;send invoice;2015 - 02- 16 17:30:05;APPLE iPhone 5s 16 GB;449.0;1;NL- 9411ME - 47
206 ;confirm payment;2015 - 02- 16 17:31:59;SAMSUNG Galaxy 32 GB;543.99;5;NL- 7828AM - 11a
```

Przykładowy *listing* danych składa się z 7 „kolumn” oraz 6 rekordów zapisanych w formacie CSV (*comma-separated values*). Kolumna pierwsza przedstawia „numer przypadku”, druga „rodzaj aktywności”, trzecia „czas”. Następne cztery kolumny prezentują kolejno: nazwę produktu, cenę, liczbę oraz adres.

W niniejszym artykule przedstawiono implementacje przypadku pokazanego na rys. 1a.

3. Narzędzia eksploracji procesów

Wraz z rosnącą popularnością metod pozyskiwania danych w procesie wydobywania wiedzy systematycznie rośnie liczba dostępnych do tego celu narzędzi informatycznych. Nie inaczej jest w przypadku narzędzi wspomagających eksplorację procesów. Listę podstawowych aplikacji przedstawiono w tabeli 2.

Najpopularniejsze obecnie (występujące i wykorzystywane często w opracowaniach naukowych) aplikacje to ProM, udostępniane na licencji z *otwartym źródłem*, oraz Disco, firmy Fluxicon.

¹⁵ Van der Aalst W.M.P.: How to get started with process mining. 2011.

Tabela 2

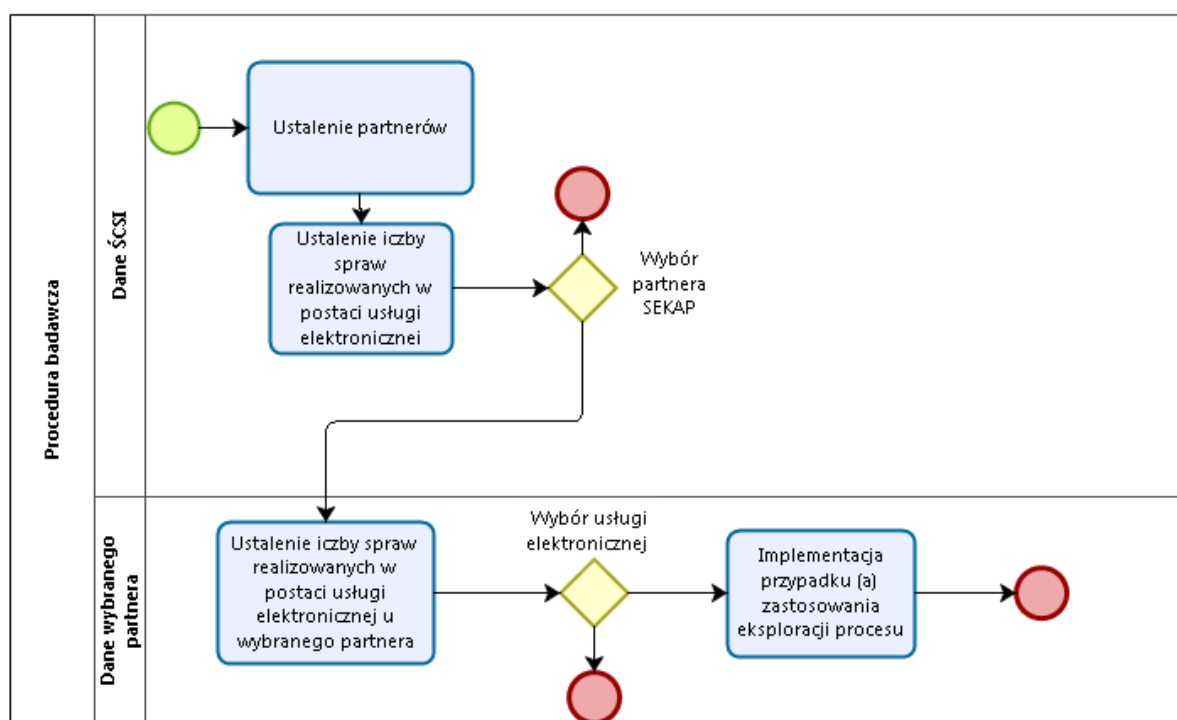
Narzędzia eksploracji procesów

Narzędzie	Producent	Strona sieci Web
ProM	Open Source	www.promtools.org
ProM Lite	Open Source	www.promtools.org
RapidProM	Open Source	www.rapidprom.org
Celonis Process Mining	Celonis GmbH	www.celonis.de
Disco	Fluxicon	www.fluxicon.com
Minit	Gradient ECM	www.minitlabs.com
myInvenio	Cognitive Technology	www.my-invenio.com
Perceptive Process Mining	Lexmark	www.lexmark.com
QPR ProcessAnalyzer	QPR	www.qpr.com
Rialto Process	Exeura	www.exeura.eu
SNP Business Process Analysis	SNP AG	www.snp -bpa.com
Interstage Business Process Manager Analytics	Fujitsu Ltd	www.fujitsu.com

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Kebede M.: Comparative Evaluation of Process Mining Tools. Tartu 2015; Van der Aalst W.M.P.: How to get started with process mining. 2011.

