

Stanisław KĘDZIERSKI
Uniwersytet Ekonomiczny, Katowice
stanislaw.kedzierski@ue.katowice.pl

MODELOWANIE PROCESÓW Z WYKORZYSTANIEM ROZMYTYCH LOGIK EPISTEMICZNEJ I DEONTYCZNEJ

Streszczenie. Często zdarza się, iż sprawa, którą klient przedkłada w urzędzie nie przebiega właściwie. W dużej mierze zależy to od wykonawców danego procesu biznesowego. Proces biznesowy można modelować za pomocą logiki klasycznej wspomaganą logikami deontyczną i epistemiczną. Wiedza agenta o stanie procesu ma charakter. Zachowanie się agentów realizujących proces zależy między innymi od: woli wykonania, umiejętności. Zachowanie aktorów precyzyjniej opisuje rozmyta logika deontyczna. Artykuł proponuje notację umożliwiającą zapis modelu procesu biznesowego ilustrowany przykładem.

Słowa kluczowe: logika deontyczna i epistemiczna, modelowanie procesu biznesowego, funkcje rozmyte

PROCESS MODELLING USING FUZZY EPISTEMIC AND DEONTIC LOGICS

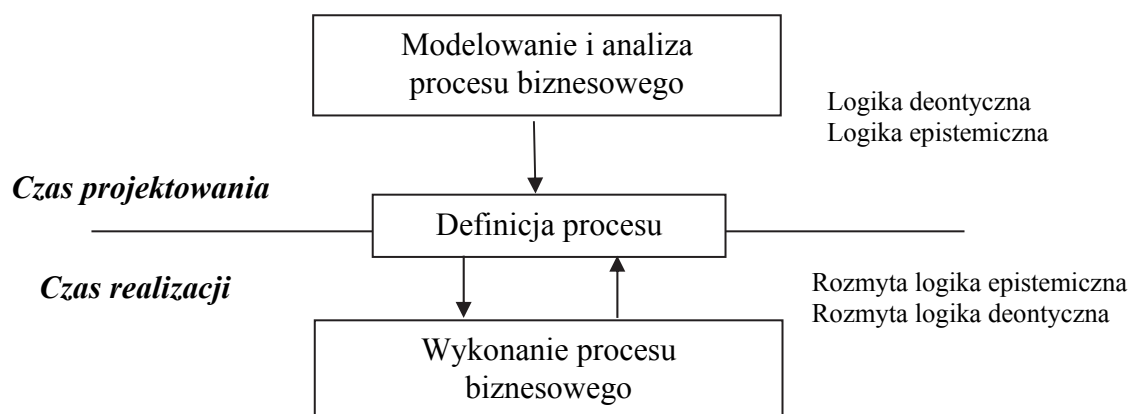
Abstract. Business processes can finish with success or collapsed before their designed ending. It is relative to actors that executed process. Business process can be modelled using deontic and epistemic logics. The knowledge of agents depends on concrete situation and has a fuzzy character. In the business processes context some reasons for fuzziness can be identified: complexity of terms, human preferences and goals, description of reality in natural languages. Actor's behaviour depends on their will to execute process, skills or state of health. Agent's behaviour described more precisely by fuzzy deontic logic. The new notation is proposed to afford possibilities for modelling precisely execution of business processes.

Keywords: modelling business process, epistemic and deontic logic, fuzzy functions

1. Wprowadzenie

Jednym z najważniejszych problemów w modelowaniu przedsiębiorstwa jest właściwe przedstawienie, analizowanie i zarządzanie wiedzą o organizacji i procesach w niej zachodzących. Procesy biznesowe są inicjowane, przebiegają i kończą się z sukcesem lub porażką na podstawie przepisów prawa i jego interpretacji przez wykonawców. Dla procesu uchwalania nowej ustawy będzie to konstytucja, dla zaliczania semestru (roku) studentowi regulamin studiów, wypożyczania/zwracania książek regulamin biblioteki.

