

O kilku warunkach zapewniających interoperacyjność systemów informacyjnych i informatycznych

G. BLIŹNIUK

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

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

W treści opracowania, wychodząc od kilku popularnych określeń pojęcia „interoperacyjność”, przedstawiono krótką dyskusję tego pojęcia w odniesieniu do systemów informacyjnych i systemów informatycznych. Następnie sformułowano tezy o niektórych warunkach interoperacyjności tych klas systemów wraz z ich omówieniem. Odniesiono się również do wybranych zagadnień realizacji mechanizmów interoperacyjności systemów informatycznych. Jako przykład ilustrujący i uzasadniający słuszność sformułowanych tez został przedstawiony przykład implementacji rzeczywistych systemów, w której autor opracowania brał udział w latach 2005-2007. Dla tego przykładu przedstawiono sposób spełnienia warunków interoperacyjności, sformułowanych w części zasadniczej opracowania.

Keywords: interoperability, information systems, IT systems

1. Wprowadzenie

Interoperacyjność jest niefunkcjonalną właściwością 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 dla 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 o tym, że nie integrujemy fizycznie kilku systemów w jeden nowy system. Systemy są tutaj widziane jako czarne skrzynki z odpowiednio udostępnionymi interfejsami zapewniającymi ich kooperacyjność.

Przedstawione w tym miejscu rozumienie istoty interoperacyjności znajduje swoje potwierdzenie w wielu określeniach tego pojęcia, z których warto przeanalizować kilka najciekawszych. Według określenia z [6], odnoszącego się do systemów informatycznych, interoperacyjność oznacza zdolność dwóch lub większej liczby tychże systemów lub ich komponentów do wymiany informacji i do jej użycia. Według określenia z [1] interoperacyjność jest rozumiana jako zdolność do trwałego transferu i użycia informacji

zunifikowanej na wskroś różnorodnych organizacji i systemów informatycznych. W tym miejscu widać więc aspekt istnienia organizacji i procesów jej działalności. W podobny sposób interoperacyjność jest rozumiana w [5], gdzie jest ona określana jako zdolność dwóch lub większej liczby różnych podmiotów do wymiany informacji i do jej wykorzystywania. Najbardziej rozbudowane określenie interoperacyjności zostało zaproponowane przez Komisję Europejską w [4]. Interoperacyjność określono tam, jako zdolność zasadniczo odmiennych, różnorodnych organizacji do interakcji w celu realizacji wzajemnie korzystnych i uzgodnionych celów, włączając w to współdzielenie informacji i wiedzy pomiędzy organizacjami w płaszczyźnie realizowanych przez nie procesów biznesowych, które to współdzielenie jest realizowane poprzez wymianę danych za pośrednictwem wykorzystywanych w tych organizacjach systemów teleinformatycznych.

Dotychczasowe rozważania doprowadzają zatem do spostrzeżenia o tym, że analizując czynniki istotne dla sformułowania warunków zapewnienia interoperacyjności, należy brać pod uwagę wzajemne powiązania pomiędzy kluczowymi bytami, jakimi są dane, informacja i wiedza. W najbardziej popularnym rozumieniu tych pojęć [2, 7, 8, 9] relacje pomiędzy nimi są przedstawiane w trójpoziomowej hierarchii. Na jej najniższym poziomie umieszczane są dane, jako nośniki informacji. Informacje są

rozumiane jako dane, które podlegają interpretacji. Wiedza natomiast jest pozyskiwana z informacji, której należy nadać odpowiednie znaczenie i rozumienie, czyli semantykę, uwzględniające wiedzę istniejącą wcześniej.

2. Warunek zapewniający interoperacyjność systemów informacyjnych

Według [7] system informacyjny jest zbiorem SI sześciu elementów:

$$SI = \{P, I, T, O, M, R\} \quad (1)$$

gdzie:

- P jest zbiorem użytkowników systemu,
- I jest zbiorem informacji, czyli tzw. zasobem informacyjnym systemu,
- T jest zbiorem narzędzi technicznych stosowanych w procesie pobierania, przesyłania, przetwarzania, przechowywania i wydawania informacji,
- O jest zbiorem rozwiązań systemowych, czyli formułą zarządzania stosowaną w danej organizacji,
- M jest zbiorem metainformacji o systemie informacyjnym, czyli jego opisem i opisem jego zasobów informacyjnych,
- R jest relacją pomiędzy poszczególnymi zbiorami.

