

SYSTEM ANALIZY PROCESÓW I WSPOMAGANIA PODEJMOWANIA DECYZJI – HURTOWNIE PROCESÓW

Wstęp

Jednym z wymagań, jakie w kontekście wsparcia dla opisywania ścieżek klinicznych (ang. *Clinical Pathways*) stawia się dziedzinie informatyki, jest dostarczanie metod i narzędzi umożliwiających ich dokumentowanie w postaci procesów. Wymaganie to wynika m.in. z faktu, iż ścieżka kliniczna jest procesem¹, a dokładnie kompletnym planem leczenia pacjenta z problemem zdrowotnym, składającym się ze zbioru powiązanych ze sobą interwencji medycznych realizowanych w określonym porządku i w określonym czasie². Podejście procesowe do opisywania ścieżek klinicznych polega na zdefiniowaniu wspomnianych interwencji wraz z ich otoczeniem oraz powiązaniu ich między sobą wg logiki zgodnej m.in. z wiedzą medyczną. Ścieżki kliniczne powinny być dokumentowane jako procesy, z zachowaniem przyjętych standardów umożliwiających ich łatwe przenoszenie między różnymi poziomami i kontekstami modelowania, różnymi systemami informatycznymi oraz różnymi placówkami medycznymi.

¹ Proces to zbiór powiązanych ze sobą czynności, które przekształcają wejścia w wyjścia według określonych reguł, w oparciu o określone zasoby i w efekcie prowadzą do realizacji określonych celów.

² T. Gzik, *Analiza rozwiązań informatycznych wykorzystywanych do wspierania modelowania procesów wspomaganie podejmowania decyzji medycznych*, w: *Raport z realizacji zadania 1 projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, red. G. Bliźniuk, WAT, Warszawa 2009, s. 207.

Przedstawienie ścieżek klinicznych jako modelu procesów umożliwia, a wręcz wymusza, ich wykorzystywanie w sposób analogiczny do sposobu wykorzystywania modelu procesów biznesowych. Istotna jest w tym zakresie możliwość:

- usprawniania procesów (ang. *process reengineering*),
- symulowania procesów (ang. *process simulation*),
- automatyzowania procesów (ang. *workflow*).

Reinżynieria procesów polega na przeprowadzeniu gruntownej analizy modelu procesów oraz organizacji, której dotyczą procesy, w celu przebudowy modelu zgodnie z przyjętymi założeniami. Raz zdefiniowana i udokumentowana ścieżka kliniczna może zmieniać się w wyniku pojawienia się nowej wiedzy medycznej. Podobnie jak procesy biznesowe, ścieżki kliniczne powinny podlegać stałej obserwacji, ocenie i aktualizacji.

Symulacja procesów to najczęściej jeden z etapów ich reinżynierii. Odbywa się on w oparciu o ściśle określone kryteria i założenia oraz dedykowane do tego celu narzędzia informatyczne. Wartością dodaną wynikającą z przeprowadzenia symulacji procesów jest informacja o potencjalnych zagrożeniach w realizacji procesów, np. zapętleniu, braku zasobów, sprzecznych warunkach logicznych sterujących przepływem pracy. W przypadku ścieżek klinicznych bardzo ważna jest wiedza na temat potencjalnych „wąskich gardeł”, które mogą bezpośrednio wpływać na stan zdrowia pacjenta, np. brak krwi danej grupy. Powinny być one wykrywane możliwe jak najszybciej w trakcie realizacji ścieżki lub jej symulacji i jeszcze szybciej eliminowane.

Workflow to automatyzacja procesów biznesowych w całości lub w części, podczas której dokumenty, informacje i zadania są przekazywane pomiędzy uczestnikami procesu według określonych reguł. *Workflow* można określać również jako wdrożenie w oparciu o systemy informatyczne zaprojektowanych procesów biznesowych wybranej organizacji w celu usprawnienia ich wykonywania. W przypadku ścieżek klinicznych bardzo ważny jest przepływ informacji w ramach zarówno pojedynczej placówki medycznej, jak i wielu współpracujących ze sobą, np. jeśli chodzi o zmianę miejsca leczenia pacjenta, istotne jest szybkie przekazanie informacji o dotychczasowym procesie leczenia i jego wynikach³.

Od wytycznych i ścieżek klinicznych do procesów

Modelowanie ścieżek klinicznych to zagadnienie bardzo złożone i czasochłonne. Trudności wynikają m.in. z faktu, iż istnieje bardzo duża różnorodność decyzji i zdarzeń, jakie mogą mieć miejsce w trakcie trwania leczenia. Ich odwzorowanie w postaci procesu wymaga określenia skończonego zbioru wspomnianych zdarzeń i decyzji oraz dysponowania odpowiednią notacją (językiem) modelowania pozwalającą na przedstawienie tak mało przewidywalnych przebiegów.

³ D. Tukaj, *Ścieżki kliniczne – co to jest i jak je wytyczać?*, „Ogólnopolski Przegląd Medyczny” 2005, nr 9–10, s. 72.

Na rynku jest dostępnych wiele metod, notacji i języków dedykowanych do modelowania procesów. Wszystkie mogą zostać zastosowane z mniejszym lub większym powodzeniem do modelowania ścieżek klinicznych. Jako kryterium powodzenia można przyjąć:

- 1) stopień czytelności ścieżek dla zwykłego odbiorcy,
- 2) możliwość odzwierciedlenia na modelu wszystkich zachowań procesów,
- 3) możliwość przenoszenia definicji ścieżek,
- 4) możliwość automatyzacji całych ścieżek lub ich części.

