

## Koncepcja implementacji warunków interoperacyjności systemu ścieżek klinicznych i elektronicznego rekordu pacjenta

G. BLIŹNIUK

e-mail: grzegorz.blizniuk@wat.edu.pl

Instytut Systemów Informatycznych  
Wydział Cybernetyki WAT  
ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

---

W opracowaniu przedstawiono opis wymagań na sposób implementacji niewizualnego interfejsu do systemów typu EHR (elektroniczny rekord pacjenta), realizowanego w ramach projektu POIG.01.03.01-00-145/08. Zgodnie z zakresem tego projektu jednym z jego rezultatów miało być zaproponowanie takiego interfejsu do przykładowego, niekomercyjnego systemu EHR. Równocześnie zakres projektu nie obejmował realizacji produkcyjnych systemów EHR. Podczas prac projektowych została podjęta próba uruchomienia tzw. badawczego systemu EHR, którego skuteczna implementacja przyczyniła się do wzbogacenia możliwości badawczych wypracowanego środowiska realizacyjnego symulowanych przebiegów ścieżek klinicznych. Przedstawiono również opis wymagań dla interfejsu do systemu EHR zarówno dla systemu repozytorium ścieżek klinicznych, jak i dla narzędzia badań efektywnościowych. Została także zaprezentowana koncepcja implementacji tych interfejsów z wykorzystaniem XPDŁ. W sposób syntetyczny omówiono zjawiska *kooperacyjności*, *interoperacyjności jednokierunkowej* i *interoperacyjności dwukierunkowej*.

---

**Słowa kluczowe:** interoperacyjność, ścieżki kliniczne, EHR

### 1. Wprowadzenie

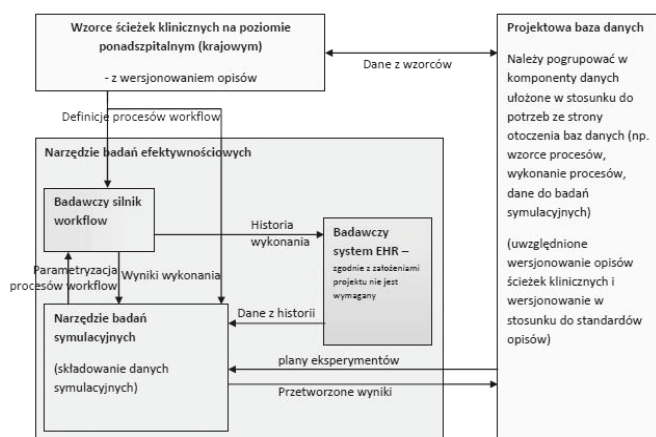
W opracowaniach [1] i [2] interoperacyjność jest określana jako niefunkcjonalna właściwość kooperujących systemów informacyjnych i kooperujących systemów informatycznych. Dla dowolnego zestawu systemów interoperacyjnych o liczności co najmniej 2 zakłada się, że są one rozłączne, a ich współpraca jest niezbędna do spełnienia stawianych przed nimi oczekiwań. Dla systemów informacyjnych istotą interoperacyjności jest wymiana informacji i jej właściwe wykorzystanie. W przypadku systemów informatycznych jest to wymiana i właściwe wykorzystanie danych, będących nośnikami informacji. Takie podejście wynika z założenia, że nie integrujemy fizycznie kilku systemów w jeden nowy system. Systemy są tutaj widziane jako czarne skrzynki z odpowiednio udostępnionymi interfejsami zapewniającymi ich interoperacyjność.

Podążając za tymi rozważaniami, na rysunkach 1 i 2 z opracowania [3] przedstawiono sposób widzenia systemu EHR, jako systemu zewnętrznego w stosunku do systemu repozytorium ścieżek klinicznych i współpracującego z tym repozytorium za pomocą interfejsu zapewniającego ich interoperacyjność.

Istotą zapewnienia interoperacyjności obu systemów jest takie zaprojektowanie zbiorów informacji nazwanych w pracach [1] i [2] odpowiednio:  $I_K$  i  $I_L$ , aby można było zdefiniować zbiór  $I_E$  z opracowań [1] i [2]. Dla komputerowej implementacji systemów ścieżek klinicznych i rekordu pacjenta konieczne jest odpowiednie zaprojektowanie zbiorów  $D_P$ ,  $D_Q$  oraz  $D_E$  z opracowań [1] i [2].

### 2. Opis problemu

Zgodnie z założeniami, na realizację projektu, którego wybrane wyniki są w tym miejscu przedstawiane (patrz: komentarz u dołu strony), struktura logiczna kluczowych jego komponentów wygląda tak, jak to zostało zilustrowane na rysunku 1.



Rys. 1. Logiczny schemat komponentów

Zgodnie z tym rysunkiem zostały zrealizowane trzy zasadnicze komponenty stanowiące tzw. oprogramowanie eksperymentalne modelu repozytorium:

- repozytorium wzorców ścieżek klinicznych na poziomie krajowym
- projektowa baza danych
- narzędzie badań efektywnościowych.

Dla sposobu wypracowania medycznych opisów ścieżek klinicznych i przeniesienia ich do modeli procesów workflow istotne było przyjęcie obowiązującego w projekcie założenia o konieczności osiągnięcia zdolności ich przygotowania na poziomie krajowym. Poziom krajowy jest to taki sposób opisu, w którym nie bierzemy pod uwagę kompetencji konkretnej placówki służby zdrowia ani konieczności gromadzenia historii leczenia pacjenta w stosunku do przebiegu leczenia poszczególnych osób. Na poziomie krajowym należy się skoncentrować na istocie analizowanej jednostki chorobowej wraz z podziałem jej przebiegu na okres diagnozy, terapii i – jeżeli jest to niezbędne – rehabilitacji lub opieki paliatywnej. W sensie praktycznym takie wzorce leczenia powinny zostać w konsekwencji dostosowane do kompetencji poszczególnych placówek służby zdrowia, o czym mowa w opracowaniu [5], a także do konieczności grupowania indywidualnej historii leczenia poszczególnych pacjentów. Z uwagi jednak na to, że ten praktyczny aspekt wykorzystania ścieżek klinicznych w połączeniu z historią leczenia pacjenta wykraczał poza zakres projektu, nie jest on traktowany jako główny obiekt zainteresowań w niniejszym opracowaniu.

