

ANDRZEJ SOBCZAK¹

Metamodel architektury korporacyjnej dedykowany budowie inteligentnego miasta

1. Wstęp

A. Gontarz określił miasta jako bardzo złożone, skomplikowane, wielowymiarowe organizmy². Ze względu na istniejące trendy społeczne, gospodarcze i technologiczne coraz częściej mówi się o konieczności przeprowadzenia głębokiej przebudowy zasad ich działania i potrzebie stworzenia tzw. inteligentnych miast (*Smart Cities*³). Podejmowane do tej pory próby realizacji tej koncepcji mają najczęściej charakter cząstkowy i nieskoordynowany. Powoduje to, że są wdrażane rozwiązania (zarówno technologiczne, jak i organizacyjne) „optymalne lokalnie”, tzn. odnoszące się do konkretnego problemu/zagadnienia (np. zarządzanie transportem w mieście), ale nieprzyczyniające się do faktycznej zmiany sposobu funkcjonowania całej przestrzeni miejskiej. Alternatywnym podejściem (nakierowanym na znalezienie i realizację „optimum globalnego”) jest wykorzystanie ujęcia architektonicznego, które zakłada holistyczne postrzeganie miasta i realizowanych w jego ramach przedsięwzięć.

Z tego względu jako cele niniejszego artykułu przyjęto: próbę zidentyfikowania kluczowych aspektów architektury korporacyjnej inteligentnego miasta i ujęcia ich w formie definicji oraz wskazanie, w jaki sposób można przy realizacji tych prac wykorzystać przeznaczony do tego metamodel architektoniczny.

Przyjęcie powyższych celów narzuciło określoną konstrukcję artykułu: punkt drugi zawiera próbę definicji inteligentnego miasta i architektury korporacyjnej inteligentnego miasta; w punkcie trzecim omówiono koncepcję modeli i metamodeli architektonicznych; w punkcie czwartym przedstawiono strukturę autorskiego, pilotażowego metamodelu architektury korporacyjnej dedykowanego

¹ Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Kolegium Analiz Ekonomicznych.

² A. Gontarz, *Być dobrze poinformowanym*, „Computerworld” 2005, nr 4.

³ W artykule stosowane są wymiennie pojęcia inteligentnego miasta oraz *Smart City*.

budowie inteligentnego miasta; artykuł kończy podsumowanie i wskazanie kierunków dalszych prac badawczych.

2. Próba definicji inteligentnego miasta i architektury korporacyjnej inteligentnego miasta

Do chwili obecnej nie wypracowano jednej, powszechnie obowiązującej, uniwersalnej definicji inteligentnego miasta. Co więcej, koncepcja ta jest w coraz większym stopniu rozmywana przez działania marketingowe i PR-owe firm oferujących produkty i usługi z tego obszaru⁴.

Większość z występujących obecnie definicji inteligentnego miasta koncentruje się na aspektach technologicznych. Można tutaj wskazać prace ośrodka badawczego działającego przy Massachusetts Institute of Technology (MIT), który zajmuje się tą problematyką już od kilku lat. Badacze MIT definiują inteligentne miasto jako inteligencję wynikającą z połączenia: coraz wydajniejszych cyfrowych sieci telekomunikacyjnych (porównywanych przez badaczy do układu nerwowego), inteligencji wbudowanej w otaczające nas urządzenia (odpowiednik mózgu), czujników i znaczników (narządy zmysłów) oraz oprogramowania (wiedza i kompetencje poznawcze)⁵. Co więcej: ich zdaniem mamy do czynienia z rosnącą siecią nakładających się połączeń między systemami mechanicznymi i elektrycznymi istniejącymi w budynkach, systemami wbudowanymi w sprzęt gospodarstwa domowego, systemami transportu, sieciami energetycznymi, wodociągowymi i kanalizacyjnymi, wreszcie systemami zapewniającymi bezpieczeństwo mieszkańców miast. Inne ujęcie wdrażania koncepcji *Smart City* zaprezentowano w opracowaniu *Smart Cities Study: International Study on the Situation of ICT, Innovation and Knowledge in Cities*, w którym inteligentne miasto zostało określone jako to, które „wykorzystuje technologie informacyjno-komunikacyjne w celu zwiększenia interaktywności i wydajności infrastruktury miejskiej i jej komponentów składowych, a także do podniesienia świadomości

⁴ A. Gontarz, *Smart city: technologia czy zarządzanie?*, materiały z konferencji „Miasto – hologram świadomości”, <http://westival.szczecin.art.pl/aktualnosci/smart-city-technologia-czy-zarzadzanie> (data odczytu: 30.06.2016).

