

Monika Kaczmarek

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Wydział Informatyki i Gospodarki Elektronicznej,
Katedra Informatyki Ekonomicznej
monika.kaczmarek@kie.ue.poznan.pl

DOBÓR USŁUG SIECIOWYCH DO PROCESÓW BIZNESOWYCH NA RYNKACH ELEKTRONICZNYCH

Streszczenie: Artykuł jest poświęcony problemowi zautomatyzowanego doboru usług sieciowych do abstrakcyjnych procesów biznesowych. Dobór semantycznych usług sieciowych do procesu można zdefiniować jako automatyczne przypisanie do każdej czynności w abstrakcyjnym procesie biznesowym semantycznej usługi sieciowej realizującej zadanie przypisane do danej czynności, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań biznesowych nałożonych na fragmenty procesu, jak i na cały proces. W artykule zaprezentowano opracowaną metodę doboru operującą na automatycznie przetwarzalnym modelu informacyjnym obejmującym zarówno techniczne, jak i biznesowe artefakty oraz uwzględniającą zależności pomiędzy usługami oraz partnerami biznesowymi.

Słowa kluczowe: dobór usług do procesu, semantyczne usługi sieciowe, architektura usługowa.

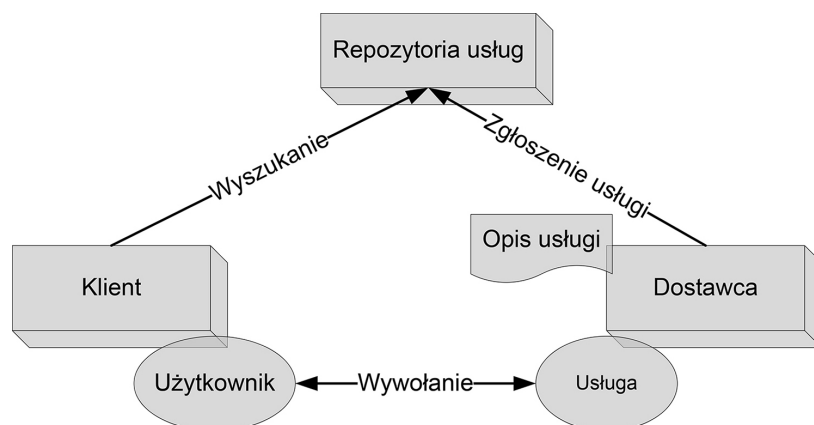
Klasyfikacja JEL: D83, D81, C61, C52, L21.

Wstęp

Rozwój globalnego rynku, a wraz z nim przedsiębiorstw działających w wielu krajach, pociąga za sobą wzrost złożoności operacji dokonywanych przez podmioty gospodarcze. Zjawisko to, stymulowane wdrażaniem nowoczesnych strategii biznesowych mających na celu wzrost efektywności prowadzonej działalności oraz różnorodnością relacji między partnerami biznesowymi, pogłębia się. W tych warunkach przewaga konkurencyjna przedsiębiorstw zależy od ich umiejętności zaspokajania zmieniających się potrzeb i wymagań klientów, dostosowywania swoich procesów do zmiennych warunków otoczenia oraz umiejętności efektywnej współpracy z partnerami biznesowymi [Stankiewicz 2005]. Z tego względu współczesne systemy informatyczne, wspierające działalność przedsiębiorstw, powinny być modyfikowalne i pozwalać na szybkie wprowadzanie zmian do istniejących procesów biznesowych oraz na implementację nowych [Vitvar i in. 2007].

Proces biznesowy to sekwencja czynności realizowanych przez podmiot gospodarczy prowadząca do uzyskania określonego rezultatu [Aalst i in. 2003]. Podzbiór procesów biznesowych, których wykonanie można zautomatyzować poprzez wykorzystanie systemów informatycznych, określamy mianem przepływów pracy (ang. *workflow*)¹. Monolityczne aplikacje, wykorzystywane do automatyzacji procesów, funkcjonujące do tej pory w przedsiębiorstwach, nie miały atrybutu modyfikowalności, a koszty ich modyfikacji sięgały około 70% kosztów ich utrzymania [Frączkowski i Mazur 2006]. System informatyczny nowoczesnej organizacji współpracującej z wieloma partnerami przyjmuje coraz częściej postać rozproszonego systemu informatycznego integrującego funkcjonalności dostarczane przez różnych partnerów, a zaprojektowanego zgodnie z paradygmatem architektury usługowej (ang. *Service Oriented Architecture* – SOA) [Bih 2006].

Pojęcie SOA obejmuje zestaw metod organizacyjnych i technicznych mających na celu lepsze powiązanie biznesowej strony organizacji z jej zasobami informatycznymi. Architektura usługowa to paradygmat organizowania i wykorzystywania rozproszonych usług, które mogą się znajdować pod kontrolą różnych podmiotów [OASIS 2008]. Model ten obejmuje trzech aktorów: dostawcę usługi, repozytorium usług oraz klienta (rysunek 1).



Rysunek 1. Składowe paradygmatu architektury usługowej

Podstawowymi składnikami tak rozumianego systemu informacyjnego mogą być usługi sieciowe [Barros, Dumas i Bruza 2005] (ang. *Web services*) definiowane jako funkcjonalności udostępniane w Internecie z wykorzystaniem otwartych standardów. Rosnąca popularność paradygmatu architektury usługowej oraz technologii usług sieciowych prowadzi do powstania nowych modeli świadczenia usług (np. *Software*

¹ W artykule pojęcia proces biznesowy oraz przepływ pracy są wykorzystywane zamiennie, za każdym razem odnoszą się do procesu biznesowego, który można zautomatyzować.

as a Service – SaaS) wraz z elektronicznymi rynkami dostawców usług [Abramowicz 2008; Dan i in. 2004; Papazoglou i Heuvel 2007].

Systematycznie zwiększa się liczba oferowanych usług sieciowych [Al-Masri i Mahmoud 2008]. Powstaje ekosystem usług (ang. *service ecosystem*) [Barros, Dumas i Bruza 2005], czyli elektroniczny rynek, w ramach którego grupa partnerów oferuje swoje usługi. Przedsiębiorstwa, wdrażając procesy biznesowe, nie korzystają już tylko z wewnętrznych zasobów firmy, ale aktywnie szukają usług (w konsekwencji również partnerów biznesowych) na rynkach elektronicznych². Ponadto prowadzone są intensywne badania nad SOA i technologią usług sieciowych, w rezultacie których powstają platformy wspierające operacje wykonywane z wykorzystaniem usług sieciowych [Abramowicz i in. 2008; Kuropka i Weske 2006; Papazoglou i Georgakopoulos 2003]. Przykładowymi funkcjami takich platform są wyszukiwanie usług sieciowych na rynkach elektronicznych, automatyczne łączenie usług oferowanych przez zewnętrznych partnerów w procesy biznesowe oraz dobór usług do abstrakcyjnych procesów, będący tematem niniejszego artykułu.