4. Badanie

Zastosowanie metody eksploracji procesów do analizy usług elektronicznych administracji publicznej odbyło się zgodnie z procedurą przedstawioną na rysunku 2.



Rys. 2. Procedura badawcza

Źródło: Opracowanie własne.

W pierwszym kroku eksploracja procesów wymaga pozyskania odpowiednich danych. W tym celu, na podstawie badań wstępnych oraz danych pozyskanych ze Śląskiego Centrum Społeczeństwa Informacyjnego¹⁶ dotyczących faktycznie wykonanych usług przez realizację danej sprawy w systemie, wyselekcjonowano informacje z rejestrów systemu SEKAP, które pozwoliły na ustalenie partnera, liczby oraz rodzaju usług najczęściej występujących w badanym okresie¹⁷. Przykładowe dane wejściowe przedstawiono w tabeli 3.

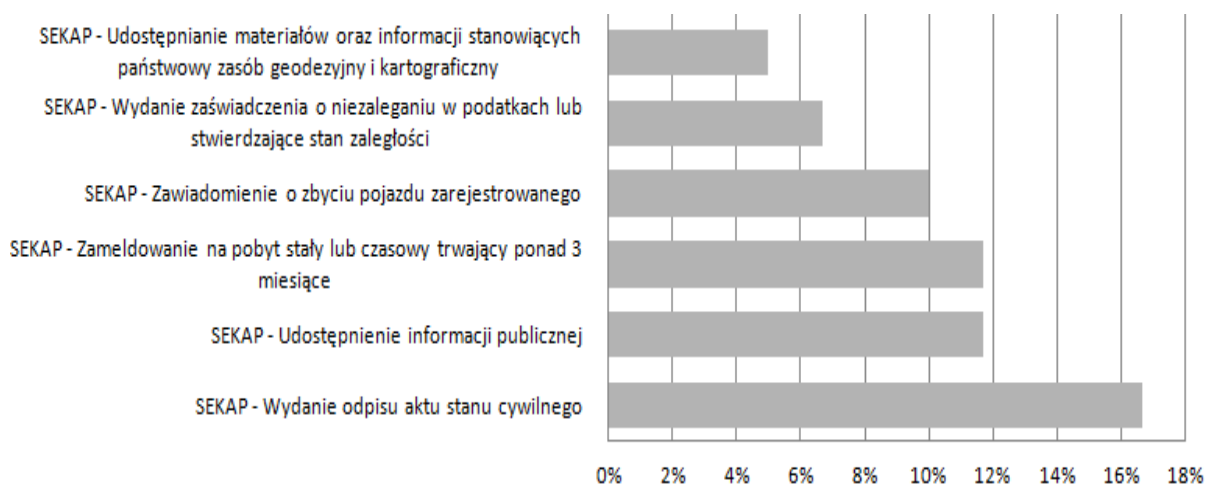
Tabela 3

Liczba wniosków składanych przez klientów w systemie SEKAP, wg partnerów
(fragment tabeli)

Parter SEKAP (liczba porządkowa według wszystkich partnerów i nazwa partnera)	Liczba zrealizowanych spraw
161. Urząd Miasta Rybnika	123
162. Urząd Miejski w Będzinie	24
163. Urząd Miejski w Blachowni	8
164. Urząd Miejski w Gliwicach	353
165. Urząd Miejski w Szczyrku	9
166. Urząd Miejski w Świętochłowicach	58

Źródło: Opracowanie własne.

W kolejnym kroku, po wyborze partnera¹⁸ (urzędu), zestawiono konkretne usługi realizowane w badanym podmiocie. Procentowy udział wybranych usług przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Procentowy udział wniosków elektronicznych realizowanych w urzędzie miasta Gliwice
(fragment wykresu, grupowanie wg nadawcy)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Gliwice.