W dalszym ciągu rozważań zostało przyjęte rozumienie systemu informacyjnego według formuły (1).

Teza 1

Dla dwóch kooperujących i rozłącznych systemów informacyjnych SI_K i SI_L , dla których:

I_K – oznacza zbiór informacji niezbędny dla prawidłowego działania SI_K ,

I_L – oznacza zbiór informacji niezbędny dla prawidłowego działania SI_L jest spełniony warunek zapewniający ich interoperacyjność wtedy, gdy: $\exists I_F$ takie, że

$$I_F \subseteq I_K \cap I_L, I_F \neq \emptyset \quad (2)$$

gdzie:

I_F jest zbiorem informacji wspólnych dla SI_K i SI_L , niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów oraz $\exists I_E$ takie, że

$$I_E \subseteq I_F, I_E \neq \emptyset \quad (3)$$

gdzie:

I_E jest zbiorem informacji wymienianych

przez SI_K i SI_L , niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów oraz

$$\forall i_{K,a}, i_{L,b} \in I_E MI(i_{K,a}) \equiv MI(i_{L,b}) \quad (4)$$

gdzie:

$i_{K,a}$ jest informacją o numerze a ($a=1, \dots, |I_E|$), udostępnianą przez SI_K i odbieraną przez SI_L jako $i_{L,b}$ dla komunikacji w kierunku od SI_K do SI_L albo

$i_{L,b}$ jest informacją o numerze b ($b=1, \dots, |I_E|$), udostępnianą przez SI_L i odbieraną przez SI_K jako $i_{K,a}$ dla komunikacji w kierunku od SI_L do SI_K

$MI: I_E \rightarrow sem$ jest odwzorowaniem zbioru informacji I_E na zbiór ich semantyk Sem , wspólnych dla obu systemów informacyjnych SI_L i SI_K .

Tylko wtedy, kiedy spełnione są równocześnie zależności (2), (3) i (4) można uznać, że oba systemy są interoperacyjne. Wtedy bowiem semantyka informacji wymienianej przez te systemy jest tożsama, co warunkuje przekazywanie pomiędzy nimi tej samej wiedzy o tym samym podmiocie.

3. Warunek zapewniający interoperacyjność systemów informatycznych

System informatyczny stanowi całość lub część systemu informacyjnego oprzyrządowanego technologiami informatycznymi. Rozważając warunek zapewniający interoperacyjność systemów informatycznych przyjęto, że systemy wymieniają się danymi, będącymi nośnikami informacji. W tym miejscu nie podlegają analizie struktury tych danych i metody ich przesyłania, jak również pozainformatyczne uwarunkowania realizacji czynności przesyłania danych¹. Zakłada się jedynie, że niepodzielna porcja danych jest efektywnie przekazywana pomiędzy dwoma, interoperacyjnymi systemami informatycznymi.

Teza 2

Dla dwóch kooperujących i rozdzielnych systemów informatycznych SIT_P i SIT_Q , stanowiących techniczną realizację systemów informacyjnych, odpowiednio: SI_K i SI_L , dla których:

¹ Na przykład uwarunkowania organizacyjne czy legislacyjne

D_P – oznacza zbiór danych niezbędny dla prawidłowego działania SIT_P ,

D_Q – oznacza zbiór danych niezbędny dla prawidłowego działania SIT_Q

jest spełniony warunek zapewniający ich interoperacyjność wtedy, gdy:

$\exists D_F$ takie, że

$$D_F \subseteq D_P \cap D_Q, D_F \neq \emptyset \quad (5)$$

gdzie:

D_F jest zbiorem danych wspólnych dla SIT_P i SIT_Q , niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów oraz

$\exists D_E$ takie, że

$$D_E \subseteq D_F, D_E \neq \emptyset \quad (6)$$

gdzie:

D_E jest zbiorem danych wymienianych przez SIT_P i SIT_Q , niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów oraz

$$\forall d_{P,h}, d_{Q,j} \in D_E \text{ MIT}(d_{P,h}) \equiv \text{MIT}(d_{Q,j}) \quad (7)$$

gdzie:

$d_{P,h}$ jest daną o numerze h ($h=1, \dots, |D_E|$) udostępnianą przez SIT_P i odbieraną przez SIT_Q jako $d_{Q,j}$ dla komunikacji w kierunku od SIT_P do SIT_Q albo

$d_{Q,j}$ jest daną o numerze j ($j=1, \dots, |D_E|$) udostępnianą przez SIT_Q i odbieraną przez SIT_P jako $d_{P,h}$ dla komunikacji w kierunku od SIT_Q do SIT_P

$\text{MIT}: D_E \rightarrow \text{sem}$ jest odwzorowaniem zbioru danych D_E na zbiór ich semantyk Sem , wspólnych dla obu systemów informatycznych SIT_P i SIT_Q .

Dla interoperacyjnych systemów informatycznych kluczowa jest interpretacja danych przekazywanych pomiędzy systemami, o czym mowa w formule (7). Interpretacja danych jest niezbędna dla ustalenia znaczenia informacji, które są przenoszone przy pomocy tych danych. Takie rozumowanie stanowi uzasadnienie dla ustalenia wspólnego zbioru Sem semantyk informacji dla systemu informacyjnego SI i semantyk danych dla systemu informatycznego SIT , stanowiącego techniczną realizację SI .

Należy zauważyć, że spełnienie warunku przedstawionego w tezie 2 zapewnia interoperacyjność systemów informatycznych. Wynika to przede wszystkim z faktu, że w rzeczywistej realizacji tej klasy systemów spełnienie tezy 2 - oprócz odpowiedniego

sformułowania zbiorów wymienianych danych - - oznacza zapewnienie skutecznej komunikacji² tych systemów. Należy również nadmienić, zagadnieniem istotnym dla konkretnych implementacji systemów informatycznych, które w tym miejscu nie podlega analizie, jest kwestia powiązań pomiędzy danymi ze zbioru D_E i informacjami ze zbioru I_E przy zapewnieniu spełnienia warunków, określonych w tezach 1 i 2.

4. Niektóre uwarunkowania realizacji mechanizmów interoperacyjności

W systemach informatycznych możemy napotkać szereg zagadnień dotyczących implementacji skutecznych mechanizmów ich interoperacyjności. Analizując wybrane czynniki wpływające na zapewnienie zgodności semantycznej danych przekazywanych pomiędzy systemami warto skupić się na znaczeniu syntaktyki tych danych. Już bowiem na etapie projektowania mechanizmów interoperacyjności systemów należy stwierdzić, czy syntaktyka danych mieszczących się w zbiorze D_E pozwala na dochowanie warunków sformułowanych w tezie 2.

A zatem, w przypadku dwóch różnych danych $d_{P,h}$ i $d_{Q,j}$ zgodnie z ich rozumieniem opisanym w formule (7), możemy mieć do czynienia z trzema sytuacjami, tj.:

1. pełną zgodnością syntaktyczną tych danych,
2. brakiem ich zgodności syntaktycznej w stopniu umożliwiającym efektywną konwersję pomiędzy formatami wymienianych danych,
3. brakiem ich zgodności syntaktycznej, uniemożliwiającym konwersję formatów danych.

W pierwszym przypadku dane pomiędzy systemami są wymieniane w formatach niezmiennych i dzięki temu nie trzeba ponosić dodatkowych nakładów na realizację mechanizmów ich konwersji. Jest to sytuacja pożądana w czasie realizacji mechanizmów interoperacyjności systemów informatycznych. Jedynym zagadnieniem do rozwiązania pozostaje tutaj kwestia ustalenia wspólnej semantyki wymienianych danych, zgodnie z warunkami określonymi w tezie 2.

² Komunikacja systemów, będąca podstawą dla ich interoperacyjności nazywana jest interkonnekcyjnością (ang. interconnectivity).

W drugim przypadku mamy do czynienia z sytuacją, w której wymieniane dane mają różne formaty, ale możliwa jest ich konwersja bez utraty ich wartości informacyjnej. Dzięki temu możliwe jest spełnienie wymogów dochowania wspólnych semantyk danych. Dla takiego przypadku konieczne jest jednak zdefiniowanie reguł konwersji danych i funkcji ich konwersji $conv$:

$$conv: D_E \times R \rightarrow D_E \quad (8)$$

gdzie:

D_E jest zbiorem danych, zgodnie z jego opisem w formule (6),

R jest zbiorem reguł konwersji danych ze zbioru D_E w zbiór D_E .