Celem artykułu jest przedstawienie problemu doboru oraz dwustopniowej metody doboru, która powstała jako rezultat badań prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej [Kaczmarek 2009]. W pierwszej sekcji zdefiniowane zostały problem doboru oraz wyzwania i wymagania z nim związane. Opracowana metoda doboru, opierająca na automatycznie przetwarzalnym modelu informacyjnym obejmującym zarówno techniczne, jak i biznesowe artefakty oraz uwzględniająca zależności pomiędzy usługami oraz partnerami biznesowymi, została przedstawiona w sekcji 2. Artykuł kończy się podsumowaniem oraz wnioskami z przeprowadzonych badań.

1. Problem automatycznego doboru usług

Paradygmat architektury usługowej w połączeniu z technologią usług sieciowych wykorzystywane są do implementacji procesów biznesowych w przedsiębiorstwie. Poszczególne czynności będące składowymi przepływu pracy zostają przypisane do usług sieciowych istniejących w przedsiębiorstwie bądź pochodzących od zewnętrznych partnerów, a oferowanych na rynkach elektronicznych. Własności i jakość tak zdefiniowanego procesu zależą od wartości atrybutów przypisanych do niego usług.

Usługę sieciową charakteryzują dwie kategorie atrybutów: atrybuty funkcjonalne określające, co dana usługa robi, oraz atrybuty pozafunkcjonalne, czyli cechy wskazujące na ograniczenia funkcjonalności artefaktu [O'Sullivan, Edmond i Hofstede 2002] (np. dostępność usługi, cena usługi). Na rynkach elektronicznych różni dostawcy mogą oferować usługi dostarczające tę samą funkcjonalność [Abramowicz

² Architektura usługowa w połączeniu z technologią usług sieciowych pozwalają na efektywną realizację idei outsourcingu, co umożliwia przedsiębiorstwu skupienie się wyłącznie na jego kluczowych kompetencjach [Dan i in. 2004].

i in. 2007] bądź jeden dostawca może oferować tę samą funkcjonalność w różnym standardzie [Lamparter i in. 2007; Lamparter i Schnizler 2006]. Elementem różniącym usługi oferujące tę samą funkcjonalność są charakteryzujące je wartości atrybutów pozafunkcjonalnych [Abramowicz i in. 2005].

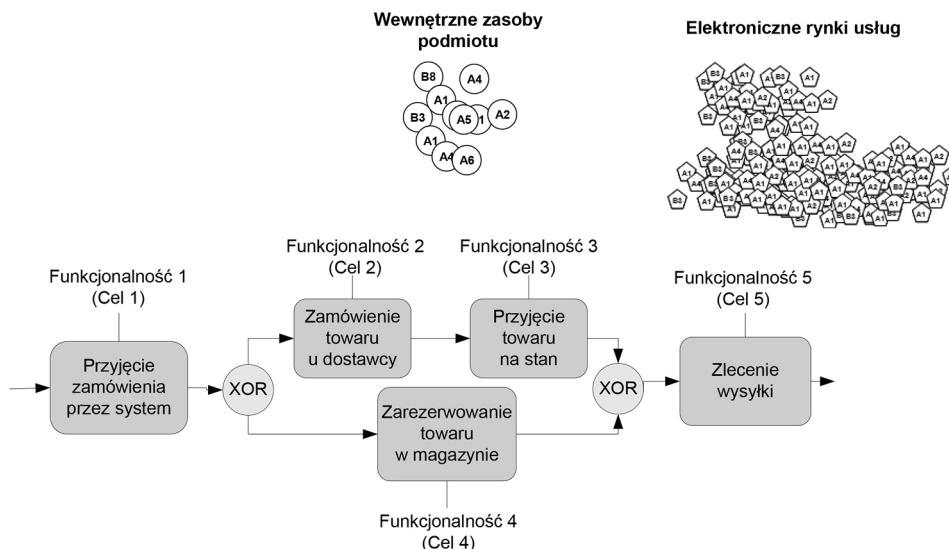
Początkowo implementowanie procesów biznesowych z wykorzystaniem usług było czasochłonne i polegało na definiowaniu sztywnej struktury procesu poprzez przypisanie konkretnych usług do wszystkich etapów procesu. W dalszej kolejności, wraz z pojawieniem się coraz większej liczby usług sieciowych dostępnych na rynku, obszar badań skupiający się na automatycznej kompozycji usług sieciowych zaczął się intensywnie rozwijać. Powstały platformy wykorzystujące semantykę oraz umożliwiające przeprowadzenie automatycznej kompozycji usług sieciowych w złożone aplikacje, czyli procesy biznesowe [Dustdar i Schreiner 2005]. Większość inicjatyw w zakresie kompozycji adaptuje algorytmy planowania wykorzystywane w dziedzinie sztucznej inteligencji [Hoffmann i in. 2007] oraz operuje na semantycznej reprezentacji usług sieciowych, czyli semantycznych usługach sieciowych [Fensel, Bussler i Maedche 2002].

Podobnie jak w przypadku usług sieciowych, tak samo w przypadku semantycznych usług sieciowych może istnieć wiele usług implementujących tę samą funkcjonalność. Zależność ta, w połączeniu z obserwowaną zmiennością środowiska (nowi dostawcy i nowe usługi pojawiające się na rynkach elektronicznych oraz zmiany w wartościach pozafunkcjonalnych atrybutów usług, takich jak cena, szybkość działania) [Papazoglou i Heuvel 2007], pociąga za sobą potrzebę modelowania abstrakcyjnych procesów biznesowych. W abstrakcyjnych procesach biznesowych do poszczególnych czynności w procesie przypisana jest specyfikacja usługi oznaczająca klasę semantycznych usług sieciowych implementujących tę samą funkcjonalność [Kuropka i Weske 2006], a nie usługa konkretnego dostawcy (rysunek 2). Dopiero po przekazaniu procesu do wykonania, na podstawie aktualnego stanu rynku i wartości parametrów poszczególnych usług, specyfikacja usługi zostaje zastąpiona semantyczną usługą sieciową.