Czytelność modelu procesów jest uzależniona m.in. od liczby różnych elementów graficznych wykorzystanych do budowy modelu. Im większa jest ta liczba, tym mniej czytelny i trudniejszy w zrozumieniu staje się model. Dlatego też ogólnie przyjęta zasada modelowania (niezależna od stosowanej notacji/języka) mówi, iż powinno się stosować możliwie najmniejszą liczbę różnych symboli graficznych, bez względu na to, jak „bogata” jest wykorzystywana notacja (język).

Nie wszystkie dostępne notacje i języki umożliwiają modelowanie podstawowych wzorców procesowych. Często jest wymagane definiowanie dodatkowych atrybutów, które ukrywa się pod elementami graficznymi przyjętej notacji. Notacją, która w zakresie odzwierciedlania wzorców procesowych zdecydowanie góruje nad konkurentami, jest BPMN – a tym samym języki, których konstrukcje odpowiadają tej notacji, np. XPDL.

Przenoszenie definicji procesów, w tym definicji ścieżek klinicznych, ma bardzo duże znaczenie m.in. ze względu na możliwość ich rozpowszechniania. Model procesów powinien być zbudowany w oparciu o notację (język) zapewniającą możliwość przenoszenia jego definicji między najważniejszymi z punktu widzenia projektu narzędziami informatycznymi. Ma to również bardzo duże znaczenie w kontekście automatyzacji procesów i ich interpretowania przez silniki *workflow*. Język XPDL powoli staje się standardem w tym zakresie i jest wspierany przez większość liczących się na rynku narzędzi. Wiele z nich umożliwia automatyczne wygenerowanie definicji procesu w XPDL bezpośrednio z modelu graficznego BPMN, co m.in. wpływa na fakt, iż para BPMN i XPDL staje się liderem w dziedzinie modelowania procesów.

Definicja procesu *workflow* opisująca konkretną ścieżkę kliniczną dla jednostki chorobowej wymaga zdefiniowania jej na trzech poziomach⁴. Na najwyższym poziomie (tzw. poziomie krajowym/narodowym) powinny zostać opracowane wytyczne i ścieżki kliniczne dla jednostek chorobowych przez zespoły specjalistów, którzy na podstawie najnowszej dostępnej wiedzy medycznej opracują wzorcową definicję postępowania w przypadku zaistnienia danej jednostki chorobowej. Następnym poziomem opisu wytycznych i ścieżek klinicznych jest modyfikacja wzorcowego procesu postępowania dla określonej jednostki chorobowej na potrzeby określonej placówki medycznej.

⁴G. Bliźniuk, *Ranking inicjatyw standaryzacyjnych i dobór zestawu standardów, kluczowych dla dalszych etapów realizacji projektu*, w: *Raport z realizacji zadania 1 projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, red. G. Bliźniuk, WAT, Warszawa 2010, s. 93.

Modyfikacja ta może być podyktowana uwarunkowaniami np. ekonomicznymi, technicznymi czy też merytorycznymi i jest konieczna, aby dostosować wzorcową definicję procesu z poziomu krajowego do możliwości danej placówki medycznej. Na najniższym poziomie opisu postępowania w ramach jednostki chorobowej jest plan leczenia dla konkretnego pacjenta, bazujący na definicji procesu opisującego ścieżkę kliniczną. Plan leczenia ma charakter dynamiczny, czyli jest definicją procesu, która zarówno może być modyfikowana na etapie przygotowywania planu leczenia (ang. *design time*), jak i może podlegać modyfikacji w trakcie realizacji tego procesu (ang. *run time*).

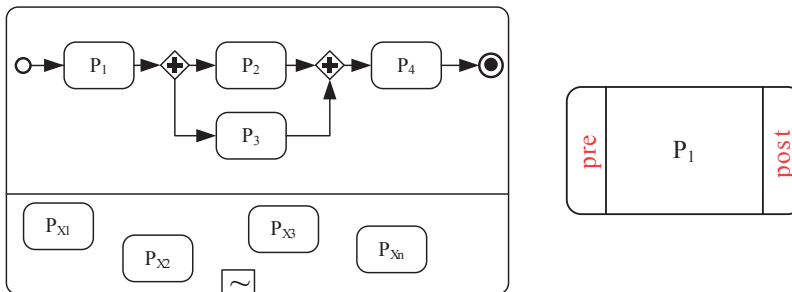
Modyfikacja planu leczenia jest decyzją lekarza prowadzącego i może być spowodowana koniecznością odejścia od definicji wzorcowej ze względu na wystąpienia dodatkowych czynników, które nie były uwzględniane przy definicji procesu wzorcowego (np. współistnienie wielu jednostek chorobowych, ograniczenia czasowe, zastosowanie różnych metod diagnostyki medycznej itp.). Modyfikacja ta nie powinna być ograniczona tylko do zmian w obrębie definicji wzorcowej ścieżki, ale powinna umożliwiać w sposób dość swobodny modyfikację lub całkowitą zmianę definicji takiej ścieżki w szczególnych procesach leczenia. W tym przypadku konieczne jest posiadanie możliwości opisanego procesu z uwzględnieniem jego dynamiki⁵, na etapie zarówno opisu definicji procesu, jak i jego wykonania. Realizacja wielu planów leczenia pozwoli na analizę sposobów leczenia podobnych przypadków i jednostek chorobowych, przy uwzględnieniu aspektów statystycznych zgromadzonych zrealizowanych planów leczenia, jak i semantycznych oraz ontologicznych uwarunkowań tych działań. W czasie realizacji na Wydziale Cybernetyki WAT projektu POIG.01.03.01–00.145/08 opracowano eksperymentalną implementację narzędzia *workflow*, które posiada zdolność uruchamiania procesów *workflow* dla komputerowo interpretowalnych ścieżek klinicznych.