Komponent utrzymujący wzorce ścieżek klinicznych na poziomie krajowym posiada zdolność wspomagania definiowania komputerowo interpretowalnych opisów ścieżek

klinicznych, na podstawie ich nieformalnych opisów medycznych. Wykorzystuje on podstawową grupę standardów opisu ścieżek klinicznych według tabeli 1 z opracowania [3]. Założono, że system repozytorium będzie pracował w standardzie GLIF 3.5 i wykorzystywał język zapytań GELLO, a standard zapisu danych o pacjencie będzie realizowany na bazie ASNSI/HL7 RIM 1.0. Z tego powodu dla potrzeb określenia wymagań na interfejsy systemu wzięto pod uwagę wyszczególnioną tutaj grupę standardów. Dodatkowym uwarunkowaniem, istotnym dla systemu ścieżek na poziomie krajowym, jest brak jego bezpośredniej współpracy z systemem EHR. Taka współpraca jest realizowana wyłącznie w celach badawczych w narzędziu badań efektywnościowych. Kolejnym wymaganiem, bardzo istotnym dla systemu ścieżek krajowych, była konieczność uzyskania zdolności wersjonowania zapisów ścieżek w stosunku do kolejnych ich wersji medycznych, wynikających z rozwoju nauk medycznych, jak również z rozwoju standardów opisu komputerowo interpretowalnych ścieżek klinicznych. Wymagania te muszą być również obsługiwane przez komponent projektowej bazy danych, która składa i umożliwia manipulację danymi o wzorcach z poziomu systemu repozytorium ścieżek krajowych, jak również pozostałymi danymi wykorzystywanymi przez narzędzie badań efektywnościowych, o których będzie mowa w dalszej części opracowania.

Jednym z kluczowych zadań w czasie realizacji projektu POIG.01.03.01-00-145/08 było opracowanie metody analizy efektywności informacyjnej repozytorium wytycznych i ścieżek klinicznych, a także przygotowanie odpowiednich narzędzi wspierających tę analizę. Całość prac w tym zakresie należało zilustrować odpowiednimi wynikami badań i omówieniem tych wyników. W opracowaniach [9], [11], [12] i [13] przedstawiono założenia metody badań efektywnościowych, a także istotne wymagania funkcjonalne i niefunkcjonalne narzędzi programowych wykorzystywanych do przeprowadzania tych badań. Zasadnicze założenia dla środowiska badań efektywnościowych zostały w odpowiedni sposób zilustrowane w postaci logicznego schematu komponentów środowiska eksperymentalnego repozytorium ścieżek klinicznych, przedstawionego na rysunku 1. Badawczy silnik workflow posiada zdolność pobierania definicji procesów opisujących ścieżki kliniczne z systemu wzorców krajowych i na podstawie danych parametryzacyjnych, otrzymywanych

z narzędzia badań symulacyjnych, uruchamiania konkretnych procesów ścieżek klinicznych na symulowanym poziomie hipotetycznego pacjenta. Zgodnie z opracowaniem [14] system ten posiada właściwości tzw. podsystemu wykonawczego procesów umożliwiającego zbadanie i zweryfikowanie poprawności zdefiniowanych opisów ścieżek klinicznych zgodnie ze standardami systemów klasy „workflow”. Zawiera on (patrz: rysunek 1) między innymi *podsystem symulacji procesów*, który umożliwia symulację realizacji komputerowej ścieżki klinicznej, jako planu leczenia z możliwością dostępu do danych pacjenta zgromadzonych w zasobach systemu klasy EHR. Należy również nadmienić, że narzędzie badań efektywnościowych posiada także zdolność składowania zagregowanych wyników badań do projektowej bazy danych, dzięki czemu możliwe jest przeglądanie i analizowanie wyników tych badań. Ponadto w projektowej bazie danych zapisywane są plany poszczególnych eksperymentów, wykonywanych w ramach badań efektywnościowych.

Badawczy system EHR jest jedyną instancją tej klasy systemów, wykorzystywaną w ramach realizacji projektu. Nie był to wprawdzie komponent wymagany w zakresie projektu, ale w wyniku jego realizacji uznano, że uruchomienie takiego systemu EHR będzie ubogacać możliwości badawcze, w ramach prowadzonych w projekcie badań efektywnościowych. Przyjęto założenie, że celem projektu nie jest opracowanie kompletnego, produkcyjnego systemu typu EHR, a jedynie implementacja jego wybranych elementów wyłącznie w celach badawczych. Przyjęto zatem, że badawczy system EHR będzie posiadał zdolność składowania danych o historiach leczenia hipotetycznych pacjentów, a także przekazywania danych historii leczenia tych pacjentów do narzędzia badań symulacyjnych w celu kompletowania poszczególnych planów eksperymentów i odpowiedniej parametryzacji badawczego silnika workflow.

Z dotychczasowych rozważań wynika, że do określenia wymagań na interfejs systemu ścieżek klinicznych do systemu EHR konieczne było przeanalizowanie następujących komponentów:

- interfejsu z systemem wzorców krajowych
- interfejsu pomiędzy badawczym systemem EHR (oznaczonym dalej symbolem EHR2) i badawczym silnikiem workflow.