W zależności od tego, które usługi zostaną wykorzystane przy wykonaniu procesu, instancje procesu będą się różniły w zakresie wartości atrybutów procesu, takich jak cena czy czas, i będą spełniać różne wymagania biznesowe [Born i in. 2007; Kuropka i in. 2008].

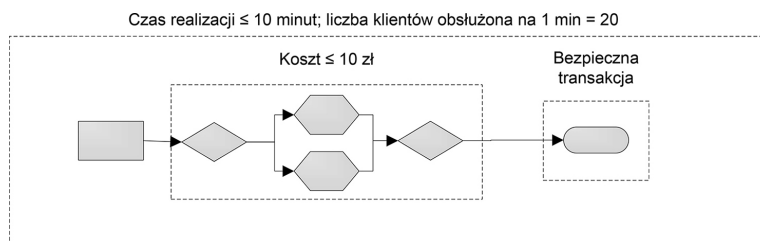
Takie podejście (tzn. definiowanie abstrakcyjnych procesów biznesowych) zapewnia wymaganą adaptowalność procesów do zmian wewnątrz firmy i na rynkach elektronicznych usług, prowadzi jednak do powstania problemu automatycznego doboru usług do procesu.

Dobór semantycznych usług sieciowych do procesu można więc zdefiniować jako automatyczne przypisanie do każdej czynności w abstrakcyjnym procesie biznesowym semantycznej usługi sieciowej realizującej zadania przypisane do danej czynności, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań biznesowych nałożonych zarówno na fragmenty procesu, jak i na cały proces [Lamparter i Ankolekar 2007].



Rysunek 2. Abstrakcyjny proces biznesowy

Wspomniane wymagania biznesowe wynikają z regulacji wewnętrznych i zewnętrznych przedsiębiorstwa, czyli z polityki organizacji oraz związanych z nią reguł biznesowych, na przykład norm prawnych narzuconych na przedsiębiorstwo (rysunek 3).



Rysunek 3. Przykładowe wymagania biznesowe zdefiniowane dla procesu

Wymagania biznesowe uwzględniają również oczekiwane wartości kluczowych wskaźników wydajności (ang. *Key Performance Indicators* – KPI) [Schmelzer i Sesselmann 2006] przypisane do procesów. Równie istotne jest rozważenie kontekstu przedsiębiorstwa, zaufania do konkretnych partnerów biznesowych i istnienia umów definiujących zakres współpracy czy też poziom świadczonych usług (ang. *Service Level Agreements* – SLA).

Dobór oznacza konieczność podjęcia decyzji, która usługa powinna być wykorzystana do zaimplementowania danej czynności lub który zestaw usług jest najbardziej odpowiedni do realizacji całego procesu. Dobór, będąc typem decyzji, wymaga więc definicji opcji (usług oraz ich charakterystyki), kryteriów służących

do oceny opcji (wymagań biznesowych) oraz procedury podejmowania decyzji [Lamparter i Ankolekar 2007].

Przeprowadzona została analiza wybranych metod i stosowanych technik z uwzględnieniem dwóch kryteriów: wykorzystywanego modelu informacyjnego (sposobu opisu opcji – usług i ich charakterystyki) oraz stosowanej techniki doboru (procedury podejmowania decyzji).

Model informacyjny obejmuje takie aspekty, jak: liczbę oraz sposób reprezentacji atrybutów usług, na którym dana technika doboru operuje, sposób pozyskiwania wartości atrybutów usług, metody agregacji wartości atrybutów oraz kwestia uwzględnienia i reprezentacji preferencji użytkownika oraz ograniczeń przypisanych do procesu. Większość istniejących podejść jako kryteria doboru stosuje głównie techniczne aspekty usług (m.in. czas odpowiedzi, czas wykonania usługi), cenę [Schroepfer i in. 2007] oraz, w niewielu przypadkach, inne, jak na przykład zaufanie [Galizia, Gugliotta i Domingue 2007]. Metody doboru operujące na semantycznych usługach sieciowych wykorzystują nie tylko syntaktycznie wyrażony model parametrów pozafunkcyjnych, ale coraz częściej wykorzystują jego zontologizowaną wersję [Schroepfer i in. 2007]. W tym wypadku ontologia wykorzystywana jest nie tylko do reprezentacji parametrów pozafunkcyjnych, ale również do opisu wymagań użytkowników czy też właścicieli procesu [Maximilien i Singh 2004].

Zazwyczaj ontologia parametrów pozafunkcyjnych, stosowana podczas procesu doboru, zawiera: pojęcia wskazujące na pozafunkcyjne parametry (NFP) oraz relacje między parametrami pokazujące, jak wzrost bądź spadek ich wartości wpływa na ogólnie rozumianą jakość usługi [Maximilien i Singh 2004]. Niektórzy badacze używają mniej wyszukanych ontologii. Na przykład J. Day i R. Deters [2004] wykorzystywali ontologię stanowiącą jedynie prostą hierarchię NFP. Hierarchia ta dzieli się na dwie grupy: kryteria specyficzne dla samej usługi (obejmujące zarówno parametry ogólne, jak i dziedzinowe) i kryteria określone na żądanie użytkownika (np. czas potrzebny na obsługę żądania użytkownika). Kompleksowy przegląd i porównanie różnych podejść znajduje się w pracy M. Kaczmarek [2009].

Technika doboru obejmuje takie kwestie, jak moment przeprowadzenia doboru, zasięg optymalizacji (lokalna na poziomie pojedynczych usług czy też globalna na poziomie procesu) oraz wykorzystywaną metodę optymalizacji (np. programowanie liniowe czy algorytmy genetyczne).