Reguły konwersji powinny być opisywane w postaci algorytmów dla poszczególnych par danych wymienianych pomiędzy systemami. W tym miejscu nie analizuje się przykładów takich algorytmów. Funkcja $conv$, której jednym z argumentów jest konkretna reguła konwersji ma własność jednowartościowości i odwracalności. Oznacza to, że dana jest zawsze identycznie przekształcana ze wskazanego formatu wejściowego na wskazany format docelowy i równocześnie istnieje odwrotna reguła konwersji umożliwiająca przywrócenie formatu sprzed konwersji konkretnej danej.

Własności jednowartościowości funkcji $conv$ możemy opisać następująco:

$$\forall d_{P,h} \in D_E \exists d_{Q,j} \in D_E: conv(d_{P,h}, r_{h,j}^{P,Q}) = d_{Q,j} \quad (9)$$

gdzie:

$r_{h,j}^{P,Q} \in R$ jest regułą konwersji z formatu danej

$d_{P,h}$ na format danej $d_{Q,j}$.

Jak wcześniej wspomniano funkcja $conv$ ma własność odwracalności, co dla zdefiniowanego warunku (9) oznacza zachodzenie warunku odwrotnego, zdefiniowanego w (10), tj.:

$$\forall d_{Q,j} \in D_E \exists d_{P,h} \in D_E: conv(d_{Q,j}, r_{j,h}^{Q,P}) = d_{P,h} \quad (10)$$

gdzie:

$r_{j,h}^{Q,P} \in R$ jest regułą konwersji z formatu danej

$d_{Q,j}$ na format danej $d_{P,h}$.

W powyższym przypadku, rzeczywista realizacja mechanizmów interoperacyjności powinna uwzględniać dodatkowy koszt konwersji wymienianych danych.

Trzeci przypadek stanowi przykład braku możliwości realizacji skutecznych

mechanizmów interoperacyjności systemów. W rozumieniu prowadzonych w tym miejscu rozważań oznacza to brak wystarczających przesłanek dla skutecznego przekazywania danych bez zmiany ich formatu albo brak możliwości zbudowania dla nich reguł konwersji i zdefiniowania odpowiednich funkcji konwersji danych.

Można w tym miejscu podać bardzo częsty i niezwykle prosty przykład ilustrujący taką właśnie sytuację. Zastanówmy się zatem, co może się wydarzyć, kiedy chcemy wymieniać pomiędzy dwoma rozdzielonymi systemami informacje o datach zajścia jakichś zdarzeń. Jeżeli w polu daty wejściowej rok jest przechowywany w formacie dwupozycyjnym 'YY', a w formacie wynikowym jest to postać czteropozycyjna 'YYYY', to mamy za mało informacji, aby ustalić, którego stulecia dotyczy konkretna data wejściowa. Mamy tutaj do czynienia z sytuacją zbyt małych przesłanek ku temu, aby zbudować skuteczne reguły konwersji danych. Można jedynie uciec się do wpisywania na pierwszych dwóch pozycjach daty wyjściowej ustalonego a priori oznaczenia liczbowego konkretnego stulecia. Możemy zatem zdefiniować jedynie przypadek szczególny, w którym zachodzi możliwość spełnienia warunków interoperacyjności systemów. Nie pomniejsza to jednak znaczenia i nie przeczy prawdziwości rozważań ogólnych, prowadzonych w tym miejscu.