Procesy biznesowe można opisywać i modelować na dwu poziomach: projektowym i realizacyjnym. Rysunek 1 pokazuje wykorzystanie logik nieklasycznych w modelowaniu a następnie w wykonywaniu procesów biznesowych. W czasie projektowania modelujący ma do czynienia z sytuacją idealnego przebiegu różnych ścieżek procesu. Do opisu takich stanów przez które przechodzi proces wystarczają logika deontyczna dla wyrażenia przepisów regulujących wykonanie procesu oraz logika epistemiczna charakteryzująca stan wiedzy agentów wykonujących proces. W trakcie realizacji procesu złożoność otoczenia, w którym realizowany jest proces wymaga zastosowania bardziej subtelnych narzędzi – rozmytych logik deontycznej i epistemicznej dla właściwego przedstawienia zachowań agentów w zmieniającym się świecie. Celem artykułu jest próba zastosowania rozmytych logik deontycznej i epistemicznej do modelowania przebiegu procesów biznesowych.



Rys. 1. Miejsce logik nieklasycznych w modelowaniu i wykonywaniu procesów biznesowych
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie: J. Hollingsworth D., Workflow Management Coalition The Workflow Reference Model p. 7.

2. Zmienność wiedzy

Wiedza o procesach zmienia się z wielu powodów. Przebiegi procesów, które jeszcze rok/miesiąc/tydzień temu odbywały się w ustalony sposób dziś już mogą być realizowane zupełnie inaczej. Do przyczyn wiedzy zmieniającej się w czasie można zaliczyć:

- zmiany w normach prawnych; rzadko są wprowadzane i są zapowiadane (*vacatio legis*), niezależne od konkretnego agenta pochodzą z zewnątrz, przykładami mogą być zmiany w ustawach lub zarządzeniach odnoszące się do obliczania podatków czy też warunków awansowania pracowników,
- zmiany w pojmowaniu otoczenia przez agenta; zależne od indywidualnego agenta od jego szybkości uczenia się i inteligencji, wiedzy ogólnej i wykształcenia specjalistycznego, stanu zdrowia,
- zmiany w otoczeniu, zmiany wartości interesujących parametrów; niezależne od agenta, lecz od działań innych agentów, przy czym dany agent również może wpływać na stany interesujących artefaktów, przez co zwrotnie także ma możliwość wpływu na zmiany w swoim otoczeniu,
- zmiana czasu (skrócenie lub przedłużenie) pozostałego do zakończenia czynności procesu spowodowane opóźnieniem względem harmonogramu,
- zmiany, w których upłynął czas wykonania kolejnej czynności jak: uprawomocnienie wyroku lub postanowienia sądowego lub urzędniczego.

Zmienność wiedzy powoduje, że nie zawsze agent ma stuprocentową pewność odnośnie stanu procesu. Jego niepewność może wynikać z wielu przyczyn [Thomas, Dollmann i Loos, 2007]:

- złożoności otoczenia, w którym przebiega proces oraz z ograniczeń ludzkiej percepcji pojmowania świata rzeczywistego. Rozmytość informacyjna wynika z potoczności języka, sposobu rozumienia i może być przypisywana nadmiarowi informacji. Dzieje się tak wtedy, gdy stosowane są pojęcia o wysokim stopniu abstrakcji (przykładowo: „wartość kredytowa” „zdolność kredytowa”). Przykładowo na wiedzę o procesach składają się informacje z wielu źródeł, które są wynikiem danych tylko części z całego procesu w określonym punkcie jego przebiegu. Wiele różnych atrybutów musi być wziętych pod uwagę, aby opisać te złożone pojęcia. Rozmytość występuje, ponieważ ludzie nie są zdolni do przetwarzania wszystkich odnoszących się do siebie informacji oraz dlatego iż pewne informacje mają rozmyty charakter. Atrybuty opisujące pojęcia są agregowane stosując pojęcia językowe dla dalszego przetwarzania przez ludzi,
- rozmytość występuje w ludzkich preferencjach oraz koncepcjach celów. W wielu sytuacjach nie można zhierarchizować dokładnie ludzkich preferencji. Prowadzi to do rozmytości w celu systemu, który związany jest z rozmytością informacyjną. Przykładowo cel „znacząca redukcja czasu wykonania” wymaga pomiarów. Często

jednak żadna akcja nie może być podjęta, ponieważ byłoby to niejawnie rozszerzenie zamierzonej akcji oraz niejasne zależności z innymi celami,