Przeprowadzona analiza literaturowa pozwoliła zidentyfikować najważniejsze wyzwania związane z automatycznym przypisaniem do każdej czynności w abstrakcyjnym procesie biznesowym semantycznej usługi sieciowej realizującej zadanie przypisane do danej czynności przy jednoczesnym spełnieniu wymagań biznesowych nałożonych zarówno na fragmenty procesu, jak i na cały proces. Wyzwania te są związane z:

- potencjalnie dużą liczbą semantycznych usług sieciowych, spośród których należy dokonać wyboru [Yu, Zhang i Lin 2007], i ograniczonym czasem na podjęcie decyzji,

- różnymi i zmieniającymi się w czasie wymaganiami podmiotów gospodarczych dotyczącymi całego procesu i jego fragmentów [Weber i in. 2008],
- opracowaniem automatycznie przetwarzalnej reprezentacji wymagań biznesowych (trudno formalizowanych [Zhang i Li 2004]), a zwłaszcza będących ich częścią reguł biznesowych,
- koniecznością uwzględnienia powiązań pomiędzy usługami (np. jeśli wybrana została usługa A, to musi też zostać wybrana usługa B),
- koniecznością przeprowadzenia analizy wielokryterialnej i uwzględnienia zależności pomiędzy kryteriami,
- zapewnieniem jak najwyższej wartości oceny procesu jako całości, a nie jego poszczególnych elementów składowych; wiąże się to z koniecznością wzięcia pod uwagę struktury procesu i występujących w nim wzorców, na przykład rozgałęzień alternatywnych, równoległych, pętli [Aalst i in. 2003],
- występowaniem różnych poziomów abstrakcji w zakresie opisu cech pozafunkcjonalnych usług i procesów biznesowych oraz wynikającą z nich potrzebą dekompozycji wymagań zdefiniowanych na wyższym poziomie na poziom techniczny; analitycy biznesowi operują na poziomie KPI, usługi sieciowe charakteryzowane są poprzez techniczne parametry, takie jak czas odpowiedzi serwera.

Tabela 1. Zidentyfikowane oczekiwania uczestników rynku

Oczekiwania uczestników rynku	Istniejące podejścia
Wykorzystanie elastycznego, rozszerzalnego oraz powszechnie akceptowanego modelu pozafunkcjonalnych atrybutów usług	–
Uwzględnienie perspektywy biznesowej podczas przeprowadzania doboru	+/-
Wykorzystanie przejrzystego i wiarygodnego sposobu pozyskiwania wartości atrybutów pozafunkcjonalnych usług	+
Wykorzystanie bogatego profilu użytkownika uwzględniającego wymagania i preferencje biznesowe (personalizacja)	+/-
Elastyczność w specyfikowaniu kryteriów doboru oraz wsparcie w przejściu pomiędzy różnymi perspektywami (perspektywa biznesowa a perspektywa techniczna)	–
Uwzględnienie kontekstu organizacji i zależności pomiędzy usługami	–
Stosowanie mechanizmów cechujących się precyzją, skalowalnością i efektywnością obliczeniową	+
Zapewnienie automatyzacji przeprowadzonych operacji w zakresie określonym przez wymagania	+/-

Objaśnienia: „–” oznacza, że dane oczekiwanie nie jest spełnione przez przeanalizowane podejście, „+” – że dane oczekiwanie jest uwzględnione w ramach przeanalizowanych podejść, „+/-” – że oczekiwanie częściowo uwzględniono.

W toku badań została przeprowadzona analiza mająca na celu zdefiniowanie oczekiwań uczestników elektronicznych rynków semantycznych usług sieciowych odnośnie do metod doboru [Kaczmarek 2009]. Wspomniane wymagania zostały zdefiniowane na podstawie studium literaturowego, doświadczenia zdobytego przy pracy w projektach badawczych, w centrum badawczym jednego z największych dostawców systemów zintegrowanych, oraz na podstawie przeprowadzonego badania panelowego wśród partnerów biznesowych wdrażających rozwiązania wykorzystujące architekturę usługową oraz semantyczne usługi sieciowe. Przeprowadzone badanie panelowe miało na celu potwierdzenie i uszczegółowienie wniosków wynikających z analizy literaturowej i charakteryzowało się celowym doбором próby. Zidentyfikowane wymagania uczestników rynku co do metod doboru podsumowuje tabela 1.

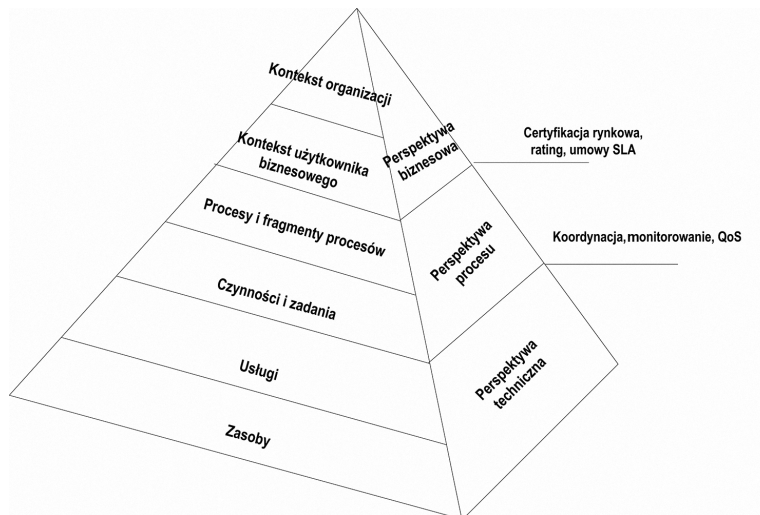
M. Kaczmarek [2009] w przeglądzie literatury oraz istniejących rozwiązań wykazała, że współczesne osiągnięcia w dziedzinie automatycznego doboru semantycznych usług sieciowych do procesów biznesowych nie pozwalają na przeprowadzenie automatycznego doboru, którego rezultaty spełniałyby wymagania uczestników rynku (tabela 1). W szczególności brakuje mechanizmów uwzględniających perspektywę biznesową (m.in. warunki świadczenia usług) na etapie definiowania wymagań oraz kryteriów doboru, a także stosowanego mechanizmu doboru.

2. Dwustopniowa metoda doboru

Zidentyfikowane wymagania oraz wnioski powstałe po zapoznaniu się z zebraną literaturą dotyczącą doboru semantycznych usług sieciowych pozwoliły ukierunkować dalsze badania nad proponowaną metodą doboru w zakresie formalnego przedstawienia informacji o procesie i o usłudze oraz oczekiwań właściciela procesu, a także w zakresie i techniki doboru pozwalającej na automatyczny dobór zgodnie z wymaganiami/regułami biznesowymi. Te dwa elementy – model informacyjny oraz metoda doboru – zostały w sposób syntetyczny przedstawione w tej sekcji.