### 3. Interfejs komponentu wzorców krajowych

Jak wcześniej wspomniano, komponent wzorców krajowych w zakresie wiedzy o pacjencie bazuje na modelu generycznym zaczerpniętym z ANSI/HL7 RIM 1.0 [3]. W związku z tym zakłada się, że zakres informacyjny rekordu pacjenta dla systemu poziomu krajowego jest już określony w tym właśnie standardzie. Do określenia formalnych uwarunkowań interoperacyjności pomiędzy systemem wzorców krajowych i hipotetycznym systemem EHR, posługując się koncepcją matematyczną z opracowań [1] i [2], dla dalszej analizy uwarunkowań przyjęto następujące oznaczenia:

- $SI_{CP1}$  – system informacyjny wzorców na poziomie krajowym (CP – od angielskiego „Clinical Pathways”)
- $SI_{EHR1}$  – system informacyjny EHR, z którym współpracuje system  $SI_{CP1}$ .

Idąc za warunkami interoperacyjności, przedstawionymi w pracach [1] i [2], systemy  $SI_{CP1}$  i  $SI_{EHR1}$  będą miały zdolność interoperacyjności tylko wtedy, gdy  $\exists I_{F1}$  takie, że

$$I_{F1} \subseteq (I_{CP1} \cap I_{EHR1}), \quad I_{F1} \neq \emptyset \quad (1)$$

gdzie:

$I_{CP1}$  – oznacza zbiór informacji niezbędny dla prawidłowego działania  $SI_{CP1}$

$I_{EHR1}$  – oznacza zbiór informacji niezbędny dla prawidłowego działania  $SI_{EHR1}$

$I_{F1}$  jest zbiorem informacji wspólnych dla  $SI_{CP1}$  i  $SI_{EHR1}$ , niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów oraz  $\exists I_{E1}$  takie, że

$$I_{E1} \subseteq I_{F1}, \quad I_{E1} \neq \emptyset \quad (2)$$

gdzie:

$I_{E1}$  jest zbiorem informacji wymienianych przez  $SI_{CP1}$  i  $SI_{EHR1}$ , niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów oraz

$$\forall i_{CP1,a}, i_{EHR1,b} \in I_{E1} : MI(i_{CP1,a}) \equiv MI(i_{EHR1,b}) \quad (3)$$

gdzie:

$i_{CP1,a}$  jest informacją o numerze  $a$  ( $a = 1, \dots, |I_{E1}|$ ), udostępnianą przez  $SI_{CP1}$  i odbieraną przez  $SI_{EHR1}$  jako  $i_{EHR1,b}$  dla komunikacji w kierunku od  $SI_{CP1}$  do  $SI_{EHR1}$



albo  $i_{EHR1,b}$  jest informacją o numerze  $b$  ( $b = 1, \dots, |I_{E1}|$ ), udostępnianą przez  $SIT_{EHR1}$  i odbieraną przez  $SIT_{CP1}$  jako  $i_{CP1,a}$  dla komunikacji w kierunku od  $SIT_{EHR1}$  do  $SIT_{CP1}$

$MI : I_{E1} \rightarrow Sem1$  jest odwzorowaniem zbioru informacji  $I_{E1}$  na zbiór ich semantyk  $Sem1$ , wspólnych dla obu systemów informacyjnych  $SIT_{CP1}$  i  $SIT_{EHR1}$ .

Należy w tym miejscu zauważyć, że w związku z przyjęciem założenia projektowego o implementacji standardu RIM 1.0 jako podstawy zakresu informacyjnego hipotetycznego systemu EHR i badawczego rekordu pacjenta można przyjąć, że istnieje spójne określenie zbioru  $Sem1$  semantyk obu interoperacyjnych systemów.

Przechodząc do komputerowej realizacji obu tych systemów informacyjnych, czyli do odpowiednich systemów informatycznych, należy zwrócić uwagę na to, że nie znajduje praktycznego uzasadnienia implementacja systemu EHR na poziomie wzorców krajowych.

Z analizy autora wynika bowiem, że budowanie systemu danych na podstawie wzorca generycznego RIM 1.0 nie będzie wystarczające do jego wykorzystania w zasymulowaniu rzeczywistego procesu leczenia. Tenże wzorzec generyczny trzeba rozszerzyć o możliwość opisywania dodatkowych, szczegółowych informacji, niezbędnych dla przeprowadzenia badań efektywnościowych, o czym będzie mowa w dalszej części opracowania.

Wobec powyższego, na etapie implementacji interfejsu systemu wzorców na poziomie krajowym do hipotetycznego systemu EHR wystarczyło zdefiniować w technologiach tzw. usług sieciowych (ang. web services) interfejs wystawiający zawartość modelu danych ANSI/HL7 RIM 1.0. Można było tutaj skorzystać również z możliwości wystawiania danych w odpowiednich zakresach częściowych RIM, niezbędnych dla prowadzenia badań efektywnościowych. Dlatego też do sformułowania opisu formalnego wymagań na interoperacyjność obu systemów przyjęto oznaczenia:

- $SIT_{CP1}$  – system informatyczny wzorców na poziomie krajowym
- $SIT_{EHR1}$  – system informatyczny EHR (hipotetyczny EHR), z którym współpracuje system  $SIT_{CP1}$ .