- opisywanie rzeczywistości w językach naturalnych prowadzi do wewnętrznej (słownej lub lingwistycznej) rozmytości. Tworzenie modelu lingwistycznego a także wrażliwość kontekstu zdań języka naturalnego przyczynia się do powstawania rozmytości. Dodatkowy wpływ może odgrywać niedokładność w porównaniach np.: wartość przedmiotu pierwszego jest znacznie większa niż przedmiotu drugiego. W tym przypadku rozmytość nie wynika z samej natury języka, ale raczej z ograniczonej i subiektywnej ludzkiej percepcji. Subiektywność pojęć zależy od okoliczności, w jakich znalazła się osoba definiująca oraz języka wykorzystywanego do opisu zwłaszcza, gdy brak ujednoliconej definicji pojęć użytych w opisie nowego pojęcia,
- związki pomiędzy danymi i same dane nie mogą być zapisane dokładnie, jeśli odczyt rzeczywistości przez człowieka jest rozmyty. Wykorzystanie niedokładnych danych może być czasem pozytywną cechą zwłaszcza wtedy, gdy brak jest narzędzi pomiarów. Świat realny charakteryzuje się wysoką dynamiką i/lub zależnościami, które trudno jest właściwie opisać. Ludzie mają tendencję do opisu rzeczywistości w sposób werbalny, co jest kolejnym przyczyną wewnętrznej rozmytości opisanych powyżej.

Do niepewności wymienionych powyżej dołączyć można i tę mówiącą o nie do końca właściwym zrozumieniu przez agenta przepisów regulujących wykonywaniem procesu.

Na niepewność wykonania czynności przez agenta może mieć wpływ:

- brak chęci do wykonania zadania; zdarza się, iż pracownik odkłada daną pracę na termin późniejszy,
- niedbały sposób wykonywania swojej pracy lub jej części,
- brak umiejętności do wykonania zadania; może się zdarzyć, iż pracownik nie został przeszkolony do wykonywania tej konkretnej czynności lub też wykonywał ją bardzo dawno i nie pamięta dokładnie procedury,
- czasowa niedyspozycja; związana ze stanem zdrowia pracownika, ciśnieniem lub temperaturą (wyłączenie klimatyzacji albo ogrzewania), przykładowo może to być pomyłka w odczytaniu daty wypożyczenia książki lub niedosłyszanie odpowiedzi czytelnika odnośnie jego woli prolongaty,
- niezrozumienie przepisów (zarządzeń) określających przebieg wykonywanego procesu,
- szum informacyjny; niedokładne odczytanie stanu procesu lub tylko wartości jednego parametru mającego wpływ na dalszy przebieg procesu.

3. Logiki nieklasyczne

Do modelowania procesów biznesowych na poziomie prawa służy logika deontyczna ze swoimi operatorami **O**, **F** i **P** oznaczającymi odpowiednio obowiązek, zakaz i przyzwolenie (możliwość). Ponieważ procesy wykonują głównie osoby, więc należy uwzględnić wszelkie aspekty ich złożonej struktury. Do takich należy wiedza agenta o wykonywanej czynności będącej elementem procesu. Proces biznesowy jest przedsięwzięciem złożonym wykonywanym przez wielu agentów. Aby móc wykonać daną czynność w procesie agent pełniący określoną rolę powinien wiedzieć, co ma zrobić przy aktualnym stanie procesu. Przez aktualny stan procesu należy rozumieć wartości (być może nie wszystkich) atrybutów artefaktów występujących w rozpatrywanym środowisku. Wiedzę agenta przedstawia się w logice epistemicznej, której podstawowym operatorem jest wiedzieć **K**; **Ka(p)** czyta się "agent *a* wie, że *p*".

Za początek istnienia logiki deontycznej przyjmuje się rok 1951, w którym to G. H. von Wright ogłosił artykuł Deontic logic [Wright51]. W artykule tym zawarte było pierwsze systematyczne opracowanie założeń logiki deontycznej. Podejście von Wright'a do logiki deontycznej oparte było na zauważeniu analogii pomiędzy deontycznym zapisem obowiązku i przyzwolenia a modalną notacją konieczności i prawdopodobieństwa.

Pojęcia normatywne używane są na dwa podstawowe sposoby [Wright 68 s. 11]:

- nakazowy w rozważaniach normatywnych dla wyrażania reguł akcji i innych norm, czyli dawania zezwolenia, nakładania obowiązku lub udzielania praw,
- w rozważaniach opisowych dla wyrażenia norm, czyli dla mówienia, że zgodnie z pewnym kodeksem pewna akcja jest zabroniona.