2.1. Ontologiczny model informacyjny

Uwzględniając zidentyfikowane oczekiwania uczestników rynku, zaproponowano ontologiczny model informacyjny pozwalający na powiązanie czterech poziomów abstrakcji: strategicznego poziomu biznesowego, operacyjnego poziomu biznesowego, technicznego poziomu procesowego i technicznego poziomu usługowego (rysunek 4). Ten model jest kluczowy dla automatycznego doboru usług sieciowych do procesów biznesowych, gdyż pozwala menedżerom operującym na dwóch pierwszych poziomach wyrazić wymagania biznesowe niezbędne do optymalizacji doboru usług sieciowych w kategoriach znanych im KPI, które są automatycznie tłumaczone na parametry usług sieciowych. Dzięki tak zbudowanemu modelowi



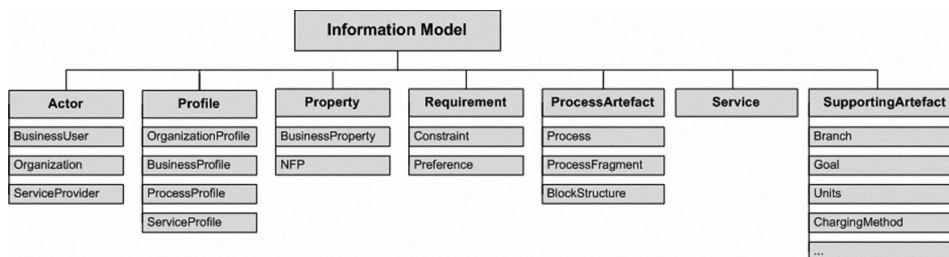
Rysunek 4. Model informacyjny – różne perspektywy

optymalizacja jest dokonywana w odniesieniu do całego procesu biznesowego, a nie jego poszczególnych fragmentów czy też pojedynczych usług, co ma istotne znaczenie ekonomiczne.

Opracowany ontologiczny model odwzorowuje pojęcia ekonomiczne, za pomocą których są wyrażane wymagania odnośnie do procesów biznesowych, na pojęcia, za pomocą których charakteryzowane są usługi sieciowe na rynkach. Zaproponowany model semantyczny pozwala wyrazić następujące elementy (rysunek 5):

- kontekst organizacji, m.in. partnerów biznesowych, ogólne cele firmy,
- kontekst projektanta, m.in. preferencje danego działu, osoby,
- kontekst procesu, m.in. preferencje i warunki ograniczające,
- kontekst usług, m.in. profile usług oraz ich charakterystykę.

Model został zaprojektowany w taki sposób, aby był rozszerzalny i można go było zastosować w różnych branżach. W wersji podstawowej utworzona ontologia obejmuje 110 pojęć, 70 instancji, aksjomaty i relacje. Pytania kompetencji wyrażone



Rysunek 5. Model informacyjny – elementy

w języku naturalnym, które zostały wykorzystane w celu zidentyfikowania, jaki wycinek świata rzeczywistego powinien zostać uwzględniony w modelu, zostały na dalszym etapie badań przetłumaczone na język formalny i posłużyły do sprawdzenia kompletności i spójności modelu [Kaczmarek 2009].

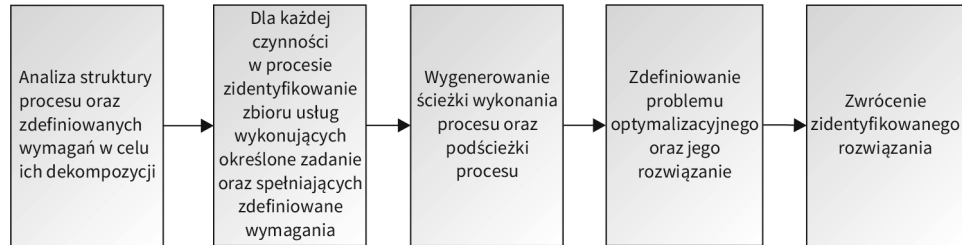
2.2. Dwustopniowa metoda doboru na rynku elektronicznym

Na podstawie analizy obecnego stanu wiedzy oraz zidentyfikowanych wymagań uczestników rynku opracowana została nowa metoda doboru. Zaproponowana dwustopniowa metoda doboru jest integralną funkcjonalnością elektronicznej platformy semantycznych usług sieciowych, tuż obok mechanizmów wyszukiwania usług, ich kompozycji czy też tworzenia profili usług.

Zdając sobie sprawę z szybkiej dezaktualizacji wartości parametrów używanych w optymalizacji w warunkach bardzo dynamicznych rynków elektronicznych oraz z błędów, jakim są obciążone wartości deklarowane publicznie przez dostawców usług, a także ograniczeń czasowych nałożonych na czas wykonania procesu, zaproponowane zostało dwukrotne użycie metody optymalizacji.

Pierwszy raz metoda optymalizacji jest używana w fazie projektowania procesów biznesowych w odniesieniu do deklarowanych wartości parametrów, gdzie następuje dekompozycja wymagań biznesowych z wykorzystaniem semantycznego modelu informacyjnego oraz zidentyfikowanie zbioru semantycznych usług sieciowych dla każdego zadania w procesie, które spełniają zdekomponowane ograniczenia nałożone na cechy statyczne (np. osoba dostawcy usługi) oraz rzadko się zmieniają (np. cena). Następnie przeprowadzony jest optymalny dobór usług z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej. Rezultatem pierwszego kroku jest optymalne przypisanie usług do procesu oraz lista rankingowa dla każdego zadania wskazująca, które usługi również wchodzi w skład rozwiązania dopuszczalnego. Drugi raz optymalizacja następuje bezpośrednio przed wykonaniem procesu, jeśli w środowisku zaszły zmiany, w odniesieniu do wartości aktualnych usług, przy uwzględnieniu kontekstu. W drugim kroku optymalizacja operuje na już zdekomponowanych wymaganiach oraz problemie doboru sformułowanym w poprzednim kroku – stąd czas znalezienia rozwiązania jest krótszy.

Zaproponowana technika doboru usług (rysunek 6) wykorzystuje dający się automatycznie przetworzyć model informacyjny obejmujący zarówno techniczne, jak i biznesowe byty oraz uwzględnia zależności pomiędzy usługami oraz partnerami biznesowymi. Zdefiniowana metoda pozwala na modelowanie wymagań sterujących doborem usług na poziomie biznesowym, a nie technicznym. Następnie przeprowadzana jest sterowana regułami dekompozycja wymagań biznesowych. Proponowana metoda uchyla założenie o braku zależności pomiędzy usługami oraz bierze pod uwagę warunki świadczenia usług określone przez dostawców. Zaproponowana technika doboru uwzględnia również strukturę procesu (sekwencję, AND, OR, XOR, pętle) oraz potrafi ocenić wartość procesu (w rozumieniu wartości



Rysunek 6. Algorytm doboru

interesujących analityka atrybutów procesu) na podstawie wartości atrybutów poszczególnych usług wchodzących w jego skład. Wykorzystane metody agregacji zależą od kategorii atrybutu oraz uwzględniają prawdopodobieństwo wykonania danej ścieżki procesu w przypadku struktur OR lub XOR (tabela 2).