⁵ W.J. Mitchell, *Intelligent cities*, „e-Journal on the Knowledge Society” 2007, issue 5.

mieszkańców”⁶. W definicji tej podkreśla się rolę technologii IT w budowaniu *Smart Cities*. Autorzy tego opracowania wskazują jednak, że miasto może być traktowane jako „inteligentne” wyłącznie wtedy, gdy inwestuje równolegle w technologie, kapitał ludzki oraz infrastrukturę komunikacyjną po to, by aktywnie promować zrównoważony rozwój gospodarczy i wysoką jakość życia (np. umożliwiania gospodarowanie zasobami naturalnymi poprzez partycypację obywatelską).

Wychodząc od definicji inteligentnego miasta, możemy przyjąć, że architektura korporacyjna inteligentnego miasta jest rozumiana jako szczególny przypadek architektury korporacyjnej – odniesiony do jednostek administracji samorządowej i związanych z nimi podmiotów, w ramach których są realizowane przedsięwzięcia związane z wdrażaniem koncepcji *Smart Cities*. W przypadku architektury korporacyjnej inteligentnego miasta – analogicznie do architektury korporacyjnej – przyjmuje się, że ma ona cztery znaczenia: atrybutowe, rzeczowe, czynnościowe oraz obszaru badawczego.

W ujęciu atrybutowym architektura korporacyjna inteligentnego miasta może być rozumiana jako zbiór właściwości podmiotów zaangażowanych w budowę (i późniejsze funkcjonowanie) inteligentnego miasta, rozpatrywanych jako całość, i relacji między składowymi tych podmiotów. W tym ujęciu określenie „architektura korporacyjna inteligentnego miasta” ma więc zastosowanie do każdego miasta, które realizuje przedsięwzięcia z obszaru *Smart City*. Przy czym tak rozumiana architektura w przypadku jednego miasta może być lepsza, a drugiego gorsza (może być także udokumentowana, ale nie musi). Jakość architektury korporacyjnej inteligentnego miasta może być rozpatrywana w kontekście efektywności realizacji przyjętych celów strategicznych dotyczących wdrażania koncepcji *Smart City*.

Architekturę korporacyjną inteligentnego miasta w ujęciu rzeczowym można zdefiniować jako formalną reprezentację (dokumentację) głównych składowych miasta (struktur organizacyjnych, usług i procesów biznesowych, ewidencji, rejestrów i baz danych, kluczowych aplikacji oraz komponentów infrastrukturalnych) objętych przedsięwzięciami z zakresu *Smart City*. Wytworzone w ramach tych przedsięwzięć komponenty są następnie wykorzystywane podczas funkcjonowania inteligentnego miasta. Ze względu na bardzo dużą złożoność miasta nie ma możliwości opisanie wszystkich składowych inteligentnego miasta na tym samym poziomie szczegółowości. Dlatego istotne jest opracowanie kaskady

⁶ *Smart Cities Study: International Study on the Situation of ICT, Innovation and Knowledge in Cities*, red. I. Azkuna, The Committee of Digital and Knowledge-based Cities of UCLG, Bilbao 2012.

architektonicznej, w ramach której architektury niższego szczebla muszą być spójne z architekturą wyższego szczebla. Na kaskadę tę składa się: architektura strategiczna, obejmująca swoim zakresem całe miasto, architektury poszczególnych jednostek zaangażowanych w budowę inteligentnego miasta oraz architektury poszczególnych kluczowych systemów informatycznych, które działają lub będą działać w tych jednostkach. Architektura korporacyjna inteligentnego miasta powinna przedstawiać zarówno obecny sposób działania miasta, jego stan docelowy (na koniec wdrażania koncepcji *Smart Cities*), jak i stany pośrednie (na koniec poszczególnych etapów wdrożeniowych).