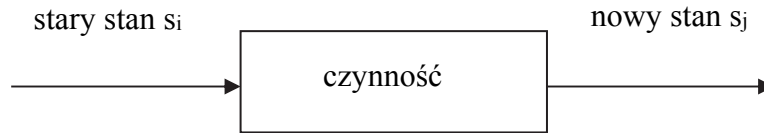
Jaakka Hintikka w 1962 roku zaproponował w swej monografii Knowledge and belief [Hintikka 62] system logiki epistemicznej, w którym oddziela wiedzę od wiary. Wprowadził on spójniki epistemiczne relatywizujące do konkretnej osoby. Przykładowo: **Ka·**, co oznacza „osoba *a* wie, że α ”, **Ba·**, co oznacza „osoba *a* wierzy, że α ”, **Pa·**, co oznacza „ α jest niesprzeczne z wiedzą osoby *a*”.

4. Rozmyte logiki nieklasyczne

Wykonanie procesu biznesowego tak jak i innych procesów polega na przechodzeniu ze stanu początkowego do stanu końcowego poprzez wiele stanów pośrednich. Proces można rozbić na wiele przejść elementarnych ze stanu s_i do stanu s_j , co przedstawia rys. 2.

Przejście ze starego stanu s_i do nowego stanu s_j wykonywane jest wtedy, gdy zachodzą określone warunki. W procesach biznesowych akcje realizowane są na podstawie decyzji

podejmowanych przez agenta. Decyzje te podejmowane są na podstawie wartości o stanie wybranych atrybutów artefaktów związanych z procesem odczytywanych przez agenta, czyli podjętej przez niego wiedzy o stanie procesu a także jego wiedzy, co należy czynić w danym momencie.



Rys. 2. Elementarna zmiana stanu w procesie

Źródło: Opracowanie własne.

Aby dana czynność mogła być wykonana agent musi posiadać wiedzę o stanie, w jakim znajduje się rozpatrywany proces. Dla wzbogacenia opisu przebiegu procesu o aspekt stanu wiedzy agenta (operator **K**) właściwym wydaje się dołączyć rozmycie jego wiedzy w danym momencie $\mathbf{K}a_{s_i}$ (wiedza agenta *a* w stanie procesu s_i).

Proces biznesowy na etapie jego definiowania można traktować jako trójkę: $PB_{def} = \langle S, A, W \rangle$

gdzie:

S – oznacza zbiór stanów, w jakich może znajdować się proces (z dwoma stanami wyróżnionymi *Spoczątkowy* oraz *Skońcowy*)

A – zbiór agentów realizujących proces biznesowy

W – zbiór warunków logicznych określających przejścia pomiędzy stanami, będący odzwierciedleniem prawa określającego różne przebiegi procesu

Ponieważ realizacja procesu w istotny sposób zależy od stanu wiedzy agentów zaangażowanych w jego wykonanie, przeto sensowne wydaje się wzbogacenie o czynnik charakteryzujący w płynny (rozmyty) sposób pojmowanie procesu przez aktorów, od których zależy jego wykonanie.

Proces biznesowy na etapie jego wykonywania można traktować jako czwórkę: $PB = \langle S, A, W, F_{roz} \rangle$

gdzie:

F_{roz} – zbiór funkcji rozmytych charakteryzujących stopień wiedzy poszczególnych agentów o stanie procesu; funkcja określona jest dla każdego agenta w interesujących stanach.

Zbiór tych funkcji przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Funkcje rozmyte opisujące stan wiedzy aktorów w stanach

Aktor\Stan	s ₁	s ₂	s ₃	...	s _m
a ₁	fk ₁₁	fk ₁₂	fk ₁₃		fk _{1m}
a ₂	fk ₂₁	fk ₂₂	fk ₂₃		fk _{2m}
...					
a _n	fk _{n1}	fk _{n2}	fk _{n3}		fk _{nm}

Źródło: opracowanie własne.

Przedstawiona na rysunku 2 elementarna zmiana ze stanu s_i poprzez wykonanie czynności w stan s_j będzie obciążona wartością funkcji rozmytej właściwej dla agenta mającego ją wykonać f_{ai} . Tak więc szansa na zrealizowanie czynności istotnie zależy od odczytanej w danym momencie wartości f_{ai} . Należy podkreślić, iż pewna część funkcji rozmytych będzie funkcją typu singleton.