Podążając za pracami [1] i [2], warunki interoperacyjności dla obu systemów informatycznych można opisać następująco:

$\exists D_{F1}$  takie, że

$$D_{F1} \subseteq (D_{CP1} \cap D_{EHR1}), D_{F1} \neq \emptyset \quad (4)$$

gdzie:

$D_{CP1}$  – oznacza zbiór danych niezbędny dla prawidłowego działania  $SIT_{CP1}$

$D_{EHR1}$  – oznacza zbiór danych niezbędny dla prawidłowego działania  $SIT_{EHR1}$

$D_{F1}$  jest zbiorem danych wspólnych dla  $SIT_{CP1}$  i  $SIT_{EHR1}$ , niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów oraz

$\exists D_{E1}$  takie, że

$$D_{E1} \subseteq D_{F1}, D_{E1} \neq \emptyset \quad (5)$$

gdzie:

$D_{E1}$  jest zbiorem danych wymienianych przez  $SIT_{CP1}$  i  $SIT_{EHR1}$ , niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów oraz

$$\forall d_{CP1,h}, d_{EHR1,j} \in D_{E1} : MIT(d_{CP1,h}) \equiv MIT(d_{EHR1,j}) \quad (6)$$

gdzie:

$d_{CP1,h}$  jest daną o numerze  $h$  ( $h = 1, \dots, |D_{E1}|$ ) udostępnianą przez  $SIT_{CP1}$  i odbieraną przez  $SIT_{EHR1}$  jako  $d_{EHR1,j}$ .

$MIT : D_{E1} \rightarrow Sem1$  jest odwzorowaniem zbioru danych  $D_{E1}$  na zbiór ich semantyk  $Sem1$ , wspólnych dla obu systemów informatycznych  $SIT_{CP1}$  i  $SIT_{EHR1}$ .

Analiza warunków interoperacyjności systemów informatycznych  $SIT_{CP1}$  i  $SIT_{EHR1}$  stanowiących odpowiednio formalne oznaczenia komponentu wzorców krajowych z rysunku 1 i hipotetycznego systemu EHR doprowadziła do istotnego spostrzeżenia o jednokierunkowości projektowanych interfejsów wymiany danych, co zostało jednoznacznie zapisane w opisie symbolu  $d_{CP1,h}$ . Wyniknęło to z faktu, że na poziomie wzorców krajowych sensowne jest jedynie składowanie danych do EHR wyłącznie w celach badawczych, ewentualnie w celach statystycznych. Nie ma tutaj potrzeby rozważania wariantu składowania danych z procesu leczenia konkretnych pacjentów, ponieważ nie jest to celem wyróżniania poziomu krajowego wzorców ścieżek klinicznych. W rozumieniu autora opracowania, **w przypadku jednokierunkowej wymiany informacji** bazującej na wspólnym zbiorze  $I_E$  albo

danych, bazującej na wspólnym zbiorze  $D_E$ , **mówimy jedynie o kooperacyjności systemów**, a nie o ich interoperacyjności. **Dla interoperacyjności istnieje wymóg zapewnienia możliwości komunikacji dwukierunkowej.** W omawianym przypadku spostrzeżenie to jest kluczowe dla implementacji komunikatów interfejsowych. Dzięki temu dalszej analizie będzie podlegał wyłącznie zakres zbioru danych  $D_{E1}$  determinowany zakresem zbioru danych  $D_{CP1}$ .

#### 4. Interfejs badawczego silnika workflow

Według założeń badawczy silnik workflow i badawczy system EHR mają zdolność w pełni interoperacyjnej współpracy. Ustalono również, że badawczy system EHR powinien posiadać zdolność współpracy z narzędziem badań symulacyjnych. Założono także, że technologia realizacji interfejsów będzie bazowała na wykorzystywaniu usług sieciowych. W odniesieniu do zakresu informacji o pacjencie przyjęto jako bazowy standard ANSI/HL7 RIM 1.0.

Z uwagi na to, że badawczy system EHR, w odróżnieniu od systemu hipotetycznego EHR, o którym była mowa wcześniej, umożliwia składowanie i udostępnianie danych o przebiegu leczenia teoretycznych pacjentów, zakres danych w nim przechowywanych zawiera w sobie dane przechowywane w komponencie wzorców krajowych. Dodatkowym elementem zbioru danych badawczego systemu EHR są dane o historiach leczenia teoretycznych pacjentów. Formalnie możemy zapisać to następująco:

$$D_{EHR2} \subseteq (D_{EHR1} \cup D_P) \quad (7)$$

gdzie:

$D_{EHR2}$  – oznacza zbiór danych, zgodny z HL7 RIM 1.0, niezbędny dla prawidłowego działania badawczego systemu EHR  $SIT_{EHR2}$ ,

$D_P$  – oznacza zbiór danych o historii leczenia pacjenta przekazywany z badawczego silnika workflow  $SIT_{CP2}$  do  $SIT_{EHR2}$  oraz z  $SIT_{EHR2}$  do narzędzia badań symulacyjnych  $SIT_{SIM}$ .

Zbiór danych  $D_{CP2}$  badawczego silnika workflow (patrz: rys. 1) zawiera w sobie dane przechowywane w zbiorze danych  $D_{CP1}$ , czyli:

- zbiór  $D_{CIG}$  danych o wzorcach procesów, stanowiących postać zapisu komputerowo interpretowalnych ścieżek klinicznych (wspólny dla systemów  $SIT_{CP1}$  i  $SIT_{CP2}$ )
- zbiór  $D_{EHR1}$  danych generycznych HL7 RIM 1.0 systemu EHR1
- zbiór  $D_{HIS}$  danych z historii wykonania poszczególnych procesów, z których ekstrahowane są dwa rozłączne zbiory danych:
  - $D_P$  – dane historii leczenia hipotetycznych pacjentów
  - $D_{RES}$  – dane pozostałych wyników symulowanych procesów leczenia, wykraczających poza zbiór  $D_P$
- zbiór  $D_{PAR}$  danych parametryzacyjnych wysyłanych z systemu  $SIT_{SIM}$  w celu odpowiedniego przeprowadzania symulowanych procesów leczenia hipotetycznych pacjentów. Składa się on z dwóch rozłącznych zbiorów danych, tj.:
  - $D_{P'}$  – dane przetworzonej dla potrzeb badań symulacyjnych historii leczenia hipotetycznych pacjentów,
  - $D_{SIM}$  – dane pozostałych parametrów badań symulacyjnych, wykraczających poza zbiór  $D_{P'}$ .