W ujęciu czynnościowym architekturę korporacyjną inteligentnego miasta można zdefiniować jako narzędzie do operacjonalizacji celów strategicznych dotyczących wdrażania koncepcji *Smart Cities* (tj. są one doprecyzowane, uszczegółowiane, konkretyzowane, pozbawiane wszelkich wyrażenia niejednoznacznych, nieprecyzyjnych, emocjonalnych; ponadto dookreśleniu ulega rezultat/korzyść oraz sposoby i warunki realizacji tych celów). Oznacza to, że podejście to koncentrujące się na kluczowych dla miasta przedsięwzięciach związanych z koncepcją *Smart Cities* (przy czym należy zauważyć, że przedsięwzięcia te nie powinny być jedynie postrzegane przez pryzmat IT – w szczególności mogą one mieć charakter organizacyjno-informatyczny), ich zmianach w czasie oraz relacjach pomiędzy nimi – obejmuje ona zarówno modele architektoniczne na wysokim poziomie ogólności (w tym sposoby ich wytwarzania), jak i mechanizmy nadzoru architektonicznego (por. rysunek 1).



Rysunek 1. Koordynacyjny charakter architektury korporacyjnej inteligentnego miasta

Źródło: opracowanie własne.

Jeżeli chodzi o rozpatrywanie architektury korporacyjnej inteligentnego miasta jako obszaru badawczego, niezbędne jest podkreślenie jej interdyscyplinarnego

charakteru. Łączy ona bowiem zagadnienia dotyczące: zarządzania, cybernetyki, informatyki, wizualizacji naukowej, ale także prawa i administracji.

3. Pojęcia modelu i metamodelu architektonicznego⁷

Jak pisze J. Kisielnicki, termin „model” ma szeroki zakres znaczeniowy⁸. Na potrzeby rozważań podjętych w niniejszym artykule została przyjęta definicja zaproponowana przez J. Gutenbauma: model „rozumiany jest jako uproszczona – (...) umyślnie i celowo – reprezentacja (...) badanego obiektu. Stanowi on pewien substrat rzeczywistości. Jest on pozbawiony wielu szczegółów i cech nieistotnych z punktu widzenia celów modelowania”⁹. W niniejszym opracowaniu przyjęto, że badanym obiektem jest miasto lub jego istotny fragment.

S. Kaisler, F. Armour oraz M. Valivullah wskazują, że modelowanie jest jednym z trzech kluczowych obszarów prac w zakresie architektury korporacyjnej (oprócz nadzoru nad stosowaniem architektury), które pozwalają ją opisać oraz zrozumieć¹⁰.

Należy odnieść się tutaj do wskazywanej w punkcie drugim artykułu wieloznaczności terminu „architektura korporacyjna”. W ujęciu atrybutowym model będzie opisywał tę architekturę, natomiast w ujęciu rzeczowym model będzie stanowił tę architekturę (czyli w tym podejściu architektura korporacyjna składa się z modeli). Rolę tego ostatniego ujęcia architektury korporacyjnej podkreślają m.in. G. Houry, S. Simoff i J. Debenham. Według nich ma ona postać holistycznego zbioru modeli, które pomagają zarządzać zmianami na poziomie zarówno IT, jak i biznesowym¹¹.

⁷ Punkt opracowany na podstawie artykułu: A. Sobczak, *Metamodel architektury korporacyjnej państwa*, „Folia Oeconomica”, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2016 (artykuł przyjęty do druku).

⁸ J. Kisielnicki, *Informatyczna infrastruktura zarządzania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993, s. 93.

⁹ J. Gutenbaum, *Modelowanie matematyczne systemów*, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa 2003, s. 11.

¹⁰ S. Kaisler, F. Armour, M. Valivullah, *Enterprise Architecting: Critical Problems*, Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences, 3–6 January 2005, Hawaii 2005, s. 1203.

¹¹ G. Houry, S. Simoff, J. Debenham, *Modelling Enterprise Architectures: An Approach Based on Linking Metaphors and Ontologies*, Proceedings of The Australasian Ontology Workshop AOW 2005, Sydney 2005, s. 41–46.