W niniejszym opracowaniu zostały poruszone zagadnienia tzw. hurtowni procesów, umożliwiającej trwałe przechowywanie odpersonalizowanej informacji o sposobie wykonania planów leczenia w postaci procesów *workflow* dla poszczególnych ścieżek klinicznych. Na podstawie tych informacji można skutecznie wspomagać prowadzenie indywidualnego procesu leczenia, a także prowadzenie badań jakościowych dotyczących procesu leczenia. Autorzy rozważają również problematykę dedykowanego metamodelu instancji procesów gromadzonych w hurtowni oraz metody unifikacji opisu zrealizowanych procesów z wykorzystaniem opracowanej do tego celu ontologii. Jest to konieczne do utworzenia mechanizmów przechowywania trwałej informacji o przebiegu procesów leczenia, dokonywania różnego rodzaju analiz, w tym m.in.: wyszukiwania podobieństw, wzorców, trendów, anomalii w zrealizowanych procesach leczenia, analiz semantycznych i ontologicznych procesów leczenia, analiz wielowymiarowych przebiegów tych procesów, oraz opracowywania wniosków w zakresie efektywności przebiegów tych procesów.

⁵ Jest to tzw. proces dynamiczny.

Uelastycznianie procesów – procesy dynamiczne

Możliwość definiowania ścieżek klinicznych w postaci procesów biznesowych oraz realizacji planów leczenia jako ich praktycznych instancji pozwala na gromadzenie danych o procesach, jak i o ich realizacjach oraz wykonanie ich analizy. Obecnie stosowane podejście w systemach klasy *workflow* powoduje, że podstawowym nurtem automatyzacji procesów jest ich realizacja zgodnie z definicją procesu. Jest to dość „sztywne” podejście, ale skuteczne w obszarze bardzo dobrze rozpoznanym i przebadanym. Pewnymi sposobami na zwiększenie elastyczności w stosowaniu podejścia procesowego są tzw. procesy *ad hoc*, które pozwalają na wprowadzenie dużego niedeterminizmu zarówno w definicji procesu, jak i w jego realizację. Formą pośrednią pomiędzy „klasyczną” definicją procesu a procesami typu *ad hoc* są procesy dynamiczne⁶ (rysunek 1), które pozwalają na określenie definicji głównej ścieżki procesu oraz zbioru możliwych lub dopuszczalnych procesów/aktywności wraz z mechanizmami pozwalającymi na określenie możliwości użycia poszczególnych procesów w trakcie realizacji instancji procesu i w różnych jego stanach, do czego jest wykorzystywany opis warunków *pre* i *post* dla procesu.



Rysunek 1. Przykładowy diagram procesu dynamicznego z opisem warunków *pre* i *post* dla wykonania procesu

Źródło: J. Koszela, *Opracowanie oceny przydatności metod standaryzacji opisu planu wykonywania instancji procesów działalności w kontekście wytycznych i ścieżek klinicznych*, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, red. G. Bliźniuk, WAT, Warszawa 2009, s. 189–190.

Zwiększanie elastyczności procesów w obszarze definicji i realizacji jest szczególnie istotne ze względu na realizację planów leczenia, w których definicja postępowania nie jest „sztywno” związana z ich realizacją, tak jak ma to miejsce w przypadku planów indywidualnego, bazującego na ścieżce klinicznej leczenia pacjenta.

⁶J. Koszela, *Opracowanie oceny przydatności metod standaryzacji opisu planu wykonywania instancji procesów działalności w kontekście wytycznych i ścieżek klinicznych*, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, red. G. Bliźniuk, WAT, Warszawa 2009, s. 189.

Hurtownia procesów – system analizy procesów

Możliwość zgromadzenia wielu definicji procesów i danych o realizacji procesów zarówno „klasycznych”, *ad hoc*, jak i dynamicznych daje możliwość dokonywania analiz zgromadzonych danych o procesach na etapie ich definicji i realizacji. Takim specjalizowanym rozwiązaniem pozwalającym na zgromadzenie i analizę procesów jest hurtownia procesów⁷ wraz z metodami i narzędziami do eksploracji procesów, jako specjalizowana hurtownia danych. W przypadku hurtowni procesów mamy do czynienia z dwoma obszarami zasobów dotyczących procesów: ich definicji (wzorce) i instancji (realizacje) – rysunek 2. Głównymi zadaniami stawianymi przed hurtownią procesów jako jednym z narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji jest możliwość przeprowadzania analiz zgromadzonych zasobów, takich jak:

– w obszarze analizy definicji procesów:

- podpowiadanie wzorców definicji procesów podczas modelowania na podstawie użytych już elementów procesu i zbioru wzorców,
- miary podobieństwa semantycznego definicji procesu lub elementów definicji,
- miary podobieństwa strukturalnego definicji procesu lub elementów definicji,
- walidacja poprawności definicji procesu metodą analizy grafu utworzonego na podstawie tej definicji,
- analiza budowy definicji procesu metodą analizy grafu utworzonego na podstawie tej definicji:
 - stopień szczegółowości definicji zdefiniowany jako: czytelność – liczba wierzchołków pojedynczego grafu i podgrafów składowych, złożoność – liczba zasobów przydzielonych do grafu lub grafu składowego,
 - czy może wystąpić zakleszczenie, kiedy dwie aktywności będą nawzajem czekać na swoje zakończenie,
 - czy wszystkie przypadki zostały uwzględnione w definicji,

– w obszarze analiza wykonania procesów (instancji):

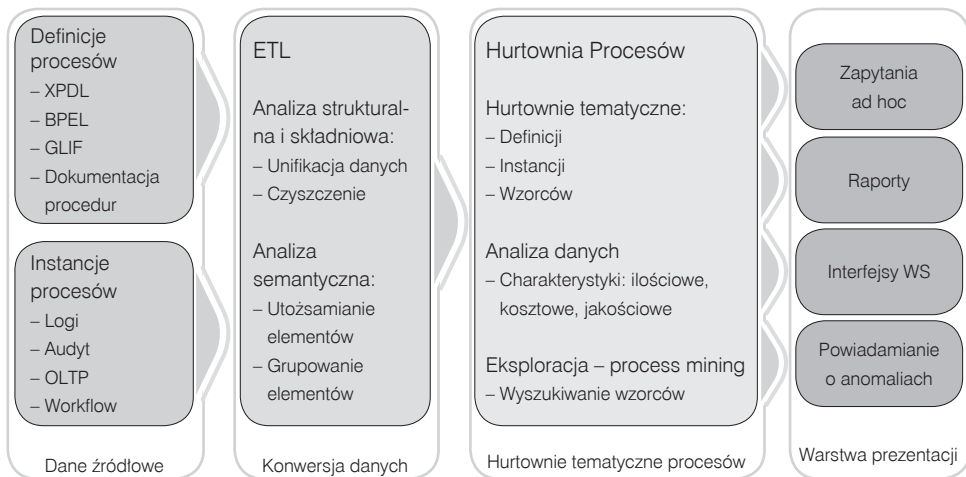
- tzw. *process mining*:
 - odkrywanie nowych definicji procesów na podstawie instancji wykonania procesów,
 - odchylenia wykonania od definicji procesu,
 - wyszukiwanie wzorców oraz rzadkich i częstych sekwencji zdarzeń,
- analizy ilościowe:
 - czasu wykonania,
 - opóźnień,
 - wykorzystania zasobów,

⁷ T. Gzik, P. Kędzierski, J. Koszela, *Hurtownia procesów i procesy dynamiczne jako narzędzia wspierające wspomaganie podejmowania decyzji medycznych*, w: *Modelowanie i zastosowanie komputerowych systemów medycznych*, red. M. Cieciora, W. Olchowiak, Vizja Press&IT, Warszawa 2009, s. 55.

- ile instancji może być powołanych w ciągu godziny,
- jaki jest średni czas przepływu,
- ile dodatkowych zasobów może być potrzebnych,
- jak dużo zasobów określonego typu jest zużywanych w ciągu dwóch dni roboczych itp.,
- miary podobieństwa sekwencji zdarzeń,
- analiza adekwatności procesu w stosunku (czy dany proces w efekcie daje oczekiwane wyniki),
- identyfikacji problemów (np. zatory) i ich przyczyn.

Wymienione powyżej przypadki są tylko przykładami wielu różnych i możliwych analiz dotyczących procesów, jakie można zrealizować i w efekcie wykorzystać do polepszenia jakości w procesie podejmowania decyzji.

Poniżej (rysunek 2) został zaprezentowany ogólny schemat architektury hurtowni procesów wraz z narzędziami do analizy i eksploracji procesów. Do głównych komponentów systemu należy zaliczyć: mechanizm ETL, znany z hurtowni danych i rozszerzony o mechanizmy unifikacji strukturalnej i semantycznej procesów i instancji, hurtownię procesów ze składem procesów ukierunkowanym na efektywne przetwarzanie danych o procesach (np. postać macierzowa opisu procesu jako grafu) oraz narzędzia do analizy i eksploracji procesów.



Rysunek 2. Schemat architektury hurtowni procesów

Do poprawnej realizacji analiz procesów bardzo istotnym etapem jest ETL, w którym procesowi unifikacji podlegają nie tylko struktura procesu, lecz także semantyka opisu poszczególnych procesów. Do unifikacji semantycznej procesów można wykorzystać rozwiązania z obszaru informatycznych zastosowań semantyki

i ontologii, w którym na potrzeby tego działania projektant musiałby przygotować właściwą ontologię⁸.

