



### Stanisław Kędziński

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach  
Wydział Informatyki i Komunikacji  
Katedra Inżynierii Wiedzy  
stanislaw.kedziński@ue.katowice.pl

## ROZMYTA LOGIKA EPISTEMICZNA W MODELOWANIU PROCESÓW BIZNESOWYCH

**Streszczenie:** Procesy biznesowe wykonywane są przez agentów, którzy podejmują decyzje stanowiące o dalszym przebiegu procesu. Wiedza konkretnego wykonawcy może mieć charakter rozmyty z następujących powodów: złożoności otoczenia, ograniczeń ludzkiej percepcji pojmowania świata, stosowania pojęć o wysokim stopniu abstrakcji, opisywania rzeczywistości w językach naturalnych. Celem wzbogacenia modelu realizacji procesu biznesowego jest włączenie logiki rozmytej charakteryzującej warunki, w jakich podejmowane są decyzje wykonawców. Proces biznesowy opisać można następująco:  $PB = \langle S, A, W, F_{roz} \rangle$ , gdzie:  $S$  – zbiór stanów procesu,  $A$  – zbiór agentów,  $W$  – zbiór warunków logicznych określających przejścia pomiędzy stanami,  $F_{roz}$  – zbiór funkcji rozmytych charakteryzujących wiedzę poszczególnych agentów o stanie procesu.

**Słowa kluczowe:** rozmyta logika epistemiczna, proces biznesowy.

### Wprowadzenie

Do modelowania procesów biznesowych stosowanych jest wiele technik i notacji, jak: BPMN [Piotrowski, 2007], EPC [Gabryelczyk, 2006], sieci Petriego [Reisig, 1998] czy UML [Wrycza, Marcinkowski i Wyrzykowski, 2006]. W zależności od tego, z jakiego punktu widzenia badany jest proces, dobierane są odpowiednie narzędzia. Procesy biznesowe można opisywać i modelować na dwu poziomach: projektowym i realizacyjnym. Przedmiotem, na którym skoncentrowany jest niniejszy artykuł, jest modelowanie przebiegu procesu biznesowego z uwzględnieniem wiedzy aktorów wykonujących poszczególne kroki procesu. Przedstawianiu wiedzy ludzkiej służy logika epistemiczna. Ze względu na nie-

pewność tejże wiedzy celowe wydaje się włączenie aparatu umożliwiającego pełniejsze jej modelowanie, a więc logiki rozmytej.

Proces biznesowy może być przedstawiany w wielu aspektach. Przykładowo, jeśli przyjmie się punkt widzenia projektanta procesów zainteresowanego wypełnianiem przepisów, stosowana jest logika deontyczna, jeśli istotne jest rozpatrywanie czasu, właściwa wydaje się logika temporalna. Współbieżność modelowana jest za pomocą sieci Petriego.

## 1. Rozmytość wiedzy

Procesy biznesowe wykonywane są przez agentów. Uwarunkowane jest to wiedzą agenta o:

- przepisach mówiących o tym, jak proces ma przebiegać;
- aktualnym stanie procesu.

Innymi słowy agent musi wiedzieć (znać przepisy regulujące przebieg procesu), jak ma się zachować w każdym scenariuszu realizacyjnym procesu.

Wiedzę agenta przedstawia się w logice epistemicznej, której podstawowym operatorem jest wiedzieć  $K$ .  $Ka(p)$  czyta się „agent  $a$  wie, że  $p$ ”.

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.

Przykładowo wiedzę konkretnego agenta (tu inspektora) o stanie procesu (stan  $s_1$ ), a precyzyjniej o wartości wybranej danej, można zapisać następująco [Kędziński, 2011]:

$K(\text{inspektor}, s_1, \text{kwota} < 5000)$

$K(\text{inspektor}, s_1, \text{zdolność\_kredytowa} = \text{„słaba”})$

$K(\text{inspektor}, s_1, \text{historia\_kredytowa} = \text{„OK”})$ .