Modele architektoniczne są sporządzane w różnych językach (np. ArchiMate, UML, BPMN) i na różnym poziomie szczegółowości (tj. strategicznym, segmentów i potencjału). Współdzielenie wiedzy architektonicznej pomiędzy różnymi organizacjami, lub nawet w ramach jednej organizacji (pomiędzy jej poszczególnymi jednostkami składowymi), stanowi duże wyzwanie¹². Przede wszystkim stosowana terminologia, podejście do modelowania, poziom szczegółowości tworzonych modeli nie są jednoznaczne. Powoduje to, że pojawiają się trudności z zachowaniem spójności podczas tworzenia modeli architektury korporacyjnej (im większa, bardziej złożona jest organizacja, tym większe są wyzwania w tym obszarze). Rozwiązaniem tej sytuacji jest opracowanie metamodeli architektonicznych, stanowiących podstawę do komunikacji i wymiany wiedzy architektonicznej; przy czym sam metamodel jest definiowany jako jawny model konstruowania modeli dziedzinowych. Wyjaśnia on znaczenie konstrukcji użytych do budowy modeli dziedzinowych i związków między tymi konstrukcjami¹³.

Metamodel może być zdefiniowany jako trójka:

$$M = (C, T, R), \quad (1)$$

gdzie:

C jest zbiorem konceptów; T jest zbiorem typów relacji; przykładowe typy to: asocjacja, realizacja, użycie, przypisanie, kompozycja, dostęp; $R \subseteq C \times C \times T$ jest zbiorem relacji; bardziej precyzyjnie: element $(c_1, c_2, t) \in R$ wyraża fakt, że koncept c_1 jest w relacji typu t do konceptu c_2 .

Metamodel określa więc semantykę i sposób użycia konceptów występujących na modelach. Nazywany jest on także często modelem modelu.

Dzięki stworzonemu metamodelowi możliwe jest zapewnienie wspólnego rozumienia pojęć przez interesariuszy zaangażowanych w prace architektoniczne. G. Khoury, S. Simoff oraz J. Debenham zauważają bowiem, że model jest instancją (wystąpieniem) metamodelu¹⁴, czyli od strony formalnej model może zostać zdefiniowany na bazie metamodelu jako czwórka:

$$A = (E, T^*, Q, F_c), \quad (2)$$

gdzie:

E jest zbiorem elementów modelu; T^* jest zbiorem typów relacji (takich samych typów relacji, jakie są użyte w metamodelu); $Q \subseteq E \times E \times T^*$ jest zbiorem

¹² P. Liang, A. Jansen, P. Avgeriou, *Sharing architecture knowledge through models: quality and cost*, „The Knowledge Engineering Review” 2009, vol. 24, no. 3, s. 226.

¹³ *The Meta Object Facility Specification 2.0*, Object Management Group, 2004, s. 193.

¹⁴ G. Khoury, S. Simoff, J. Debenham, op.cit.

relacji; $F_c : E \rightarrow C$ jest funkcją odwzorowującą elementy modelu na koncepty metamodelu.