Tabela 2. Metody agregacji

Cecha	Sekwencja	AND	XOR	Pętla
Cena	$\sum_{i=1}^N q_{\text{price}}(s_i)$	$\sum_{i=1}^N q_{\text{price}}(s_i)$	$\sum_{i=1}^N p_i q_{\text{price}}(s_i),$ gdzie p_i oznacza prawdopodobieństwo wykonania procesu i -tą ścieżką $\max(q_{\text{price}}(s_i))$	$k * q_{\text{price}}(s_i),$ gdzie k oznacza przewidywaną liczbę wykonań pętli
Czas	$\sum_{i=1}^N q_{\text{duration}}(s_i)$	$\sum_{i=1}^N q_{\text{duration}}(s_i^{CPA})$ CPA – ścieżka krytyczna procesu	$\sum_{i=1}^N p_i q_{\text{duration}}(s_i)$ lub $\max(q_{\text{duration}}(s_i))$	$k * q_{\text{duration}}(s_i)$
Niezawodność	$\prod_{i=1}^N (q_{\text{reliability}}(s_i))$	$\prod_{i=1}^N (q_{\text{reliability}}(s_i))$	$\prod_{i=1}^N (q_{\text{reliability}}(s_i))$ lub $\sum_{i=1}^N p_i q_{\text{reliability}}(s_i)$	$\prod_{i=1}^k (q_{\text{reliability}}(s_i))$

Z wykorzystaniem dwustopniowej metody doboru optymalizowany jest proces jako całość, a nie jego poszczególne ścieżki wykonania. Dwustopniowa metoda doboru jest niezależna od reprezentacji czy też konkretnych kryteriów doboru. Korzystając z zaproponowanego modelu, sformułowano problem optymalizacyjny, który można rozwiązać, stosując programowanie liniowe całkowitoliczbowe. Po-
przez wykorzystanie odpowiednich algorytmów, dobór prowadzi do optymalnego bądź quasi-optymalnego (w przypadku wykorzystania algorytmów opartych na heurystykach) przypisania usług do procesu.

2.3. Weryfikacja opracowanych artefaktów

Weryfikacja wyników pracy została podzielona na kilka etapów. W kroku pierwszym sprawdzona została poprawność utworzonego modelu informacyjnego oraz wyników zwracanych przez zaproponowaną metodę. W drugim kroku sprawdzono jakość proponowanej metody w porównaniu z istniejącymi rozwiązaniami poprzez przeprowadzenie eksperymentu na wygenerowanych danych testowych oraz studium przypadków.

Kompletność i spójność utworzonego semantycznego modelu informacyjnego została sprawdzona z wykorzystaniem formalnych pytań kompetencji i silnika wnioskującego (ang. *reasoner*). Przeprowadzona ewaluacja wykazała, że model pozwala opisać wszystkie niezbędne artefakty oraz że jest ekspresywny i spójny (rysunek 7).



Rysunek 7. Wynik zwrócony przez silnik wnioskujący

Źródło: Zrzut ekranu programu WSMO studio

Dodatkowo przeprowadzono dwa studia przypadku z dziedziny telekomunikacyjnej odzwierciedlające rzeczywiste procesy, które zostały opisane i udokumentowane w ramach dwóch europejskich projektów badawczych, a mianowicie Adaptive Services Grid (ASG)³ i Semantics Utilised for Process Management within and between Enterprises (SUPER)⁴.

³ Szczegóły dostępne pod adresem <http://asg-platform.org> [dostęp: 10.10.2012].

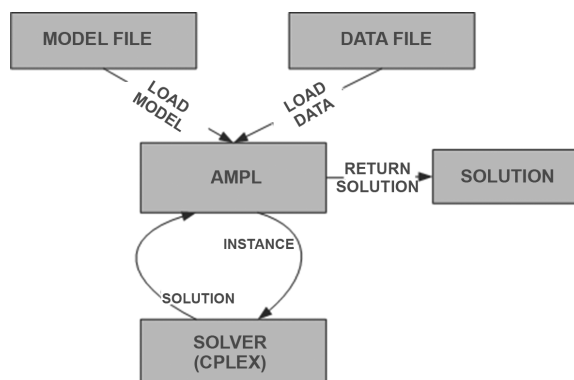
⁴ Szczegóły dostępne pod adresem <http://ip-super.org> [dostęp: 10.10.2012].

Przeprowadzone studia przypadków wykazały, że do przeprowadzenia automatycznego doboru można wykorzystać zarówno zaproponowany model, jak i metodę. Ponadto pokazane zostało, że zaproponowany model rzeczywiście jest rozszerzalny (można go dostosować do potrzeb dowolnej branży), a dodanie nowych pojęć specyficznych dla danej branży, z której pochodzi proces, nie ma negatywnego wpływu na możliwość przeprowadzenia doboru.

Warunkiem niezbędnym do przeprowadzenia eksperymentów była dostępność dużej liczby semantycznych usług sieciowych wraz z opisem ich wartości atrybutów pozafunkcjonalnych. Dlatego konieczne było utworzenie zbioru semantycznych usług sieciowych wraz z opisami wartości ich parametrów. Ze względu na brak dostępu do rzeczywistych usług, wartości ich atrybutów zostały wygenerowane zgodnie ze zidentyfikowanym rozkładem, z uwzględnieniem typowych wartości poszczególnych atrybutów opisanych w literaturze i zależności pomiędzy poszczególnymi atrybutami.

W eksperymencie wzięto pod uwagę procesy o różnej strukturze, z różnymi warunkami ograniczającymi nałożonymi na cały proces, a także jego poszczególne elementy oraz różną liczbę potencjalnie relewantnych usług.

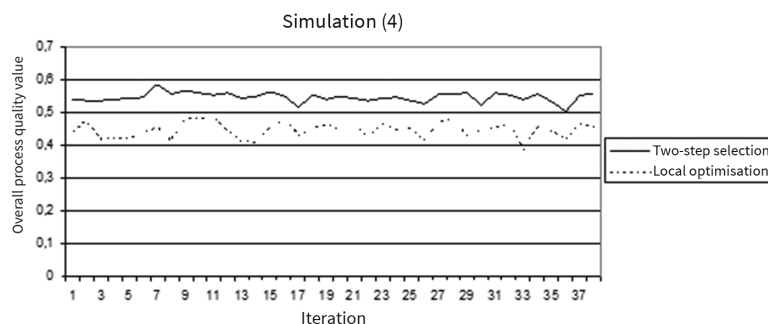
W dalszym kroku stworzone zostało odpowiednie środowisko testowe, w którym do rozwiązania problemu całkowitoliczbowego został wykorzystany CPLEX, podczas gdy sam problem został zapisany w języku AMPL⁵ (rysunek 8).