Formalnie, skład zbioru danych  $D_{CP2}$  można zatem zapisać tak, jak w formule (8):

$$D_{CP2} \subseteq \left( \begin{array}{l} D_{CIG} \cup D_{EHR1} \cup \\ \cup D_P \cup D_{RES} \cup D_{P'} \cup D_{SIM} \end{array} \right) \quad (8)$$

Porównując skład zbioru  $D_{EHR2}$  z formuły (7) i zbioru z formuły (8), można ustalić skład zbioru danych  $D_{E2}$  wymienianych przez badawczy silnik workflow  $SIT_{CP2}$  i badawczy system EHR  $SIT_{EHR2}$ , niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów i zapewniających ich interoperacyjność (zgodnie z opisem w pracach [1] i [2]). Jest to suma zbiorów  $D_{EHR1}$  i  $D_P$ , czyli zbiór  $D_{EHR2}$  z formuły (7). Warunek ten został formalnie zapisany w formule (9):

$$D_{E2} \subseteq D_{EHR2} \quad (9)$$

Zbiór  $Sem2$  semantyk dla systemów  $SIT_{CP2}$  i  $SIT_{EHR2}$  jest wspólny dla obu tych systemów i jest nadzbiorem zbioru semantyk  $Sem1$ . Oba

zbiory mają część wspólną w zakresie semantyki dla danych ze zbioru  $D_{EHR1}$ . Ze względu na to, że dla obu analizowanych systemów  $SIT_{CP2}$  i  $SIT_{EHR2}$  zakłada się bazowanie na tych samych semantykach określonych dla składowych zbioru  $D_{E2}$ , zachodzi następujący warunek:

$$\forall d_{CP2,l}, d_{EHR2,m} \in D_{E2} : MIT(d_{CP2,l}) \equiv \equiv MIT(d_{EHR2,m}) \quad (10)$$

gdzie:

$d_{CP2,l}$  jest daną o numerze  $l$  ( $l=1, \dots, |D_{E2}|$ ) udostępnianą przez  $SIT_{CP2}$  i odbieraną przez  $SIT_{EHR2}$  jako  $d_{EHR2,m}$ .

$MIT : D_{E2} \rightarrow Sem2$  jest odwzorowaniem zbioru danych  $D_{E2}$  na zbiór ich semantyk  $Sem2$ , wspólnych dla obu systemów informatycznych  $SIT_{CP2}$  i  $SIT_{EHR2}$ .

Na podstawie założeń o sposobie komunikacji pomiędzy systemami  $SIT_{CP2}$  i  $SIT_{EHR2}$  widać, że również tutaj mamy do czynienia z jednokierunkowością komunikacji tych systemów. Jak już wcześniej podkreślono, w rozumieniu autora niniejszego opracowania oznacza to ich *kooperacyjność*. Warto jednak zauważyć, że w przypadku, kiedy zbiory  $D_P$  i  $D_P'$  z formuły (8) byłyby identyczne, oba komponenty, tj. badawczy silnik workflow i badawczy system EHR z rysunku 1, będą interoperacyjne. Będzie to jednak sytuacja, w której zapewni się możliwość zaistnienia **interoperacyjności pośredniej**, rozumianej jako możliwość spełnienia warunków interoperacyjności **dla dwóch rozłącznych systemów, za pośrednictwem co najmniej jednego, trzeciego systemu**, który współpracuje z oboma pozostałymi, przekazując pomiędzy nimi komunikaty z zachowaniem warunków ich interoperacyjności. Warto również nadmienić, że w przypadku, **kiedy dwa rozłączne systemy** komunikują się ze sobą **bezpośrednio** i spełniają zdefiniowane dla tej komunikacji warunki interoperacyjności, **mówimy o zjawisku interoperacyjności bezpośredniej**<sup>1</sup>. Zgodnie z założeniami projektowymi implementacja interfejsu wymiany danych

pomiędzy systemami  $SIT_{CP2}$  i  $SIT_{EHR2}$ , podobnie jak w przypadku systemów  $SIT_{CP1}$  i  $SIT_{EHR1}$ , bazowała na technologii usług sieciowych. Ponadto, konieczne było przestrzeganie zasady konieczności dochowania tych samych reguł syntaktycznych dla wymienianych danych. Dzięki temu uniknięto konieczności definiowania i implementacji reguł konwersji danych, o których mowa w opracowaniach [1] i [2]. Zapewniło to niższy koszt zapewnienia interoperacyjności obu systemów niż wtedy, gdyby takie reguły konwersji trzeba było definiować i implementować.

## 5. Implementacja wybranych mechanizmów interfejsowych

W projektowych pracach implementacyjnych określono szczegółowo zakresy danych przekazywanych pomiędzy repozytorium ścieżek klinicznych i EHR, co znalazło swój wynik w szczegółowo określonych zakresach danych dla poszczególnych składowych zbiorów  $D_{E1}$  i  $D_{E2}$ . Dzięki temu umożliwiono skuteczne uruchomienie mechanizmów interoperacyjności pomiędzy systemem ścieżek klinicznych i przykładowym systemem EHR, z zachowaniem warunków przedstawionych w niniejszym opracowaniu. Nie bez znaczenia na tym etapie była analiza doświadczeń autorów standardu interoperacyjności SAGE [4].

W zakresie standardów implementacyjnych przyjęto, że źródłowy opis ścieżki klinicznej jest zapisywany w repozytorium w postaci bazy danych zgodnej ze standardem GLIF 3.5. Zapytania do bazy danych są wykonywane w języku GELLO<sup>2</sup> i w składni tego języka zapisywane są wyrażenia na węzłach decyzyjnych ścieżki zapisywanej w bazie GLIF. Wypracowane narzędzie wprowadzania do repozytorium opisów ścieżek umożliwia generowanie ich opisów w postaci skryptu w formacie RDF (ang. Resource Description Framework), który jest specyfikacją konsorcjum W3C umożliwiającą zapis metadanych w plikach tekstowych zorganizowanych w postaci znacznikowej, zgodnej z koncepcją znaczników XML. Pliki RDF są następnie konwertowane przez zrealizowany podczas projektu dedykowany konwerter plików RDF do formatu XPDL, który jest wykorzystywany

<sup>1</sup> W omawianym przypadku interoperacyjność badawczego silnika workflow i badawczego systemu EHR (patrz: rys. 1) mogłaby być zapewniona za pośrednictwem narzędzia badań symulacyjnych.