Przy tak przyjętych definicjach model A

$$A = (E, T^*, Q, F_c) \quad (3)$$

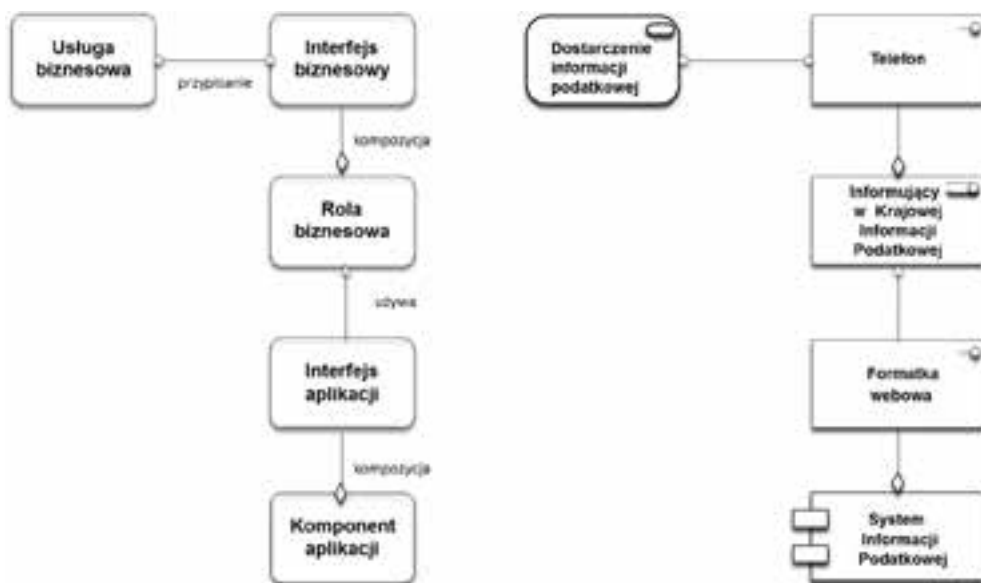
jest zgodny z metamodelem M

$$M = (C, T^*, R) \quad (4)$$

wtedy i tylko wtedy, gdy

$$\forall t \in T^* \forall e_1, e_2 \in E : (e_1, e_2, t) \in Q \Rightarrow (F_c(e_1), F_c(e_2), t) \in R. \quad (5)$$

Praktyczny przykład zależności między metamodelem a modelem architektonicznym przedstawia rysunek 2.



Rysunek 2. Fragment metamodelu (po prawej stronie) oraz odpowiadający mu model (po lewej stronie)

Źródło: opracowanie własne.

Na poziomie metamodelu występują takie byty, jak: usługa biznesowa, interfejs biznesowy, rola biznesowa, interfejs aplikacji oraz aplikacja. Odpowiadają im następujące obiekty na poziomie modelu: dostarczanie informacji podatkowej,

telefon, pracownik urzędu miasta, formatka webowa, system obsługi podatków lokalnych. Obiekty te są połączone (zgodnie z metamodelem) odpowiednio relacjami: przypisania, kompozycji oraz użycia.

4. Składowe metamodelu architektury korporacyjnej inteligentnego miasta

Na bazie wcześniejszych rozważań zdecydowano się opracować pilotażowy metamodel architektury korporacyjnej dedykowany budowie inteligentnego miasta. Przy jego konstruowaniu przyjęto trzy istotne założenia. Przede wszystkim ma on charakter generyczny, tj. można go zastosować do budowy modeli architektonicznych na potrzeby dowolnego przedsięwzięcia dotyczącego budowy inteligentnego miasta. Oznacza to, że w celu jego efektywnej implementacji niezbędne jest dopasowanie go do specyfiki tego przedsięwzięcia (dopasowanie takie powinno być wykonywane w ramach „kroku zerowego” budowy inteligentnego miasta). Drugie założenie dotyczyło poziomu architektonicznego objętego danym metamodelem. Zdecydowano się na poświęcenie go architekturze strategicznej. Jest to bowiem poziom, którego w największym stopniu brakuje w obecnie realizowanych przedsięwzięciach dotyczących wdrażania koncepcji inteligentnych miasta (brak perspektywy strategicznej utrudnia koordynację podejmowanych w ramach miasta prac). Wreszcie w wersji pilotażowej skoncentrowano się na aspektach technologicznych związanych z budową *Smart City*.

Do stworzenia metamodelu zdecydowano się zastosować język UML w wersji 2.5. Zawartość metamodelu została opracowana na podstawie doświadczeń własnych autora związanych z uczestnictwem w realizacji programów transformacyjnych w polskim sektorze publicznym.

W niniejszej pracy zawarto szczegółową analizę poszczególnych elementów metamodelu. Każde pojęcie zostało opisane w taki sam sposób, tj. nazwa pojęcia, jego definicja, relacje z innymi pojęciami. Dodatkowo na rysunku 4 zostały również umieszczone licznosci przy relacjach. Sposób dokumentowania relacji pomiędzy poszczególnymi elementami metamodelu przedstawia tabela 1.

Istotnym elementem upraszczającym prezentację graficzną metamodelu jest pominięcie na rysunku 4 zagnieżdżeń (rekurencji) poszczególnych bytów. Domyślnie przyjmuje się, że każdy element metamodelu może zostać zdekomponowany – np. cel na cele podrzędne, system na podsystemy, urząd na jednostki składowe urzędu.

Tabela 1. Sposób opisu relacji występujących w metamodelu architektury korporacyjnej państwa

Relacja	Obiekt źródłowy	Obiekt docelowy	Opis relacji
Typ relacji	nazwa obiektu źródłowego	nazwa obiektu docelowego	opis relacji

Źródło: opracowanie własne.