## 2. Niepewność wiedzy agentów

Nie zawsze agent ma stuprocentową pewność co do 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 nad-

miarowi informacji. Dzieje się tak wtedy, gdy stosowane są pojęcia o wysokim stopniu abstrakcji (np.: „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. Pod uwagę musi być wziętych wiele różnych atrybutów, 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;

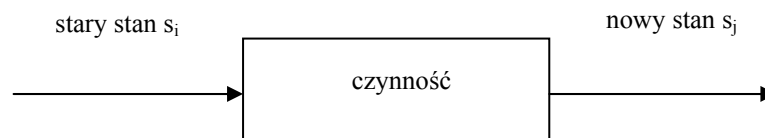
- rozmytość występuje w ludzkich preferencjach oraz koncepcjach celów. W wielu sytuacjach nie można zhierarchizować dokładnie ludzkich preferencji. Prowadzi to do rozmytości w celu systemu, który związany jest z rozmytością informacyjną. Przykładowo cel „znacząca redukcja czasu wykonania” wymaga pomiarów. 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 przyczyniają się do powstawania rozmytości. Dodatkowy wpływ może odgrywać niedokładność w porównaniach, np.: wartość przedmiotu x jest znacznie większa niż przedmiotu y. 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 kolejną przyczyną wewnętrznej rozmytości opisanej powyżej.

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

### 3. Wykonywanie procesu

Wykonanie procesu biznesowego, tak jak i innych procesów, polega na przechodzeniu ze stanu początkowego do stanu końcowego poprzez liczne stany pośrednie. Proces można rozbić na wiele przejść elementarnych ze stanu  $s_i$  do stanu  $s_j$ , co przedstawia rys. 1.

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. 1. Elementarna zmiana stanu w procesie

Dla wzbogacenia opisu przebiegu procesu o aspekt stanu wiedzy agenta (operator  $K$ ) właściwe wydaje się dołączenie rozmycia jego wiedzy w danym momencie  $Kas_i$  (wiedza agenta  $a$  w stanie procesu  $s_i$ ).

Proces biznesowy na etapie jego definiowania można traktować jako trójkę:

$$PB_{\text{def}} = \langle S, A, W \rangle,$$

gdzie:

$S$  – oznacza zbiór stanów, w jakich może znajdować się proces (z dwoma stanami wyróżnionymi  $s_{\text{pocz}}$  oraz  $s_{\text{koniec}}$ );

$A$  – 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, dlatego 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 o stanach

Aktor/Stan	s1	s2	s3	...	sm
a1	f11	f12	f13		f1m
a2	f21	f22	f23		f2m
a3	f31	f32	f33		f3m
...					
an	fn1	fn2	fn3		fnm

Przedstawiona na rys. 1 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 [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.

#### 4. Przykład wykonania procesu

W przykładzie uwzględniono najczęstszy sposób zaliczania semestru przez studenta bez sytuacji szczególnych. Proces przebiega zgodnie z § 20 Regulaminu Studiów Uniwersytetu Ekonomicznego [Regulamin 2014] oraz z § 84 Statutu Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach [Statut 2015].