¹⁶ Instytucja odpowiedzialna za funkcjonowanie platformy SEKAP na terenie województwa śląskiego.

¹⁷ Dane pozyskane z ŚCSI-u zostały częściowo wykorzystane w rozprawie doktorskiej – Janke P.: Metody tworzenia usług elektronicznych w podmiotach administracji publicznej. 2015.

¹⁸ Dane pozyskane z UM Gliwice zostały częściowo wykorzystane w rozprawie doktorskiej – Janke P.: Metody tworzenia usług elektronicznych w podmiotach administracji publicznej. 2015.

Szczegółowe badanie pozwoliło na zebranie informacji z dzienników zdarzeń systemu połączonego ze skrzynką podawczą usługi w urzędzie, dotyczących czasów realizacji wniosków elektronicznych przesyłanych przez platformę SEKAP do urzędu. Zebrane dane przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Szczegółowa lista wniosków i odpowiedzi usługi elektronicznej udostępniania informacji publicznej urzędu miasta Gliwice (fragment tabeli z danymi)

Lp.	Data rejestracji	Nadawca	Dotyczy	Wydział załatw.	Data wysłania odpowiedzi
186	01-08-2012 23:35:19	....	SEKAP – Udostępnienie informacji publicznej	ED	09-08-2012 14:20:17
192	31-07-2012 14:30:04	....	SEKAP – Udostępnienie informacji publicznej	SO	01-08-2012 15:00:17
217	03-07-2012 11:50:03	....	SEKAP – Udostępnienie informacji publicznej	PP	13-08-2012 14:05:08
218	03-07-2012 11:50:03	....	SEKAP – Udostępnienie informacji publicznej	PP	10-07-2012 15:40:03
230	21-05-2012 14:30:04	....	SEKAP – Udostępnienie informacji publicznej	OR	23-05-2012 11:30:02
238	19-03-2012 14:16:03	....	SEKAP – Udostępnienie informacji publicznej	KD	19-03-2012 15:20:01
244	05-03-2012 14:22:04	....	SEKAP – Udostępnienie informacji publicznej	BRM	06-03-2012 11:20:01

Zródło: Opracowanie własne.

Przedstawione w tabeli 4 dane posłużyły w pierwszej kolejności do odtworzenia modelu procesu funkcjonowania usługi elektronicznej. Pole nadawca na etapie pozyskiwania danych zostało celowo usunięte, z uwagi na ustawę o ochronie danych osobowych¹⁹. Pojedyncze rekordy w tabeli odpowiadają za konkretne przypadki (case) realizacji omawianej usługi. Tak otrzymane dane w badaniach szczegółowych poddane zostały dekompozycji, filtrowaniu, czyszczeniu oraz sprawdzeniu pod kątem spójności. Różna liczba porządkowa informuje o numerze rekordu w elektronicznej skrzynce podawczej, w usługach w ogóle.

Ostatecznym formatem danych (w pewnym sensie uniwersalnym w tego typu narzędziach) jest format wartości rozdzielanych przecinkami CSV. Tak jak już przedstawiono w poprzednim punkcie w postaci *listingu*, dane w odpowiednim formacie przygotowano w tabeli 5.

¹⁹ Dz.U. 1997 nr 133, poz. 883. Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych.