Procesy biznesowe nie przebiegają jedynie jako ciąg prostych czynności, lecz stanowią złożoną sieć działań, w której występują rozdzielania i złączenia ścieżek, wykorzystujące różne operatory logiczne. Do najczęściej stosowanych należą: AND, OR oraz XOR. W wersji rozmytej otrzymują one następujące wartości (wg Zadeha [Zadeh 1973]):

- AND rozdzielanie i złączenie $\min(f_a, f_b)$
- OR rozdzielanie i złączenie $\max(f_a, f_b)$
- XOR rozdzielanie i złączenie $f_a + f_b - 2 * \min(f_a, f_b)$

Operatory te wraz z tabelą funkcji rozmytych dają narzędzie do obliczania stopnia rozmytości przebiegu całego procesu.

Dołączenie operatorów logik deontycznej i epistemicznej wymaga rozszerzenia zapisu formalnego. Wprowadźmy za [Wieringa 1991] następujący język specyfikacji opisujący elementu procesu biznesowego.

[akcja(aktor, obiekt)] **operator deontyczny**(akcja(aktor, obiekt))

Występujący nawiasach [] stan po wykonaniu akcji może być źle zinterpretowany (rozmyty) a także zapisane po prawej stronie **operatora deontycznego** rozmyte rozumienie polecenia albo też niedokładne wykonanie nakazanej czynności lub powstrzymanie się od wykonania zabronionej czynności. Innymi słowy różni agenci mogą wykonać (lub powstrzymać się od wykonania) daną czynność z pewną wagą o wartościach z przedziału [0 – 1]. Dla każdego agenta można przyjąć rozmytą wartość, z jaką uznaje się iż wykona daną czynność prawidłowo.

W modelowaniu realizacji procesu biznesowego włączyć należy więc logikę epistemiczną dla opisu poziomu wiedzy agenta o stanie procesu oraz co też jest ważne wiedzę o wykonaniu czynności przez agenta.

Każdemu agentowi można przypisać wartość rozmytą określającą właściwość wykonania danej czynności przez niego. Wspomniana wartość przyjmuje tak jak w przypadku wiedzy agenta postać funkcji rozmytej.

W postaci ogólnej:

K $f_{ka_i, j}$ [stanj] **O** $f_{oa_i, k}$ (czynność k)

Przykładowo w postaci szczegółowej:

K $f_{Adam, wypożyczona}$ [wypożyczona(c, k)] **O** $f_{Adam, zwrot}$ (zwrot(c, k) ($\leq 30d$))

Po włączeniu w opis funkcji rozmytych charakteryzujących obowiązkowość agenta proces biznesowy na etapie jego wykonywania można traktować jako czwórkę: $PB = \langle S, A, W, F_{kroz}, Foroz \rangle$

gdzie:

Foroz – zbiór funkcji rozmytych charakteryzujących stopień obowiązkowości poszczególnych agentów odnoszących się do wykonania konkretnej czynności procesu; funkcja określona jest dla każdego agenta w interesujących stanach. Zbiór tych funkcji przedstawia tabela 2.

Tabela 2

Funkcje rozmyte opisujące obowiązek wykonania czynności przez aktorów w określonych stanach

Aktor\Stan	S1	S2	S3	...	Sm
a1	f_{011}	f_{012}	f_{013}		f_{01m}
a2	f_{021}	f_{022}	f_{023}		f_{02m}
...					
an	f_{0n1}	f_{0n2}	f_{0n3}		f_{0nm}

Źródło: opracowanie własne.

5. Przykład zastosowania notacji

Jako przykład zastosowania notacji rozmytych logik epistemicznej i deontycznej przedstawiony jest fragment procesu obsługi czytelnika w bibliotece międzywydziałowej Uniwersytetu ekonomicznego w Katowicach.

§ 2 1. Prawo do wypożyczania zbiorów mają:

- pracownicy naukowo-dydaktyczni UE,
- studenci UE I, II, III stopnia,
- słuchacze studiów podyplomowych UE,
- pozostali pracownicy UE

Co zapisać można formalnie jako następujące zbiory:

Pracownicy = {pracownicy naukowo-dydaktyczni UE} \cup {pozostali pracownicy UE}

Studenci = {studenci UE I, II, III stopnia} \cup {słuchacze studiów podyplomowych UE}

Czytelnicy = { Pracownicy} \cup { Studenci}

§ 6 2. Limity wypożyczonych książek oraz okresy wypożyczeń obowiązujące w BW UE:

- pracownicy naukowo-dydaktyczni UE - 50 książek na okres 16 tygodni (wyjątek stanowią książki zakupione ze środków finansowych przeznaczonych na badania naukowe, wówczas istnieje możliwość wypożyczenia danej pozycji na okres 52 tygodni, z możliwością prolongaty),
- pozostali pracownicy UE - 10 książek na okres 16 tygodni,
- studenci, doktoranci i słuchacze studiów podyplomowych UE - 10 książek na okres 4 tygodni.