5. Przykład wdrożenia systemów interoperacyjnych

W [3] przedstawiono główne założenia implementacji mechanizmów interoperacyjności w polskim komponencie Systemu Informacyjnego Schengen i Systemu Informacji Wizowej (SIS/VIS). W roku 2006, na skutek decyzji po stronie Unii Europejskiej zaistniała konieczność zapewnienia interoperacyjności pomiędzy polskimi, wewnętrznymi systemami pracującymi w standardzie SIS II i europejskim systemem centralnym, pracującym w standardzie systemu starszej generacji SIS I+. W wyniku analizy stanu rzeczy autor niniejszego opracowania stwierdził wtedy, że dla obu systemów zachodzą warunki zapewniające ich interoperacyjność, określone w tezach 1 i 2. W [3] zostało to sformułowane w postaci spostrzeżenia i tym, że zbiór komunikatów z systemu SIS I+ jest podzbiorem komunikatów z systemu SIS II. Równocześnie część wspólna zbioru komunikatów z obu systemów, pomimo różnych nazw ich elementów, posiada

identyczne znaczenie i jest wystarczająca dla zachowania pełnej funkcjonalności obu, kooperujących systemów³. Ponadto, obie generacje systemów można było ze sobą skomunikować, ponieważ zostały one zbudowane w podejściu SOA z przesyłaniem komunikatów w standardzie XML.

W myśl tezy 1, opisując warunki interoperacyjności dla systemów SI_{1+} i SI_2 , oznaczających odpowiednio: SIS I+ i SIS II, należy zauważyć, że zachodzi:

$$I_{SI_{1+}} \subset I_{SI_2} \quad (11)$$

gdzie:

$I_{SI_{1+}}$ – oznacza zbiór informacji niezbędny dla prawidłowego działania SIS I+,

I_{SI_2} – oznacza zbiór informacji niezbędny dla prawidłowego działania SIS II.

Z uwagi na to, że w decyzjach strategicznych dla uwarunkowań rozszerzenia strefy Schengen w roku 2007 przyjęto, że zakres informacyjny systemu SIS I+ jest wystarczający, zachodzi warunek (2) dla zbioru informacji wspólnych dla obu systemów. Można go zapisać następująco:

$\exists I_F$ takie, że

$$I_F = I_{SI_{1+}}, \quad I_F \neq \emptyset \quad (12)$$

Podobne uwarunkowania dotyczą zbioru informacji I_E wymienianych przez SIS I+ i SIS II, niezbędnych do właściwego funkcjonowania obu tych systemów. A zatem zachodzi warunek (3) z tezy 1, ponieważ:

$$I_E = I_F = I_{SI_{1+}} \quad (13)$$

Na podstawie precyzyjnych uwarunkowań legislacyjnych, dotyczących znaczenia informacji w obu generacjach systemów można było jednoznacznie zdefiniować znaczenie przekazywanej informacji z ich wspólnymi semantykami w zbiorze *Sem*. A zatem w opisywanym przypadku warunek (4) przyjmuje postać:

$$\forall i_{1+,a}, i_{2,b} \in I_E: MI(i_{1+,a}) \equiv MI(i_{2,b}) \quad (14)$$

gdzie:

$i_{1+,a}$ jest informacją o numerze a udostępnianą przez SIS I+, odbieraną przez SIS II jako $i_{2,b}$ albo

$i_{2,b}$ jest informacją o numerze b udostępnianą przez SIS II, odbieraną przez SIS I+, a jako $i_{1+,a}$.

W [3] przedstawiono niektóre rozwiązania przyjęte w czasie implementacji systemów informatycznych, będących techniczną realizacją systemów SIS I+ i SIS II, które noszą nazwy odpowiednio: SISone4ALL i SIS II. W tabeli 2 z [3] pokazano niektóre reguły przekazywania konkretnych danych w postaci komunikatów XML. W czasie realizacji mechanizmów interoperacyjności w tzw. *translatorze* przeprowadzono pełną analizę zakresów danych dla obu systemów, która dowiodła, że:

$$D_{SIT_{1+}} \subset D_{SIT_2} \quad (15)$$

gdzie:

$D_{SIT_{1+}}$ – oznacza zbiór danych niezbędny dla prawidłowego działania SISone4ALL,

D_{SIT_2} – oznacza zbiór danych niezbędny dla prawidłowego działania SIS II.

oraz, że w tym przypadku

$$D_F = D_{SIT_{1+}}, \quad D_F \neq \emptyset, \quad (16)$$

$$D_E = D_F = D_{SIT_{1+}}$$

Dzięki jednoznacznemu zdefiniowaniu zbioru *Sem* dla obu generacji systemów i ustaleniu przypisania komunikatów przesyłanych i odbieranych pomiędzy oboma systemami, możliwe było dotrzymanie reguły:

$$\forall d_{1+,h}, d_{2,j} \in D_E: \quad (17)$$

$$MIT(d_{1+,h}) \equiv MIT(d_{2,j})$$

gdzie:

$d_{1+,h}$ jest daną o numerze h udostępnianą przez SIT_{1+} , odbieraną przez, jako $d_{2,j}$ albo

$d_{2,j}$ daną o numerze j udostępnianą przez SIT_2 , a odbieraną przez SIT_{1+} jako, $d_{1+,h}$

SIT_{1+} - jest techniczną realizacją systemu informacyjnego SIS generacji I+, zwaną SISone4ALL,

SIT_2 - jest techniczną realizacją systemu informacyjnego SIS generacji II, zwaną SIS II.

³ Interoperacyjność została tutaj zapewniona poprzez implementację modułu tzw. translatora, o którym więcej w [3]

Należy nadmienić, że dla wszystkich formatów zestawów danych wymienianych pomiędzy systemami możliwe również było ich przenoszenie wprost lub zbudowanie efektywnych reguł ich konwersji. Dodatkowym problemem, który również musiał być skutecznie rozwiązany i jest szerzej opisany w [3] była kwestia zapewnienia skutecznej komunikacji obu systemów. Zasadnicza trudność polegała na tym, że SISone4ALL pracuje wyłącznie w trybie komunikacji synchronicznej, natomiast SIS II zarówno w trybie synchronicznym, jak i asynchronicznym.

Reasumując, biorąc pod uwagę założenia na techniczną realizację systemów SIS/VIS oraz potwierdzoną skuteczność współdziałania obu generacji systemów można stwierdzić, że spełnienie warunków (11-17) okazało się wystarczające dla zapewnienia interoperacyjności obu generacji systemów SIS/VIS. To z kolei w praktyce dowodzi słuszności tez 1 i 2.

6. Podsumowanie, kierunki dalszych prac

W niniejszym opracowaniu przedstawiono dyskusję niektórych warunków zapewniających interoperacyjność systemów informacyjnych i informatycznych, a także jeden z przykładów wdrożeń systemów, dla których interoperacyjność była kluczowym warunkiem powodzenia.

W dalszych badaniach będą podejmowane działania zmierzające do dowiedzenia słuszności i kompletności tez 1 i 2 na przykładach innych wdrożeń rozwiązań interoperacyjnych. Będą również prowadzone dalsze prace dotyczące istotnych uwarunkowań interoperacyjności systemów informacyjnych i informatycznych, a także rekomendacji dotyczących wdrażania konkretnych rozwiązań technicznych niezbędnych dla zapewnienia interoperacyjności tej klasy systemów.

7. Bibliografia

- [1] Australian Government Information Management Office, *Australian Government Information Interoperability Framework*”, kwiecień 2006 r., ISBN 19-211-8210-5
- [2] Beynon-Davies P., *Inżynieria systemów informacyjnych. Wprowadzenie*, WNT, Warszawa, 1999, ISBN 83-204-2323-6
- [3] Bliźniuk G., Kośla R., Machnacz A., *Interoperacyjność w polskim komponencie*

Systemu Informacyjnego Schengen i Systemu Informacji Wizowej, XIX Przegląd zastosowań informatyki, red. J.Grabara, J.S. Nowak, Wyd. PTI - Oddz. Górnośląski, Katowice, 2008, ISBN 978-83-60810-25-5

- [4] European Commission, IDABC Group, *Draft Document for Public Comments, As Basis for EIF 2.0*, 15 lipca 2008 r., <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc?id=31508>
- [5] Gartner, *Preparation for Update European Interoperability Framework 2.0 – FINAL REPORT*, 07.03.2007 r.
- [6] Institute of Electrical and Electronics Engineers. *IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*. New York, NY, 1990 r.
- [7] Kisielnicki J., *MIS - Systemy informatyczne zarządzania*, wyd. Placet, Warszawa 2008, ISBN 83-7488-138-1
- [8] Stamper R.K., *Information: Mystical Fluid or a Subject for Scientific Equiry?*, The Computer Journal, 1985, No 28(3).
- [9] Tsitchizris D.C., Lochovsky F.H., *Data Models*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1982