Rysunek 8. Środowisko testowe

W toku eksperymentu badano skuteczność zaproponowanej metody w porównaniu z dotychczas stosowaną lokalną metodą, która przeprowadza optymalizację z punktu widzenia pojedynczych elementów procesu i nie bierze pod uwagę struktury procesu. Wyniki przeprowadzonego eksperymentu wykazały, że zaproponowana metoda pozwala uzyskać proces o wyższej jakości (charakteryzujący się lepszymi wartościami atrybutów) niż metoda dotychczas stosowana (rysunek 9).

⁵ AMPL – *A Mathematical Programming Language*.



Rysunek 9. Wyniki 4. symulacji dla procesu z wszystkimi strukturami oraz zbiorem 300 usług

Źródło: Opracowano na podstawie wykonanych obliczeń

Wyniki wszystkich symulacji wykazały, że zaproponowana metoda daje lepsze rezultaty i zwiększa wartość funkcji celu o 10–40% w porównaniu z metodą lokalną. Stopień poprawy wyników osiągniętych zaproponowaną metodą jest zależny od stopnia skomplikowania procesu. Im bardziej złożony proces pod względem wykorzystanych w nim struktur kontrolnych, tym lepsze wyniki otrzymuje się za pomocą zaproponowanej metody w stosunku do innych, dotychczas stosowanych.

Tabela 3. Porównanie wartości uzyskanych za pomocą zaproponowanej metody oraz metody lokalnej

Metoda dwustopniowa			Metoda lokalna			Metoda dwustopniowa vs lokalna		
funkcja celu	koszt	czas wykonania	funkcja celu	koszt	czas wykonania	zmiana wartości funkcji celu (%)	zmiana kosztu (%)	zmiana czasu (%)
0,536	61,488	42974,150	0,475	63,306	42434,785	12,932	2,872	–1,271
0,485	56,598	43826,338	0,355	62,008	43443,543	36,625	8,726	–0,881
0,531	57,812	49761,150	0,446	63,117	42814,064	19,240	8,404	–16,226
0,559	56,598	43826,338	0,455	63,874	37988,991	22,653	11,392	–15,366
0,524	57,234	51561,450	0,444	60,414	42623,375	18,097	5,264	–20,970
0,508	54,459	46919,813	0,393	59,600	46333,896	29,015	8,624	–1,265

Źródło: Obliczenia własne.

Należy zauważyć, że mała poprawa wartości funkcji celu przekłada się na znaczne zmiany w wartościach rozważanych atrybutów procesu. Przykładowe rezultaty dla funkcji celu obejmującej pięć wybranych atrybutów (koszt, czas wykonania, dostępność, reputację oraz pojemność) pokazuje tabela 3 (uwzględniono w niej tylko koszt i czas).

Wyniki pokazują, że poprawa wartości funkcji celu o kilka punktów procentowych wiąże się z obniżeniem kosztu procesu i jednoczesnym wydłużeniem czasu wykonania. Na przykład, w jednym z eksperymentów redukcja kosztu o dwie jednostki pieniężne spowodowała wydłużenie czasu trwania procesu o siedem sekund.

W ostatnim kroku ewaluacji przeprowadzono weryfikację zgodności wypracowanych rozwiązań z wcześniej opracowanym zbiorem wymagań. Wykazała ona, że opracowana metoda dwustopniowa w wyższym stopniu spełnia oczekiwania uczestników rynku niż obecnie istniejące rozwiązania.

Podsumowanie

Celem prowadzonych badań opisanych w artykule było opracowanie i zweryfikowanie automatycznej metody doboru semantycznych usług sieciowych na potrzeby procesów biznesowych na rynkach elektronicznych dostosowanej do potrzeb użytkowników biznesowych. Podsumowując uzyskane wyniki, można stwierdzić, że zaproponowana w pracy metoda doboru semantycznych usług sieciowych na potrzeby procesów biznesowych, uwzględniająca warunki świadczenia usług oraz oczekiwania odbiorców, poprawia jakość przypisania usług do procesu zarówno w zakresie poprawności (uwzględnione są wymagania biznesowe do tej pory ignorowane), jak i uzyskania wyższej oceny procesu jako całości w porównaniu z obecnie stosowanymi metodami. Zaproponowana metoda może zostać wykorzystana na platformach wspierających elektroniczne rynki usług.

Bibliografia

- Aalst, W. van den, Hofstede, A. ter, Kiepuszewski, B., Barros, A., 2003, *Workflow Patterns*, Distributed and Parallel Databases, vol. 14, no. 3, s. 5–51.
- Abramowicz, W., 2008, *Filtrowanie informacji*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań.
- Abramowicz, W., Haniewicz, K., Kaczmarek, M., Zyskowski, D., 2007, *Architecture for Web Services Filtering and Clustering*, w: *Second International Conference on Internet and Web Applications and Services (ICIW 2007)*, IEEE Press, s. 18–23.
- Abramowicz, W., Haniewicz, K., Kaczmarek, M., Zyskowski, D., 2008, *E-Marketplace for Semantic Web Services*, vol. 5364/2008, serie *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Berlin–Heidelberg, s. 271–285.
- Abramowicz, W., Kaczmarek, M., Kowalkiewicz, M., Zyskowski, D., 2005, *A Survey of QoS computation for Web services Profiling*, w: Dascalu, S. (ed.), *18th International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering (ISCA)*, ISCA (International Society for Computers and their Applications), s. 192–197.