Treść § 6 punkt 2 można zapisać:

[wypożyczenie(prac. n-d UE, k)] **P** (card(wypożyczenie_książek) <=50

[wypożyczenie(pozost.prac. UE, k)] **P** (card(wypożyczenie_książek) <=10

[wypożyczenie(stud. UE, k)] **P** (card(wypożyczenie_książek) <=10

[wypożyczona(prac. UE, k)] **O** (zwrot(prac. n-d UE, k) (<=16t))

[wypożyczona(stud. UE, k)] **O** (zwrot(stud. UE, k) (<=4t))

kz = { książki zakupione ze środków finansowych przeznaczonych na badania naukowe}

[wypożyczona(prac. UE, kz)] **O** (zwrot(prac. n-d UE, k) (<=52t))

§ 6 3. Czytelnik może 3-krotnie prolongować wypożyczone książki on-line lub osobiście w wypożyczalni, co pisze się:

[wypożyczona(czytelnik, k)] **P** (prolongata(czytelnik, k) (<=3 razy))

§ 6 4. Prolongata jest możliwa w przypadku, gdy:

- dla żadnej z wypożyczonych książek nie upłynął termin zwrotu,
 $\neg \exists k$ (wypożyczona(c, k) \wedge (data_zwrotu – data_wypożyczenia) <= okres_wypożyczenia)
- konto czytelnika w zintegrowanym systemie biblioteczno-informacyjnym nie jest obciążone nieregulowanymi karami,
 \neg **O** (opłata (c, 20zł, k))
- książka nie jest zarezerwowana przez innego czytelnika.
 $\neg \exists c$ (zarezerwowana(c, k))

Rysunek 3 przedstawia fragment procesu przedłużania wypożyczenia książki.

Wykonanie procesu będzie więc wzbogacone o czynnik określający wiedzę agenta i możliwość realizacji czynności, które podane są w tabelach 1 i 2. Większość funkcji rozmytych fo_{ij} to funkcje klasy singleton.

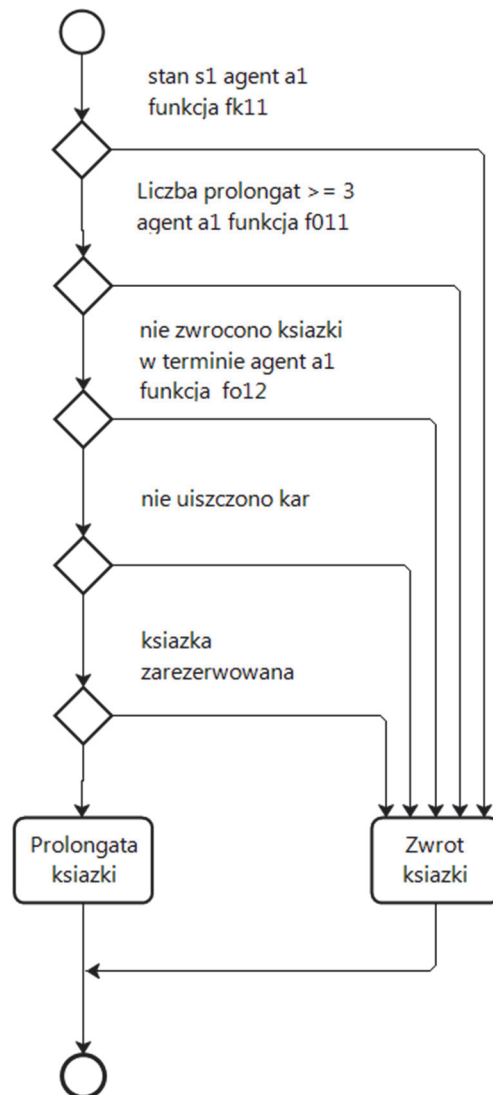
W przypadku, gdy proces obsługuje kilka osób klienci kierując się sobie znanymi powodami (intuicja, historia własnych kontaktów z agentami wykonującymi proces lub też informacja od innych klientów) wybierają kontakt z określonym agentem mając nadzieję, iż sprawa zakończy się sukcesem. Dlatego też sensowne, z punktu widzenia klienta, wydaje się utworzenie zbiorów deontycznych agentów obsługujących proces. Przykładowo:

Prolongujący = {(Adam, 0.7), (Ewa, 0.9), (Jan, 1.0), (Jolanta, 1.0)}

Doświadczeni czytelnicy wybierać będą bibliotekarkę Jana lub Jolantę, aby przedłużyć czas wypożyczenia książki.