Przy tworzeniu metamodelu wykorzystano następujące typy relacji:

- asocjacja – reprezentuje trwały związek pomiędzy elementami metamodelu; określenie „trwały” oznacza, że z biegiem czasu związek będzie pozostawał istotny, mimo że powiązania między wystąpieniami tych elementów mogą ulegać zmianie; na potrzeby niniejszego metamodelu zastosowano agregacje skierowane, przy czym w tym wypadku skierowanie ma jedynie charakter informacyjny, tj. wskazuje kierunek odczytu opisu asocjacji;
- agregacja – specjalny rodzaj asocjacji, który służy do modelowania związku część–całość; używa się jej do pokazania silnego związku między bytami dziedziny problemowej;
- dziedziczenie – związek występujący między bardziej ogólnym elementem (rodzicem) a bardziej szczegółowym elementem (dzieckiem) w pełni zgodnym z nadrzędnym i zawierającym ponadto dodatkowe informacje czy własności. Poniżej przedstawiono ułożone alfabetycznie definicje poszczególnych elementów (bytów) składowych metamodelu:

- cel – formalnie ustalony powód, dla którego jest lub był wdrażany system informatyczny;
- czynnik sterujący – podstawa do zdefiniowania celów dostarczenia (budowy) danego systemu informatycznego; możliwe są następujące rodzaje czynnika sterującego: przepis prawa, regulacje unijne, czynnik wynikający ze strategii budowy inteligentnego miasta, uwarunkowanie społeczno-ekonomiczne, uwarunkowanie technologiczne;
- dostawca technologii – podmiot, którego technologia jest dostarczana przy budowie/rozwoju danego systemu informatycznego;
- grupa danych – pogrupowanie danych na określony, istotny od strony merytorycznej temat;
- kategoria systemu – rodzaj systemu informatycznego; dopuszcza się następujące wartości: system krytyczny dla funkcjonowania miasta, system standardowy z punktu widzenia funkcjonowania miasta, system pomocniczy z punktu widzenia funkcjonowania miasta;

- kategoria użytkownika – rodzaj odbiorcy usługi publicznej dostarczanej przez miasto; dopuszcza się następujące wartości: osoba fizyczna, osoba prawna (przy czym dopuszcza się w tym przypadku następujące osoby prawne: przedsiębiorstwo, organizacja pozarządowa, jednostka sektora publicznego niebędąca urzędem, inna jednostka administracji publicznej);
- miejska usługa publiczna – usługa świadczona przez administrację samorządową otoczeniu zewnętrznemu przy wykorzystaniu systemów informatycznych;
- miernik realizacji celu – stopień osiągnięcia realizacji danego celu;
- obszar merytoryczny – kategoria merytoryczna związana z jedną lub większą liczbą usług świadczonych przez miasto; przykładami obszaru merytorycznego mogą być: ochrona zdrowia, edukacja, geodezja itp.;
- przedsięwzięcie realizacyjne – projekt lub program, w ramach którego jest tworzony lub rozwijany dany system informatyczny;
- system informatyczny – zbiór powiązanych ze sobą komponentów technicznych oraz organizacyjnych, którego funkcją jest przetwarzanie danych przy użyciu techniki komputerowej; system może składać się z podsystemów;
- urząd – jednostka administracji samorządowej, która jest właścicielem systemu informatycznego;
- wykonawca – podmiot wykonujący dane przedsięwzięcie realizacyjne (tworzący bądź rozwijający system informatyczny);
- zasób informacyjny – pogrupowane według określonych reguł dane potrzebne do skutecznego podejmowania decyzji w danym obszarze merytorycznym mające postać cyfrową; możliwe są dwa główne rodzaje zasobów informacyjnych: ewidencje oraz rejestry.

W tabeli 2 przedstawiono opis relacji występujących w metamodelu architektury korporacyjnej inteligentnego miasta.

Dla części bytów występujących w metamodelu zdefiniowano atrybuty, np. dla „miernika realizacji celu” określono atrybut „wartość oczekiwana”. Atrybuty te mają jedynie charakter przykładowy. Ich celem było przedstawienie możliwego kierunku uszczegółowiania metamodelu architektury korporacyjnej inteligentnego miasta. Zakład się bowiem, że podczas rzeczywistej implementacji metamodelu (czyli budowy modeli na bazie metamodelu) lista atrybutów zostanie rozbudowana o cechy specyficzne dla danej sytuacji.