<sup>2</sup> HL7 Version 3 Standard:GELLO; A Common Expression Language, Release 2 (revision of ANSI/HL7 V3 GELLO, R1-2005) został zaakceptowany przez ANSI w dniu 28.04.2010 r., data publikacji standardu: 05.07.2010 r.

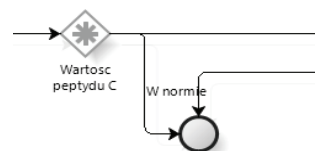


przez badawczy silnik workflow. W czasie pracy tego konwertera była również realizowana cząstkowa konwersja zapytań GELLO na wyrażenia logiczne akceptowalne przez badawczy silnik workflow, pracujący na podstawie skryptów XPDL, zapewniających interoperacyjność badawczego silnika workflow i narzędzia badań symulacyjnych z badawczym systemem EHR. Należy nadmienić, że zaimplementowane mechanizmy interoperacyjności stanowią jedynie odwzorowanie przypadków szczególnych dla wybranych jednostek chorobowych, przyjętych dla etapu badań końcowych opracowanego oprogramowania repozytorium. Ich dostosowanie do pełnej pracy produkcyjnej w konkretnym środowisku szpitalnym wymagałoby dodatkowych prac o charakterze badań przemysłowych.

Przykładowe implementacje mechanizmów interfejsowych pomiędzy eksperymentalnym systemem ścieżek repozytorium klinicznych i badawczym systemem EHR zostały dokładniej omówione w pracach [6] i [7]. Jednym z celów realizacji tych prac było sprawdzenie mechanizmów interoperacyjności na bazie fragmentów wyselekcjonowanych opisów ścieżek klinicznych dla cukrzycy i sprawdzenie mechanizmów interoperacyjności z wybraną, przykładową implementacją systemu EHR. W tym przypadku, do testów sprawdzających, wybrano dostępną w Internecie wersję systemu OpenMRS<sup>3</sup>.

Medyczny opis ścieżki klinicznej dla cukrzycy został zaproponowany w pracy [8]. Na tej podstawie w pracy [10] zaproponowano model UML i BPMN dla tej ścieżki, który został rozwinięty dla potrzeb projektu POIG.01.03.01-00-145/08 w pracy [9]. To z kolei stanowiło podstawę do opracowania interfejsów pomiędzy systemem ścieżek klinicznych i systemem OpenMRS, przedstawionych w pracach [6] i [7]. Zgodnie z uzyskanymi w tym zakresie wynikami, dopracowano się odpowiednich skryptów XPDL, umożliwiających realizację niezbędnych mechanizmów interoperacyjności pomiędzy repozytorium ścieżek klinicznych i systemem EHR, zgodnie z logiką współpracy komponentów systemu przedstawioną na rysunku 1. W modelu BPMN węzły decyzyjne z procesu leczenia pacjenta są odzwierciedlane przez tzw. bramki logiczne, dla których konieczne jest dostarczanie konkretnych wartości – w szczególności wyników badań

pacjenta. Na tej podstawie możliwe jest podejmowanie właściwej decyzji o przebiegu procesu leczenia, co w notacji BPMN przekłada się na ustalenie ścieżki, według której przebiega proces workflow. Na rysunku niżej przedstawiony jest przykład modelu bramki logicznej dla węzła decyzyjnego w ścieżce klinicznej.



Rys. 2. Przykład bramki logicznej, źródło: [6], [7]

Dla przedstawionej bramki logicznej zaproponowano skrypt XPDL z odpowiednimi zapisami, dzięki czemu maszyna workflow realizująca instancję procesu na podstawie tego skryptu potrafi wspierać działanie bramki logicznej, zgodnie z jej strukturą przedstawioną na rysunku 2 (patrz: listing 1).

```
<Activity Id="d3e80159-34e6-44b5-aafe-d6a1787253fc" Name="Wartosc
peptydu C">
  <Description />
  <Route GatewayType="Complex" />
  <Documentation />
  <ExtendedAttributes/>
  <NodeGraphicsInfos>
    <NodeGraphicsInfo ToolId="BizAgi_Process_Modeler" Height="40"
Width="40" BorderColor="-5855715" FillColor="-52">
      <Coordinates XCoordinate="282" YCoordinate="86" />
    </NodeGraphicsInfo>
  </NodeGraphicsInfos>
  <IsForCompensationSpecified>false</IsForCompensationSpecified>
</Activity>
```

Listing 1. Fragment źródłowego skryptu XPDL, źródło: [6], [7]

W celu umożliwienia współpracy ścieżki klinicznej z systemem EHR powyższy skrypt został rozszerzony o element *ExtendedAttributes* z odpowiednią wartością.