Jednym z problemów napotykanym w podejściu procesowym jest zapewnianie mechanizmów integracji danych przekazywanych pomiędzy poszczególnymi wywołaniami usług. Bardzo często konstruowane środowiska wymagają dostarczenia dedykowanych mechanizmów logiki biznesowej odpowiadających za translację danych pomiędzy poszczególnymi etapami realizacji procesu biznesowego. Prezentowane podejście zakłada wykorzystanie modeli semantycznych do wsparcia opisu, a w konsekwencji integracji danych współdzielonych w procesowym środowisku wykonawczym. Budowa tego typu modeli zwykle wykorzystuje dedykowane języki deklaratywne oparte o formalizmy logiki pierwszego rzędu (ang. *First-Order Logic*) lub logiki opisowej (ang. *Description Logic*)⁹. Podejście takie szczególnie jest uzasadnione w przypadku integracji środowisk SOA, które w swoim założeniu mają oferować mechanizmy dopasowania semantyki i syntaktyki przetwarzanych danych. O ile transformacje struktur danych są zwykle problemem inżynierskim, o tyle semantyka zwykle przysparza większych problemów, co jest związane z identyfikacją kontekstu użycia wartości słownikowych, typów wyliczeniowych itd. W większości przypadków specyfikacja modelu semantycznego wykorzystuje język *Ontology Web Language* (OWL), będący standardem W3C.

Ważną rolę w definicjach modeli semantycznych odgrywają możliwości języka OWL i mechanizmów wnioskujących w ramach automatycznej weryfikacji spójności modelu pojęciowego oraz modelu instancji, klasyfikacji instancji, sprawdzenia tożsamości instancji (badanie, czy dwie instancje są tym samym bytem). Obecny rozwój języków opisu i algorytmów wnioskowania dąży do zapewnienia dużej ekspresyjności wyrażania konstrukcji modelu semantycznego, jednocześnie zapewniając efektywne mechanizmy wnioskujące. Warto w tym momencie zwrócić uwagę na to, że modele semantyczne wymagają teraz dużej mocy do przetwarzania, co jest wynikiem dużej pamięciochłonności opisów semantycznych i ich wewnętrznej reprezentacji wewnątrz środowisk przetwarzania tych modeli (JENA, Protege, Neon Toolkit itd.).

Ideologia opisu semantycznego dąży do automatyzacji przetwarzania danych z uwzględnieniem kontekstu, w którym zostały umieszczone. Poprzez automatyzację rozumie się przede wszystkim budowę automatów przetwarzających zasoby sieci WWW. Środowiska wieloagentowe są właśnie formą takiego przetwarzania, a semantyka obecna jest w komunikacji zarówno pomiędzy agentami, jak i bezpośrednio przy interakcji z zasobami sieci. Wraz z językami opisu powstała potrzeba opracowania standardów języków zapytań operujących na tym opisie. Języki te w swojej

⁸ T.R. Gruber, *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*, „International Journal of Human-Computer Studies” 1995, no. 43, s. 907–928.

⁹ F. Baader, D. Calvanese, D. McGuinness, D. Nardi, P. Patel-Schneider, *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Application*, wyd. 2, Cambridge University Press, Cambridge 2003, s. 45–101.

idei są językami deklaratywnymi i w wyniku tego odzwierciedlają struktury grafowe reprezentujące zawartość pobraną z modelu na podstawie określonych kryteriów. Aplikacja zgodna z ideą *Semantic Web* potrafi wyszukiwać interesujące użytkownika dane, łącząc je znaczeniowo, a co najważniejsze – wnioskując kontekst. Umożliwia to zwiększenie efektywności przeszukiwania zasobów, weryfikacji postaci metaopisu, a przede wszystkim zwiększenie trafności zapytań.

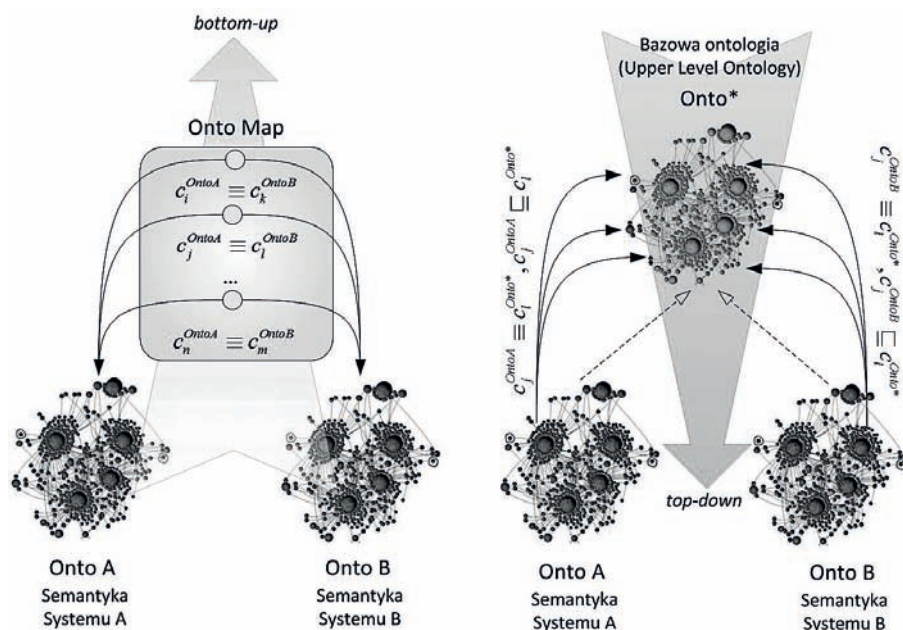
Interoperacyjność procesów często jest rozpatrywana z perspektywy zapewniania łączy technicznych i poziomu syntaktycznego danych. Semantyka w zapewnianiu interoperacyjności systemów jest skojarzona z różnym odwzorowaniem znaczenia pojęć wykorzystywanych w kilku systemach. Interoperacyjność na poziomie danych bardzo często jest zapewniana przez dedykowane mechanizmy migracji danych. Trzeba przy tym zwrócić uwagę na to, że zwykle migracja danych jest przeprowadzana w określonych odstępach czasu i nie wykonuje się jej jako procesu ciągłego. Przygotowanie mechanizmów migracji, oprócz wyzwań polegających na zapewnieniu łączy technologicznego i dopasowania struktur danych, wymaga skrupulatnej analizy znaczenia migrowanych danych w systemach docelowych. Semantyka danych często jest powiązana z mechanizmami logiki aplikacji, która interpretuje te dane na potrzeby implementowanej logiki biznesowej. Niniejsze rozważania wskazują na możliwość przesunięcia punktu ciężkości tego zadania na dedykowany opis dostarczany wraz z danymi. Niewątpliwą zaletą opisywanego podejścia jest elastyczność modyfikacji tych elementów w zakresie właśnie dostarczania interpretacji.