##### § 20

1. Podstawowym okresem rozliczeniowym osiągnięć studenta jest semestr.

2. Studenta odbywającego część studiów lub praktyki za granicą obowiązuje dwusemestralny okres rozliczeniowy.
3. W przypadkach uzasadnionych programem studiów lub praktyk zagranicznych dziekan może wyznaczyć inny okres rozliczeniowy.
4. Zaliczenie semestru wymaga uzyskania 30 punktów ECTS w systemie akumulacji punktów.
5. Jeżeli student w danym semestrze uzyska większą liczbę punktów ECTS, to będą one zaliczane na poczet następnego semestru.
6. Jeżeli studentowi w systemie akumulacji punktów ECTS w danym semestrze brakuje nie więcej niż 12 punktów ECTS do liczby punktów określonej w ust. 4, może on zaliczyć brakujące przedmioty w trybie poprawkowym w kolejnej sesji egzaminacyjnej, z zastrzeżeniem ust. 7 i 8. W danej sesji egzaminacyjnej studentowi przysługuje jeden termin trybu poprawkowego. Terminy składania deklaracji trybów poprawkowych ustala dziekan.
7. Jeżeli studentowi pierwszego roku studiów pierwszego stopnia w pierwszym semestrze studiów brakuje nie więcej niż 12 punktów ECTS do liczby punktów określonej w ust. 4, może on zaliczyć brakujące przedmioty w trybie poprawkowym w letniej sesji egzaminacyjnej.
8. Jeżeli studentowi pierwszego roku studiów pierwszego stopnia w drugim semestrze studiów brakuje nie więcej niż 12 punktów ECTS do liczby punktów określonej w ust. 4, może on zaliczyć brakujące przedmioty w trybie poprawkowym w tym samym semestrze studiów – nie później niż do 30 września. Jeśli w trybie poprawkowym student ten nie zaliczy drugiego semestru studiów, dziekan podejmuje decyzję o skreśleniu z listy studentów.
9. Jeżeli studentowi, w systemie akumulacji punktów ECTS, w danym semestrze brakuje więcej niż 12 punktów ECTS, dziekan podejmuje decyzję o skreśleniu z listy studentów lub, na wniosek studenta, kieruje go na powtarzanie semestru (z zastrzeżeniem ust. 10).
10. Jeżeli studentowi pierwszego roku studiów pierwszego stopnia w pierwszym lub drugim semestrze studiów brakuje więcej niż 12 punktów ECTS, dziekan podejmuje decyzję o skreśleniu z listy studentów.
11. W przypadku niezaliczenia ostatniego semestru studiów dziekan wyznacza termin trybu poprawkowego w tym samym semestrze studiów – nie później niż do 30 września lub, w przypadku studiów kończących się w semestrze zimowym, do 31 marca. Zasada ta nie dotyczy zaliczenia seminarium dyplomowego na ostatnim semestrze studiów.
12. Dziekan może skierować studenta na powtarzanie semestru jeden raz na studiach pierwszego stopnia i jeden raz na studiach drugiego stopnia.

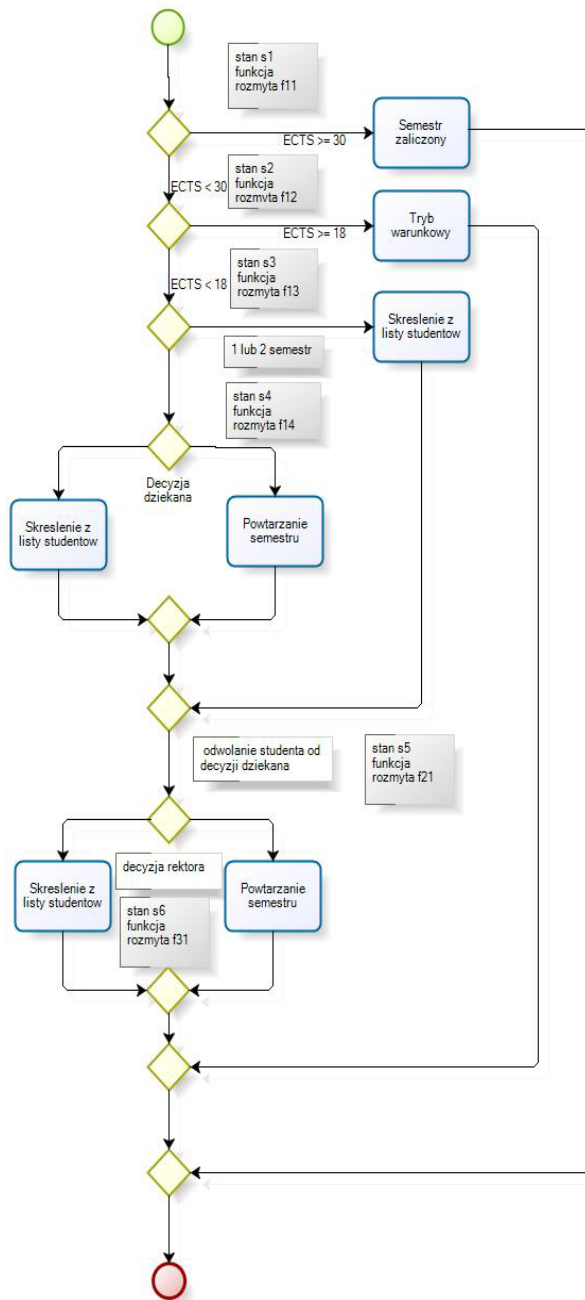
## § 84

1. W sprawach dotyczących porządku i trybu odbywania studiów, nieuregulowanych regulaminem studiów, decyduje rektor.
2. Instancją odwoławczą we wszystkich sprawach objętych regulaminem studiów jest rektor.