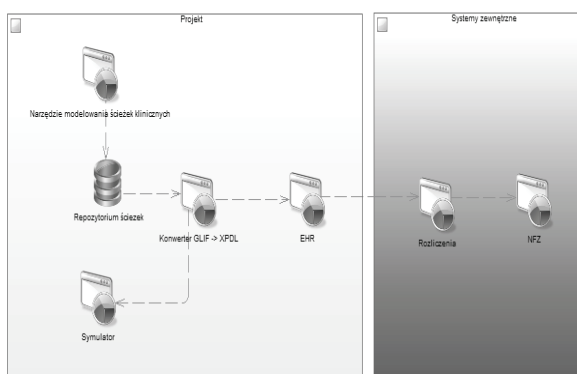
```
<Activity Id="d3e80159-34e6-44b5-aafe-d6a1787253fc" Name="Wartosc
peptydu C">
  <Description />
  <Route GatewayType="Complex" />
  <Documentation />
  <ExtendedAttributes>
    <ExtendedAttribute Name="EHR" Value="1.0"/>
  </ExtendedAttributes>
  <NodeGraphicsInfos>
    <NodeGraphicsInfo ToolId="BizAgi_Process_Modeler" Height="40"
Width="40" BorderColor="-5855715" FillColor="-52">
      <Coordinates XCoordinate="282" YCoordinate="86" />
    </NodeGraphicsInfo>
  </NodeGraphicsInfos>
  <IsForCompensationSpecified>false</IsForCompensationSpecified>
</Activity>
```

Listing 2. Fragment skryptu XPDL rozszerzonego w elemencie *ExtendedAttribute*, źródło: [6], [7]<sup>4</sup>

<sup>3</sup> <http://openmrs.org/wiki/OpenMRS>

<sup>4</sup> W tym przypadku przyjęto przedział wartości peptydu C według skali 0,7-2,0 mcg/l.

Dzięki temu rozszerzeniu w bramce logicznej, zapisanej w skrypcie XPDŁ, uzyskuje się możliwość współpracy z zewnętrznym systemem EHR (patrz: listing 2). W przyjętej koncepcji skryptów XPDŁ wartości badań umieszczane są w elemencie *ExtendedAttributes*. Atrybut *Name* ustawiany jest na wartość "EHR" oznaczającą źródło pochodzenia wyniku badania, natomiast atrybut *Value* przechowuje rzeczywisty wynik badania. Warto nadmienić, że ze względu na przyjętą logikę mapowania elementów ścieżki klinicznej w systemie EHR, w odpowiednich skryptach XPDŁ nie należy zmieniać nazw bramek logicznych, czyli elementu *Activity* i atrybutu *Name*. Dodatkowym uwarunkowaniem przyjętych rozwiązań jest brak pełnej implementacji standardu grupowania wyników badań szpitalnych i laboratoryjnych LOINC (patrz: [4]), co wynikało ograniczeń zakresu projektu POIG.01.03.01-00-145/08. Kolejnym zagadnieniem istotnym dla przedstawionych w tym miejscu rozważań było uzupełnienie zapisów w skrypcie XPDŁ o wartości umożliwiające identyfikację według kodów międzynarodowej klasyfikacji procedur medycznych ICD-9 oraz międzynarodowych kodów klasyfikacji chorób i innych problemów zdrowotnych ICD-10 [4]. Było to ważne ze względu na konieczność standaryzacji zapisu tych danych w systemie EHR, a także dla skutecznego rozliczania świadczeń medycznych, zapisanych w systemie EHR na podstawie opisów ścieżek klinicznych, przechowywanych w ich elektronicznym repozytorium, o czym mowa w dalszej części opracowania.



Rys. 3. Schemat przepływu danych dla ich konwersji, źródło: [7]

Na schemacie przedstawionym na rysunku 3 przedstawiono dodatkowe przepływy danych z systemu EHR do systemu rozliczeń realizowanych zgodnie z wytycznymi NFZ, dotyczących klasyfikacji wykonanych usług medycznych zgodnie z regułami tzw.

jednorodnych grup pacjentów (JGP). W celu umożliwienia realizacji mechanizmów tych rozliczeń w pracy [6] zaproponowano odpowiednią modyfikację skryptów XPDŁ i odpowiednie odniesienia do standardów słowników ICD-9 i ICD-10. Przykład dla aktywności z listą ICD-9 został przedstawiony poniżej.

```
<Activity Id="newpkg1_wp1_act3" Name="Podanie leku trombolitycznego
trzeciej generacji">
  <Implementation>
    <No/>
  </Implementation>
  <ExtendedAttributes>
    <ExtendedAttribute Name="ICD9" Value="99.103"/>
  </ExtendedAttributes>
</Activity>
```

Listing 3. Fragment skryptu XPDŁ uwzględniającego kod ICD-9, źródło: [6]

W aktywności przedstawionej na listingu 3 jej nazwa jednoznacznie odzwierciedla wykonaną procedurę medyczną. Należy pamiętać, że po jej zmianie, przypisanie jej do odpowiedniego kodu ICD-9 mogłoby okazać się niemożliwe. Z tego powodu w docelowych implementacjach należy zapewnić odpowiednie powiązania nazw i kodów poszczególnych pozycji słownika ICD-9.

Poniżej przedstawiono przykład dla aktywności z wykorzystaniem przykładowej wartości ze słownika ICD-10.

```
<Activity Id="newpkg1_wp1_act14" Name="Szczegółowe badania">
  <Implementation>
    <No/>
  </Implementation>
  <ExtendedAttributes>
    <ExtendedAttribute Name="ICD10" Value="E10.5"/>
  </ExtendedAttributes>
</Activity>
```

Listing 4. Fragment skryptu XPDŁ uwzględniającego kod ICD-10, źródło: [6]

W tym przypadku również należy pamiętać o konieczności odpowiedniego wiązania nazw i kodów poszczególnych pozycji słownika ICD-10. Pozycje skryptu XPDŁ, dla których nie przypisano żadnego kodu, nie mają znaczenia dla zapisu historii leczenia pacjenta i rozliczeń usług medycznych. Pełnią one wtedy wyłącznie funkcję informacyjną.

## 6. Podsumowanie

Podstawowym założeniem dla implementacji komponentu wzorców krajowych, badawczego silnika workflow i dla badawczego systemu EHR było ustalenie, że wszystkie te komponenty zachowują wystarczającą zgodność



ze standardami wymienionymi w opracowaniach [3] i [4] oraz warunkami interoperacyjności opisanymi w niniejszym opracowaniu. Kolejnym wymogiem była implementacja interfejsów w technologii usług sieciowych.