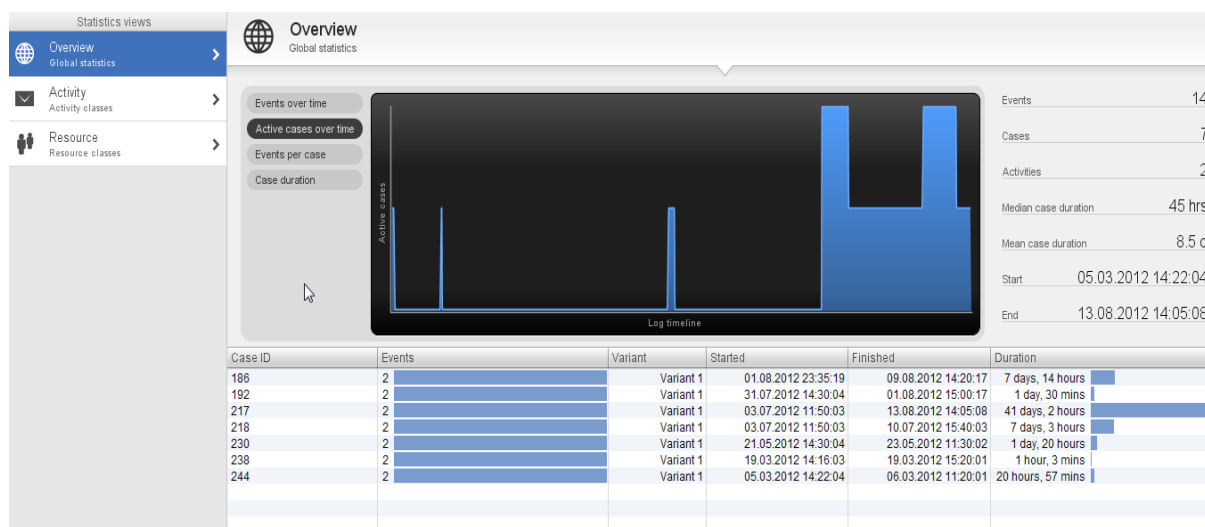
Tabela 5

Zebrane dane przedstawione w postaci CSV

case ID	Case Data	org	Timestamp
186	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - wniosek	ED	01-08-2012 23:35:19
186	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - odpowiedz	ED	09-08-2012 14:20:17
192	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - wniosek	SO	31-07-2012 14:30:04
192	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - odpowiedz	SO	01-08-2012 15:00:17
217	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - wniosek	PP	03-07-2012 11:50:03
217	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - odpowiedz	PP	13-08-2012 14:05:08
218	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - wniosek	PP	03-07-2012 11:50:03
218	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - odpowiedz	PP	10-07-2012 15:40:03
230	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - wniosek	OR	21-05-2012 14:30:04
230	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - odpowiedz	OR	23-05-2012 11:30:02
238	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - wniosek	KD	19-03-2012 14:16:03
238	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - odpowiedz	KD	19-03-2012 15:20:01
244	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - wniosek	BRM	05-03-2012 14:22:04
244	SEKAP - Udostępnienie informacji publicznej - odpowiedz	BRM	06-03-2012 11:20:01

Źródło: Opracowanie własne.

Kolejny krok postępowania może obejmować konwersję formatu do MXML, który jest wymagany dla aplikacji ProM. Do przygotowania danych wykorzystuje się dodatkową aplikację „ProM Import Framework v7.0”²⁰. W przypadku zastosowania narzędzia firmy Fluxicon można wykorzystać rejestry zdarzeń bezpośrednio w formacie CSV. Na kolejnych rysunkach przedstawiono wyniki pracy narzędzia Disco.



Rys. 4. Statystyka procesu uzyskana na podstawie zaimportowanych danych z dziennika zdarzeń
Źródło: Opracowanie własne na podstawie uruchomionego narzędzia.

Moduł statystyki pozwala na ogólny podgląd wyników dla poszczególnych transakcji wraz z wykresem w funkcji czasu. Otrzymano wyniki dotyczące badanego procesu w postaci: liczby zdarzeń – 14, liczby przypadków (transakcji) – 7, średnich czasów trwania przypadków – 8,5 dnia, szczegółowych czasów trwania przypadków. Ponadto możliwa jest analiza

²⁰ Aplikacja eksploracji procesów biznesowych ProM, <http://www.processmining.org/prom/start>.

w pozostałych dwóch kategoriach „Aktywności” oraz „Zasobów” z precyzyjnymi statystykami. Dokładna analiza konkretnych przypadków pozwala na odkrycie nieprawidłowości funkcjonowania usługi przez pomiar czasu jej trwania; w przypadku „case 217” wynosi 41 dni i 2 godziny. Z punktu widzenia wartości omawianego narzędzia w analizie potencjalnych problemów występujących w realizacji procesu działania usługi elektronicznej pod postacią „administracyjnej usługi” o nazwie „udostępnienie informacji publicznej na wniosek” mamy do czynienia z przekroczeniem ustawowego terminu, który w tym przypadku wynosi 14 dni²¹. Dane otrzymane z dzienników zdarzeń są oczywiście niewystarczające do ustalenia przyczyny bieżącego stanu rzeczy, a jedynie wykrywają problem w procesie.



Rys. 5. Model wygenerowanego procesu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie uruchomionego narzędzia.

Rysunek 5 przedstawia uzyskany model procesu dla danych przygotowanych w postaci sekwencji dwóch zdarzeń (czynności). Następnie tak otrzymany model można przełożyć na jedną z kilku, powszechnie obowiązujących notacji modelowania procesów biznesowych²².