Uproszczony model procesu zaliczania semestru przez dziekana oraz reakcji rektora na ewentualne odwołanie studenta w notacji BPMN [Piotrowski, 2007] przedstawiony jest na rys. 2. Na szczególną uwagę zasługują funkcje rozmyte f11 do f14, na podstawie których oraz stanu procesu determinowany jest w fazie realizacji jego dalszy przebieg. Funkcje f11, f12 i f13 to funkcje singleton, zaś funkcja f14 będzie miała istotny wpływ na wykonanie jednej ze ścieżek procesu. Funkcja f21 zależy od determinacji dalszego studiowania odwołującego się studenta, zaś na funkcję f31 istotny wpływ będzie miała polityka uczelni.

**Podsumowanie**

Modelowanie procesów biznesowych może angażować różne notacje i techniki w zależności od celu, jakiemu ma służyć model (struktura, działanie, współbieżność), czynnika jakościowego lub ilościowego (poprawność projektu, symulacja czasu wykonania), wreszcie upodobań projektanta albo też elegancji zapisu. Jednym z obiecujących naukowo i eleganckich notacyjnie jest zapis w logikach nieklasycznych. Pozwalają one na ujmowanie wielu aspektów rozpatrywanych procesów. Logika deontyczna wspomaga modelowanie przepisów determinujących przebieg procesu biznesowego, logika temporalna wspiera opis wymagań czasowych nałożonych na proces, zaś logika epistemiczna precyzuje stan wiedzy agentów realizujących proces. Zaproponowane wzmocnienie logiki epistemicznej o funkcje rozmyte precyzuje opis wykonywania procesu o rozmyty stan wiedzy agentów. Kolejnym krokiem w doskonaleniu modelu procesu biznesowego powinno być włączenie czynnika czasu – logiki temporalnej.



Rys. 2. Przebieg procesu zaliczania semestru (BPMN)



## Literatura

- Bi H., Zhao J. (2004), *Applying propositional logic to workflow verification*, „Information Technology and Management”, Vol. 5, No. 3-4.
- Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0* (2011), <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0> (dostęp 26.05.2015).
- Gabryelczyk R. (2006), *ARIS w modelowaniu procesów biznesu*, Difin, Warszawa.
- Kędzierski S. (2012), *Modelowanie działania agentów w procesie biznesowym z wykorzystaniem logiki epistemicznej* [w:] J. Gołuchowski, A. Frączkiewicz-Wronka (red.), *Technologie wiedzy w zarządzaniu publicznym '11*, Prace Naukowe UE w Katowicach, Katowice.
- Piotrowski M. (2007), *Notacja modelowania procesów biznesowych. Podstawy*, Wydawnictwo btc, Legionowo.
- Regulamin studiów w Uniwersytecie Ekonomicznym w Katowicach uchwalony przez Senat Uniwersytetu w dniu 24 kwietnia 2014 r.
- Reisig W. (1998), *Sieci Petriego*, WNT, Warszawa.
- Statut Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach uchwalony 25 czerwca 2015 r.
- Thomas O., Dollmann T., Loos P. (2007), *Towards Enhanced Business Process Models Based on Fuzzy Attributes and Rules*, Proceedings of the Thirteenth Americas Conference on Information Systems, Keystone, Colorado.
- Wrycza S., Marcinkowski B., Wyrzykowski K. (2006), *Język UML 2.0 w modelowaniu systemów informatycznych*, Helion, Gliwice.
- Zadeh L. (1973), *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.

## FUZZY EPISTEMIC LOGIC IN BUSINESS PROCESS MODELING

**Summary:** Business processes are realized by agents. Agents make decisions in accordance with their personal knowledge. 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. The epistemic fuzzy logic is used to enrich modelling execution of business process. Business process can be modelled as  $\langle S, A, W, F_{fuz} \rangle$  where  $S$  is a set of possible states,  $A$  is a set of agents engaged in process,  $W$  – set of condition describing states change and  $F_{fuz}$  is set of fuzzy functions which characterized level of knowledge agents about process.

**Keywords:** fuzzy epistemic logic, business process.