Wykorzystanie specyficznych konstrukcji języka OWL, w którym są wykonywane opisy zbiorów danych, pozwalają na budowę pomostów semantycznych (ang. *semantic bridge*)¹⁰. Integracja zbiorów danych przy pomocy modeli semantycznych ma na celu zastosowanie generycznych mechanizmów oprogramowania z wykorzystaniem dostarczonego opisu syntaktycznego i semantycznego. Różnica pomiędzy tym podejściem a egzystującymi na rynku rozwiązaniami jest diametralna, albowiem zbudowany mechanizm integrujący zbiory danych wymaga jedynie modeli i reguł transformacji. Dla ułatwienia procesu wytwarzanie takich modeli semantycznych i mapowań jest często wspierane przez dedykowane środowiska i narzędzia IDE. Warto przy tym zwrócić uwagę na jeszcze jeden ważny aspekt: jeżeli w wybranych dwóch systemach zostały przygotowane opisy semantyczne dla przechowywanych w nich danych, to proces obustronnej migracji danych może być przeprowadzony z wykorzystaniem pomostów semantycznych na poziomie modeli dziedzinowych. Schematycznie proces ten może być opisany następująco:

¹⁰M. Chmielewski, A. Gałka, *Semantic battlespace data mapping using tactical symbology*, w: *Advances in Intelligent Information and Database Systems*, red. N.T. Nguyen, R. Katarzyniak, S.M. Chen., Springer, Berlin 2010, s. 157–168.

1. Dane systemu A transformowane są do postaci semantycznej z wykorzystaniem warstwy mapującej systemu A.
2. Mechanizmy wnioskujące w połączeniu z definicjami pomostów semantycznych transformują dane (instancje) wyrażone w semantyce systemu A do danych wyrażonych w semantyce systemu B.
3. Instancje danych wyrażone w semantyce systemu B są przy użyciu transformacji systemu B spłaszczane do struktur danych systemu B.

Opisana powyżej procedura w konsekwencji pozwala na odwracanie procesu migracji oraz jego dalszą rozbudowę o nowe heterogeniczne źródła danych. Wymogiem koniecznym jest jednak dostarczenie wraz z zasobami danych modelu semantycznego oraz mapowań pomiędzy składowymi warstwami syntaktyki i semantyki.



Rysunek 3. Warianty procesu mapowania modeli semantycznych wykorzystywane do integracji odrębnych opisów tej samej dziedziny (ontologii)

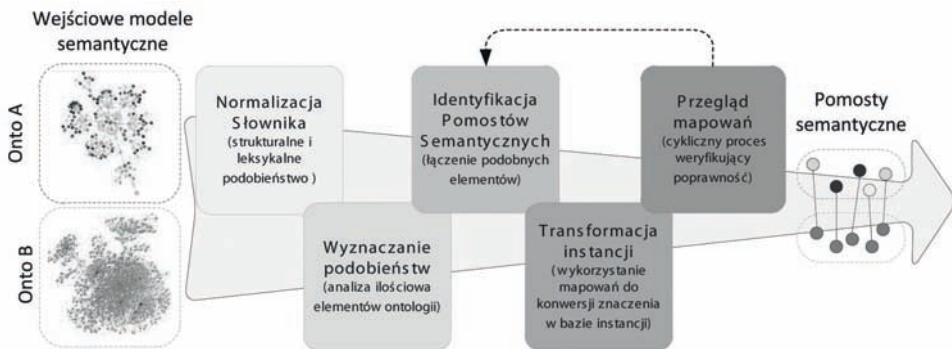
Źródło: M. Chmielewski, *Ontology-based indirect association assessment method using graph and logic reasoning techniques*, Doctorial dissertation, WAT, Warszawa 2011, s. 192.