5. Podsumowanie

Technika eksploracji procesów jest stale rozwijana. W artykule na wstępie zaznaczono ważność i aktualności przedstawianego tematu. Wykorzystanie narzędzi pozwalających na

²¹ Dz.U. 2001 nr 112, poz. 1198. Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej.

²² Kalenkova A., Van der Aalst W.M.P., Lomazova I., Rubín V.: Process mining using BPMN: relating event logs and process models. Proceedings of the ACM/IEEE 19th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, 2016.

analizowanie dzienników zdarzeń funkcjonujących systemów informatycznych, zwłaszcza w obszarze ciągle niedoskonałej elektronicznej administracji publicznej w kraju, wydaje się być uzasadnione. Dzięki technice eksploracji procesów zagospodarowano obszar pomiędzy zaawansowaną analizą danych a zarządzaniem procesami. Dane pozyskane z dzienników zdarzeń dzięki tej technice mogą stanowić cenne informacje dla analizy funkcjonowania procesów różnych organizacji. W artykule przedstawiono przykład takiej implementacji w obszarze administracji publicznej. Cenne dane ukryte w rejestrach systemowych mogą pozwolić na odkrycie wiedzy dotyczącej problemów, a następnie wykrycie „wąskich gardeł” (*bootlenecks*) w procesach. Dla zarządzania procesami (zgodnie z definicją przyjętą w artykule) niezbędne jest ustalanie procesów operacyjnych. Eksploracja procesów na podstawie pozyskanych danych pozwala na odtworzenie modeli procesów faktycznie realizowanych.

Jako kierunek dalszych prac w tym obszarze można wskazać analizę ciekawszych, bardziej złożonych procesów funkcjonujących jako elektroniczne usługi złożone administracji publicznej²³.

Bibliografia

1. Dojrzałość procesowa polskich organizacji – raport przygotowany przez serwis PROCESOWCY.PL, marzec 2016.
2. Dz.U. 1997 nr 133, poz. 883. Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych.
3. Dz.U. 2001 nr 112, poz. 1198. Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej.
4. Grajewski P.: Organizacja procesowa. PWN, Warszawa 2007.
5. Grajewski P.: Procesowe zarządzanie organizacją. PWE, Warszawa 2012.
6. Hermaszewski J.: Zarządzanie procesowe w samorządzie terytorialnym. Konferencja – Gospodarka lokalna w teorii i praktyce. Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Mysłakowice, wrzesień 2010.
7. Jansen-Vullers M.H., Netjes M.: Business Process Simulation – A Tool Survey. Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology, 2006.
8. Kalenkova A., Van der Aalst W.M.P., Lomazova I., Rubin V.: Process mining using BPMN: relating event logs and process models. Proceedings of the ACM/IEEE 19th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, 2016.
9. Kasprzak T.: Modele referencyjne w zarządzaniu procesami biznesu. Difin, Warszawa 2005.

²³ Pojęcie stosowane do określenia usługi elektronicznej w obszarze administracji publicznej obejmującej więcej niż jedną instytucję.

10. Krukowski K.: Business Process Management jako czynnik sukcesu w doskonaleniu administracji publicznej. Prace i Materiały Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego, nr 4/2, 2011.
11. Nowosielski S. (red.): Podejście procesowe w organizacjach. Prace Naukowe, nr 52. Uniwersytet Ekonomiczny, Wrocław 2009.
12. Romanowska M., Trocki M.: Podejście procesowe w zarządzaniu. Tom I. Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2004.
13. Sung Ho Ha, Sang Chan Park: Service Quality Improvement through Business Process Management based on Data Mining. ACM, 2006.
14. Szumowski W.: Zastosowanie podejścia procesowego w jednostkach administracji samorządowej. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław 2009.
15. Van der Aalst W.M.P., Stahl C.: Modeling Business Processes – A Petri Net-Oriented Approach. The MIT Press, 2011.
16. Van der Aalst W.M.P., ter Hofstede A.H.M., Weske M.: Business Process Management: A Survey, [in:] Van der Aalst W.M.P., ter Hofstede A.H.M., Weske M.: International Conference on Business Process Management (BPM 2003), Vol. 2678 of Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag, 2003.
17. Van der Aalst W.M.P.: Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Springer, Berlin 2011.
18. Zhong M., Liu J.: Intelligent Technologies for Information Analysis. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2004.