6. Podsumowanie

Sprawy przeprowadzane przez rozmaite urzędy i instytucje można rozpatrywać pod różnymi aspektami. Do modelowania procesów biznesowych stosowanych jest wiele technik i notacji jak: BPMN [Piotrowski, 2007], EPC [Gabryelczyk, 2006], sieci Periego [Reisig, 1998] czy UML [Wrycza, Marcinkowski i Wyrzykowski, 2006]. W zależności od tego, z jakiego punktu widzenia badany jest proces dobierane są odpowiednie narzędzia.



Rys. 3. Fragment procesu prolongaty wypożyczenia książki
Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku tak prostego procesu, w którym występuje tylko jeden agent łatwo jest określić szansę zakończenia procedury z sukcesem. Jeśli proces składa się z wielu czynności, których wykonanie zależy od spełnienia skomplikowanych warunków oszacowanie zakończenia procesu z sukcesem będzie bardziej skomplikowane. Ze względu na nieliniowość

operatorów logiki rozmytej może się okazać, iż sukces lub niepowodzenie w wykonaniu procesu zależy będzie od wiedzy i umiejętności agenta o najmniejszych wartościach odpowiednich funkcji f_k oraz f_o .

Interesujące z punktu dalszego rozszerzenia modelu procesu biznesowego wydaje się włączenia czynnika czasu a więc logiki temporalnej.

Bibliografia

1. Gabryelczyk R.: ARIS w modelowaniu procesów biznesu. Difin, Warszawa 2006.
2. Hintikka J.: Knowledge and belief: an introduction to the logic of the two notions. Ithaca New York 1962.
3. Hollingsworth J.D.: Workflow Management Coalition The Workflow Reference Model.
4. Liu, K. and Ong, T. A modelling approach for handling business rules and exceptions, "The Computer Journal", Vol. 42 No. 3, 1999.
5. Piotrowski M.: Notacja modelowania procesów biznesowych. Podstawy. Wydawnictwo btc, Legionowo 2007.
6. Reisig W.: Sieci Petriego. WNT, Warszawa 1998.
7. Sadegh-Zadeh K.: Fuzzy deontics. [in] Seising R., Sanz V. (Eds) Soft Comput. in Humanit. and Soc. Sci., STUDFUZZ 273, pp. 141 – 156, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.
8. Thomas O., Dollmann T., Loos P.: Towards Enhanced Business Process Models Based on Fuzzy Attributes and Rules. [in] Proceedings of the Thirteenth Americas Conference on Information Systems, Keystone, Colorado, USA 2007.
9. Wieringa R.J., Weigand H., Meyer J.-J. Ch., Dignum F.: The inheritance of dynamic and deontic integrity constraints. "Annals of Mathematics and Artificial Intelligence", Vol. 3, pp. 393–428, 1991.
10. Zadeh L.: Outline of a New approach to the analysis of complex systems and decision processes, "IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics" vol. smc-3, no. 1, pp. 28 – 44, 1973.
11. Ziemia Z.: Analityczna teoria obowiązku. Studium z logiki deontycznej. PWN, Warszawa 1983.
12. von Wright G.: Deontic logic. Mind, Vol. 60, 1951, pp. 1 – 15.
13. von Wright G.: An essay in deontic logic and the general theory of action. North-Holland, Amsterdam 1968.
14. Wrycza S., Marcinkowski B., Wyrzykowski K.: Język UML 2.0 w modelowaniu systemów informatycznych. Helion, Gliwice 2006.

-
15. Regulamin udostępniania zbiorów w bibliotekach wydziałowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach <http://www.ue.katowice.pl/jednostki/biblioteki-wydzialowe/zapisy-wypozyczenia-regulamin-bw-ue-dane-do-przelewu.html> (dostęp 10.05.2017).
16. www.bizagi.com