Pojęcia pomostów semantycznych zostały zaczerpnięte z metod integracji modeli semantycznych i są związane ze strategiami mapowania¹¹ (ang. *ontology map-*

¹¹ M. Ehrig, Y. Sure, *Ontology mapping – an integrated approach*, w: *The Semantic Web: Research and Applications, First European Semantic Web Symposium*, Springer, Greece 2004, s. 76–91.

ping) lub scalania (ang. *ontology merging*) modeli. Opisane procesy odznaczają się następującymi cechami:

- mapowaniem ontologii – podobieństwa semantyczne są wyciągane ze źródłowych modeli i tworzą odrębny model dziedziny; podobieństwa mogą być również wykorzystywane do reprezentowania heterogenicznych baz wiedzy, dostarczając interfejsu transformacji pomiędzy odrębnymi zbiorami semantycznymi (tzw. formami reprezentacji);
- scalaniem ontologii – wynikiem jest zunifikowana ontologia bazująca na ontologiach źródłowych; zunifikowana ontologia określa semantykę zbiorów oryginalnych ontologii, eliminując niespójności semantyczne; proces łączenia ontologii musi zapewniać poprawność obsługi podobieństw oraz sprzeczności semantycznych.



Rysunek 4. Etapy identyfikacji pomostów semantycznych w procesie mapowania modeli semantycznych

Źródło: M. Chmielewski, *Ontology-based indirect association assessment method using graph and logic reasoning techniques*, Doctorial dissertation, WAT, Warszawa 2011, s. 193.

Pomosty semantyczne są konstrukcjami definiującymi tożsame elementy modeli. W tym celu używa się konstrukcji równoważności pojęć (ang. *Concept Equivalence Axiom*) oraz równoważności relacji/ról (ang. *Concept Equivalence Role*). Konsekwencją użycia tych zapisów w modelu jest pozwolenie mechanizmom wnioskującym na postrzeganie instancji danych pojęć jako równoważnych sobie, a więc dane wyrażone w jednej semantyce automatycznie będą interpretowane jako dane o znaczeniu definiowanym przez drugi model semantyczny.

Opisywane podejście wykorzystuje następujące dyrektywy języka OWL:

- owl:equivalentClass – pozwalające na definicje tożsamyh klas-pojęć,
- owl:equivalentProperty – pozwalające na definicje tożsamyh ról-relacji,
- owl:sameAs – pozwalające na definicje tożsamyh indywiduów-instancji.

Tożsamość przedstawionych elementów może być wykorzystana do bezpośredniego wskazania odpowiadających sobie elementów. W mapowanych modelach może

jednak nie istnieć wymagany zbiór tożsamyh pojęć, w takim przypadku należy dostarczyć dodatkowe pojęcia, które będą dołączone do jednej z mapowanych ontologii.

Dla zilustrowania wykorzystania zaproponowanej metody skonstruowany został przykład z dziedziny medycyny. Scenariusz wykorzystania mechanizmów semantycznego mapowania danych zakłada, że do systemu wprowadzane są instancje pomiarów diagnostycznych opisanych w odrębnej semantyce.

Tabela 1. Opisy symptomów schorzeń pochodzących z wywiadu lekarskiego i zapisane w semantyce Onto_Ord_MD i Onto_Def_MD

Opis Przypadku		Opis wzorca
Symptomy (objawy) Onto_Ord_MD:	Mapowanie	Symptomy (objawy) Onto_Def_MD:
gorączka, zaburzenia koordynacji, zwracanie treści pokarmowej, podwyższone tętno, zawroty głowy	podwyższone tętno = tachykardia, zwracanie treści pokarmowej = wymioty	gorączka, zaburzenia koordynacji, wymioty, tachykardia, zawroty głowy
Wywiad medyczny	Mapowanie	Wywiad medyczny
schorzenia serca, guz jelit, duszności	guz jelit = nowotwór złośliwy jelita grubego, duszności = astma oskrzelowa	schorzenia serca, nowotwór złośliwy jelita grubego, astma oskrzelowa

Wykorzystując przygotowany model semantyczny, powyższy przypadek możemy zapisać z wykorzystaniem instancji ontologii jako asercje instancji objawów i wywiadu medycznego (tabela 2).

Tabela 2. Zestawienie odpowiadających sobie elementów w konstrukcjach semantycznych. Zestawienie prezentuje pary równoważnych instancji pojęć w zdefiniowanych semantykach

Symptomy (Objawy) Onto_Ord_MD:	Symptomy (Objawy) Onto_Def_MD:
Gorączka_OBJAWY, Zaburzenia_Koordynacji_OBJAWY Zwracanie_Tresci_Pokarmowej_OBJAWY, Podwyższone_Tetno_OBJAWY, Zawroty_Głowy_OBJAWY	Gorączka_SYMPTOM, Zaburzenia_Koordynacji_SYMPTOM Wymioty_SYMPTOM, Tachykardia_SYMPTOM, Zawroty_Głowy_SYMPTOM
Wywiad medyczny	Wywiad medyczny
Schorzenia_Serca_HISTORIA, Guz_Jelit_HISTORIA, Duszności_HISTORIA	Schorzenia_Serca_WYWIAD_MEDYCZNY, Nowotwor_Zlosliwy_Jelita_Grubego_WYWIAD_MEDYCZNY, Astma_Oskrzelowa_WYWIAD_MEDYCZNY

Zbiory instancji są dowiązane poprzez role z instancją pacjenta:

Onto_Ord_MD (Pacjent-odczuwa-Objaw, Pacjent-posiada-zarejestrowana-Historia),

oraz

Onto_Def_MD (Pacjent-odczuwa-Symptom, Pacjent-posiada-zarejestrowany-WywiadMedyczny),

Mapowania (ontologia Semantic_Map) – pomosty semantyczne:

(owl:sameAs Podwyższone_Tetno_OBJAWY Tachykardia_SYMPTOM)

(owl:sameAs Zwracanie_Tresci_Pokarmowej_OBJAWY Wymioty_SYMPTOM)

(owl:sameAs Guz_Jelit_HISTORIA Nowotwor_Zlosliwy_Jelita_Grubego_WYWIAD_MEDYCZNY)

(owl:sameAs Dusznosci_HISTORIA Astma_Oskrzelowa_WYWIAD_ME-DYCZNY)

Bardzo użyteczne staje się w tym miejscu uwzględnienie mapowania semantycznego, w którym wykorzystuje się transformatę opisów symptomów jednostek chorobowych wyrażonych w języku potocznym oraz dziedzinowe fachowe terminy przypisane takim opisom, np. kołatanie serca = palpitacja, przyspieszenie bicia serca = tachykardia.

Podsumowanie

Podejmowanie tematyki badawczej przez zespół z Instytutu Systemów Informatycznych Wydziału Cybernetyki WAT dotyczącej systemów analizy procesów i wspomaganie decyzji, jakimi są hurtownie procesów, jest kontynuacją prac związanych z realizacją projektu POIG.01.03.01-00-145/08 *Modelowanie repozytorium i analiza efektywności informacyjnej wytycznych i ścieżek klinicznych w służbie zdrowia*. Opisanie w artykule aspekty problematyki systemów analizy procesów, a w szczególności koncepcja architektury hurtowni procesów i jej elementów składowych (modele, standardy, składy procesów, semantyczny ETL itd.), oraz opracowywane metody i narzędzia analizy procesów są w trakcie realizacji prac badawczych prowadzonych w WCY WAT. Podjęcie tej tematyki obejmuje nie tylko aspekty związane z metodami wspomaganie decyzji, np. medycznych, lecz także problematykę modelowania i realizacji procesów, interoperacyjności systemów, metod wielowymiarowego badania jakości procesu, a w szczególności procesów diagnozy leczenia i terapii, co w połączeniu z powszechnie stosowanymi metodami analizy danych wykorzystywanymi przez „klasyczne” hurtownie danych powinno znacznie zwiększyć jakość i efektywność procesu wspomaganie decyzji na różnych ich poziomach.

Literatura

1. Baader F., Calvanese D., McGuinness D., Nardi D., Patel-Schneider P., *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Application*, wyd. 2, Cambridge University Press, Cambridge 2003.
2. Bliźniuk G., *Ranking inicjatyw standaryzacyjnych i dobór zestawu standardów, kluczowych dla dalszych etapów realizacji projektu*, w: *Raport z realizacji zadania 1 projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, red. G. Bliźniuk, WAT, Warszawa 2010.
3. Chmielewski M., Gałka A., *Semantic battlespace data mapping using tactical symbology*, w: *Advances in Intelligent Information and Database Systems*, red. N.T. Nguyen, R. Katarzyniak, S.M. Chen, Springer, Berlin 2010.
4. Chmielewski M., Koszela J., *The concept of C4I systems data integration for planning joint military operations, based on JC3 standard*, w *KES-AMSTA'10 Proceedings of the 4th KES international conference on Agent and multi-agent systems: technologies and applications*, cz. 1, Springer, Berlin-Heidelberg 2010.
5. Ehrig M., Sure Y., *Ontology mapping – an integrated approach*, w: *The Semantic Web: Research and Applications, First European Semantic Web Symposium*, Springer, Greece 2004.
6. Gruber T.R., *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*, „International Journal of Human-Computer Studies” 1995, no. 43.
7. Gzik T., *Analiza rozwiązań informatycznych wykorzystywanych do wspierania modelowania procesów wspomaganie podejmowania decyzji medycznych*, w: *Raport z realizacji zadania 1 projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, red. G. Bliźniuk, WAT, Warszawa 2009.
8. Gzik T., Kędzierski P., Koszela J., *Hurtownie procesów i procesy dynamiczne jako narzędzia wspierające wspomaganie podejmowania decyzji medycznych*, w: *Modelowanie i zastosowanie komputerowych systemów medycznych*, red. M. Cieciora, W. Olchowik, Vizja Press&IT, Warszawa 2009.
9. Koszela J., *Opracowanie oceny przydatności metod standaryzacji opisu planu wykonywania instancji procesów działalności w kontekście wytycznych i ścieżek klinicznych*, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, red. G. Bliźniuk, WAT, Warszawa 2009.
10. Tukaj D., *Ścieżki kliniczne – co to jest i jak je wytyczać?*, „Ogólnopolski Przegląd Medyczny” 2005, nr 9–10.

Summary

System of process analysis and decision support – process warehouse

This paper presents the issue of a process warehouse, which allows to store permanently the information on the results of treatment plans execution, as workflow processes for each clinical path. On this basis, it is possible to support conducting an individual treatment process and conducting qualitative studies on the treatment process. The authors consider also the issue of a dedicated meta model of the processes instances which are stored in the process warehouse and the methods of unifying the description of processes executed by using the ontology developed for this purpose.