W opracowaniu opisano przyjęte technologie implementacyjne i wykazano, że na poziomie przyjętych standardów możliwe jest efektywne zapewnienie interoperacyjności wskazanych komponentów z badawczym systemem EHR w zakresie wynikającym z potrzeb i zakresu zrealizowanego projektu. Przygotowana realizacja interfejsów do systemu EHR miała charakter badawczy. Oznacza to, że ewentualne zastosowanie przyjętych rozwiązań w systemach stosowanych w codziennej praktyce medycznej wymagałoby podjęcia dodatkowych prac, które wykaczałyby poza zakres projektu POIG.01.03.01-00-145/08. Dotyczy to między innymi pełnej translacji zapytań języka GELLO, dzięki czemu możliwe będzie odpowiednie skomunikowanie węzłów decyzyjnych wzorców ścieżek klinicznych, zapisanych w bazie danych zgodnie z logiką modelu GLIF, z odpowiednimi danymi w bazie EHR odczytywanymi na podstawie postaci wykonawczej ścieżki zapisywanej w plikach XPD, utrzymujących logikę opisu procesów workflow zgodną z BPMN przy zachowaniu warunków interoperacyjności interfejsu komponentu wzorców krajowych i interfejsu badawczego silnika workflow z systemem EHR, przedstawionych w niniejszym opracowaniu. Warto również pamiętać o potrzebie pełnej implementacji co najmniej słowników ICD-9, ICD-10 i LOINC, dzięki czemu będzie można dążyć do zapewnienia zgodności syntaktycznej i semantycznej (tj. informacyjnej) przekazywanych komunikatów w systemie produkcyjnym.

## 7. Bibliografia

- [1] G. Bliźniuk, „O kilku warunkach interoperacyjności systemów informacyjnych i informatycznych”, *Biuletyn ISI* Nr 3, 13-18 (2009).
- [2] G. Bliźniuk, „Thing about Some Assuring Interoperability of Information and Information Technology Systems Conditions”, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 18, No. 3B, 30-34 (2009).
- [3] G. Bliźniuk, „Określenie przydatności standardów BPMN, GELLO, UML, OCL, XML, HL7 i ich wybór dla modelu repozytorium. Kontekst zapewnienia interoperacyjności”, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, 311-318, WAT, Warszawa, 2010.
- [4] G. Bliźniuk, „Ranking inicjatyw standaryzacyjnych oraz standardów kluczowych dla opisu wytycznych i ścieżek klinicznych”, w: *Metody i narzędzia projektowania komputerowych systemów medycznych*, Vizja Press&IT, Warszawa, 2009.
- [5] T. Zdrojewski, „Opracowanie oceny adekwatności doboru elektronicznych źródeł wiedzy medycznej pod kątem reprezentatywności opisów wytycznych i ścieżek klinicznych”, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, 243-250, WAT, Warszawa, 2010.
- [6] I. Iwicki, *Implementacja mechanizmów zapewniających rozliczanie usług medycznych z wykorzystaniem opisu ścieżek klinicznych*, praca magisterska pod kierunkiem G. Bliźniuka, Wydział Cybernetyki WAT, Warszawa, 2010.
- [7] P. Giętkowski, *Implementacja mechanizmów zapewniających interoperacyjność systemów EHR i systemów ścieżek klinicznych*, praca magisterska, Wydział Cybernetyki WAT, Warszawa, 2010.
- [8] J. Dytfeld, „Medyczny opis ścieżki klinicznej dla cukrzycy”, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, WAT, Warszawa, 2010.
- [9] M. Lignowska, „Uruchomienie narzędzia badań symulacyjnych w ramach narzędzia badań efektywnościowych”, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, WAT, Warszawa, 2010.
- [10] M. Kaczanowki, *Realizacja modeli procesów pracy dla wybranych ścieżek klinicznych*, praca inżynierska, Wydział Cybernetyki WAT, Warszawa, 2010.
- [11] T. Nowicki, „Opracowanie wymagań dla badań efektywnościowych wytycznych i ścieżek klinicznych”, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, WAT, Warszawa, 2010.
- [12] M. Lignowska, „Opracowanie wymagań dla badań efektywnościowych środowiska wykonawczego modelu”, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, WAT, Warszawa, 2010.
- [13] T. Nowicki, „Plan badań efektywnościowych oprogramowania eksperymentalnego modelu repozytorium”, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, WAT, Warszawa, 2010.

- [14] J. Koszela, „Wykonanie koncepcji i opis wymagań dla modułu tworzenia wytycznych i ścieżek klinicznych”, w: *Raport końcowy projektu POIG.01.03.01-00-145/08*, WAT, Warszawa, 2010.

## **Concept of interoperability of clinical carepaths and the electronic health record systems conditions implementation**

G. BLIŹNIUK

In contents of paper a description of requirements to the manner of the implementation of the nonvisual interface to systems of the type EHR (electronic health record) was described. That all was carried out as part of project no. POIG.01.03.01-00-145/08, partly granted by EU funds. According to the scope of this project offering such an interface to the model of non-commercial EHR system was supposed to be one of his results. At the same time the scope of the project didn't include the implementation of production EHR systems. During design works a made attempt to start the so-called research EHR system stayed, of which the effective implementation contributed to enrich research alternatives of the environment worked out connected with realization of simulated routes of clinical paths. A description of requirements for the interface to the EHR system both for the system of the repository of clinical paths, and for the tool of effectiveness examinations and XPD interfaces conception was described too. In the synthetic way were discussed also occurrences so called: cooperativeness, one-way and two-way interoperability of IT systems.

**Keywords:** interoperability, clinical pathways, EHR