- Al-Masri, E., Mahmoud, Q.H., 2008, *Investigating Web Services on the World Wide Web*, w: Huai, J. et al. (eds.), *Proceedings of the 17th International Conference on World Wide Web*, WWW '08, ACM, New York, s. 795–804.
- Barros, A., Dumas, M., Bruza, P., 2005, *The Move to Web Services Ecosystem*, BPTrends.
- Bih, J., 2006, *Service Oriented Architecture. A New Paradigm to Implement Dynamic e-business Solutions*, Ubiquity, ACM Press, vol. 7, no. 30.
- Born, M., Drumm, C., Markovic, I., Weber, I., 2007, *SUPER - Raising Business Process Management Back to the Business Level*, ERCIM News – Special Theme on Service-Oriented Computing.
- Dan, A., Davis, D., Kearney, R., Keller, A., King, R., Kuebler, D., Ludwig, H., Polan, M., Spreitzer, M., Youssef, A., 2004, *Web Services on Demand: WSLA-driven Automated Management*, IBM Systems Journal, vol. 43, no. 1.
- Day, J., Deters, R., 2004, *Selecting the Best Web Service*, w: Lutfiyya, H., Singer, J., Stewart, D.A. (eds.), *2004 Conference of the Centre for Advanced Studies on Collaborative Research (CASCON)*, s. 293–307.
- Dustdar, S., Schreiner, W., 2005, *A Survey on Web Services Composition*, International Journal of Web and Grid Services, vol. 1, no. 1, s. 1–30.
- Fensel, D., Bussler, C., Maedche, A., 2002, *Semantic Web Enabled Web Services*, w: *International Semantic Web Conference*, s. 1–2.
- Frączkowski, K., Mazur, Z., 2006, *SOA – architektura zorientowana na usługi*, Bazy Danych, nr 7, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Galizia, S., Gugliotta, A., Domingue, J., 2007, *A Trust Based Methodology for Web Service Selection*, w: *International Conference on Semantic Computing (ICSC 2007)*, IEEE Press, s. 193–200.
- Hoffmann, J., Scicluna, J., Kaczmarek, T., Weber, I., 2007, *Polynomial-Time Reasoning for Semantic Web Service Composition*, w: *2007 IEEE Congress on Services*, IEEE, s. 229–236.
- Kaczmarek, M., 2009, *Selection of Semantic Web Services for Business Processes*, rozprawa doktorska, Poznań University of Economics, Poznań, Poland and Macquarie University, Sydney, Australia (Umowa Cotutelle).
- Kuropka, D., Troeger, P., Staab, S., Weske, M., 2008, *Semantic Service Provisioning*, Springer, Berlin–Heidelberg.
- Kuropka, D., Weske, M., 2006, *Die Adaptive Services Grid Platform: Motivation, Potential, Funktionsweise und Anwendungsszenarien*, EMISA Forum, Tom 26, Nr 1.
- Lamparter, S., Ankolekar, A., 2007, *Automated Selection of Configurable Web Services*, w: Oberweis, A. et al. (eds.), *8th Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik*, Universitätsverlag Karlsruhe.
- Lamparter, S., Ankolekar, A., Studer, R., Grimm, S., 2007, *Preference-based Selection of Highly Configurable Web Services*, w: Williamson, C.L., Zurko, M.E., Patel-Schneider, P.F., Shenoy P.J. (eds.), *Proceedings of the 16th International World Wide Web Conference (WWW 2007)*, ACM, s. 1013–1022.
- Lamparter, S., Schnizler, B., 2006, *Trading Services in Ontology-driven Markets*, w: *ACM Symposium on Applied Computing*, ACM Press, s. 1679–1683.
- Maximilien, E., Singh, M., 2004, *A Framework and Ontology for Dynamic Web Services Selection*, IEEE Internet Computing, vol. 8, iss. 5, s. 84–93.

- OASIS, 2008, *Reference Architecture for Service Oriented Architecture, Version 1.0*, Tech. Rep.
- O'Sullivan, J., Edmond, D., Hofstede, A. ter, 2002, *What's in a Service? Towards an Accurate Description of Non-functional Properties of Web Services*, Distributed and Parallel Databases, no. 12, s. 117–133.
- Papazoglou, M.P., Georgakopoulos, D., 2003, *Service-Oriented Computing*, Communications of the ACM, vol. 46, no. 10, s. 25–28.
- Papazoglou, M., Heuvel, W., 2007, *Service Oriented Architectures: Approaches, Technologies and Research Issues*, The VLDB Journal, vol. 16, no. 3, s. 389–415.
- Schmelzer, H.J., Sesselmann, W., 2006, *Geschaeftsprozessmanagement in der Praxis*, Carl Hanser Verlag, Muenchen.
- Schroepfer, C., Binshtok, M., Shimony, S.E., Dayan, A., Brafman, R., Offermann, P., Holschke, O., 2007, *Introducing Preferences over NFPs into Service Selection in SOA*, w: Di Nitto, E., Ripenau, E. (eds.), *Non Functional Properties and Service Level Agreements in Service Oriented Computing Workshop (NFPSLA-SOC'07)*.
- Stankiewicz, M., 2005, *Konkurencyjność przedsiębiorstwa. Budowanie konkurencyjności przedsiębiorstwa w warunkach globalizacji*, TNOiK, Toruń.
- Vitvar, T., Mocan, A., Kerrigan, M., Zaremba, M., Zaremba, M., Moran, M., Cimpian, E., Haselwanter, T., Fensel, D., 2007, *Semantically-enabled Service Oriented Architecture: Concepts, Technology and Application*, Service Oriented Computing and Applications, vol. 1, no. 2, s. 129–154.
- Weber, I., Kaczmarek, M., Kaczmarek, T., Vulcu, G., Wetzstein, B., Ma, Z. i Zyskowski, D., 2008, *D3.5 SUPER Deliverable on Business Process Composition*, Tech. Rep., SUPER Consortium.
- Yu, T., Zhang, Y., Lin, K.J., 2007, *Efficient Algorithms for Web Services Selection with End-to-End QoS Constraints*, ACM Trans. Web, vol. 1, no. 1.
- Zhang, L.J., Li, B., 2004, *Requirements Driven Dynamic Services Composition for Web Services and Grid Solutions*, Journal of Grid Computing, vol. 2, no. 2, s. 121–140.

SELECTION OF SEMANTIC WEB SERVICES FOR BUSINESS PROCESSES ON ELECTRONIC MARKETS

Abstract: This paper delves into the selection mechanisms for abstract business processes and describes an original integrated approach, namely a two-step business conditions aware selection mechanism of Semantic Web Services. First, it shows an evaluation and structuring of business requirements and expectations of potential actors of SWS e-marketplace while the existing approaches are criticized. Then, the proposed model is described. It takes into account service provisioning conditions as well as expectations of both the service requesters and the service providers. It allows for automated assignment of services to a business process in accordance to business requirements. The approach is based on the idea of integrating all necessary information into one extensible upper level model expressed using the appropriate knowledge representation techniques. The information model is able

to represent high-level requirements, describe relevant artifacts, decompose them into the lower levels, and to filter out non-feasible solutions using the reasoning mechanism. In the final step, the informed identification of the optimal assignment of services may be performed. The assignment takes into account global constraints and uses one of the numerical optimization techniques.