Tabela 2. Opis relacji występujących w metamodelu architektury korporacyjnej inteligentnego miasta

Relacja	Obiekt źródłowy	Obiekt docelowy	Nazwa relacji	Opis relacji
Asocjacja	system	dostawca technologii	jest zrealizowany w technologii dostarczonej przez	składowe systemu są zrealizowane w co najmniej jednej lub większej liczbie technologii dostarczanych przez konkretnego producenta; dostawca technologii jest wykorzystywany w co najmniej jednym systemie
Asocjacja	system	miejska usługa publiczna	uczestniczy w świadczeniu	system uczestniczy w świadczeniu jednej lub większej liczby miejskich usług publicznych; usługa publiczna jest świadczona przez jeden lub większą liczbę systemów
Agregacja	system	system	agreguje	system może składać się z jednego lub większej liczby podsystemów
Asocjacja	system	system	jest połączony	system może być połączony z jednym lub większą liczbą innych systemów
Agregacja	kategoria systemu	system	agreguje	kategoria systemu agreguje jeden lub większą liczbę systemów; system należy dokładnie do jednej kategorii
Agregacja	obszar merytoryczny	miejska usługa publiczna	agreguje	obszar merytoryczny agreguje jedną lub większą liczbę miejskich usług publicznych; usługa należy do jednego obszaru

Relacja	Obiekt źródłowy	Obiekt docelowy	Nazwa relacji	Opis relacji
Asocjacja	urząd	system	wykorzystuje	urząd wykorzystuje jeden lub większą liczbę systemów; system jest wykorzystywany przez jeden lub większą liczbę urzędów
Asocjacja	miejska usługa publiczna	kategoria użytkownika	jest świadczona dla	miejska usługa publiczna jest świadczona dla jednej lub większej liczby kategorii użytkowników
Asocjacja	przedsięwzięcie realizacyjne	system	dostarcza	w ramach przedsięwzięcia realizacyjnego (typy projekt/program) jest dostarczany system informatyczny
Asocjacja	wykonawca	wykonawca	jest związany z	wykonawca systemu może być związany (kapitałowo/organizacyjnie) z innymi wykonawcami
Asocjacja	wykonawca	przedsięwzięcie realizacyjne	realizuje	wykonawca realizuje jedno lub większą liczbę przedsięwzięć realizacyjnych; przedsięwzięcie jest realizowane przez jednego lub większą liczbę wykonawców
Dziedziczenie	kategoria użytkownika	urząd	dziedziczy	urząd jest szczególnego rodzaju kategorią użytkownika elektronicznej usługi on-line
Asocjacja	system	cel	realizuje	system realizuje jeden lub większą liczbę celów; cel jest realizowany przez jeden lub większą liczbę systemów

Relacja	Obiekt źródłowy	Obiekt docelowy	Nazwa relacji	Opis relacji
Asocjacja	miernik realizacji celu	cel	mierzy	miernik realizacji celu mierzy stopień jego realizacji; miernik ten jest realizowany przez jeden lub większą liczbę systemów
Asocjacja	czynnik sterujący	cel	jest podstawą zdefiniowania	czynnik sterujący jest postawą zdefiniowania celu lub celów realizacji systemów; wyróżnia się następujące rodzaje czynników: przepis prawa, regulacja unijna, cele organizacji, uwarunkowania społeczno-ekonomiczne, uwarunkowania technologiczne; cele te są realizowane za pomocą jednego lub większej liczby systemów
Asocjacja	urząd	zasób informacyjny	jest właścicielem	urząd może być właścicielem jednego lub większej liczby zasobów informacyjnych; wyróżnia się dwa główne rodzaje zasobów: ewidencje i rejestry; zasób ma jednego właściciela
Agregacja	zasób informacyjny	grupa danych	agreguje	zasób informacyjny agreguje jedną lub większą liczbę grup danych

Źródło: opracowanie własne.

Pilotażowy metamodel architektury korporacyjnej inteligentnego miasta zawiera 24 byty. Przy czym w celu zachowania jego elastyczności każdy z bytów metamodelu ma przypisany atrybut: „obowiązkowość”. Przyjmuje on wartości

„tak” oraz „nie”. Bytów, dla których atrybut „obowiązkowość” przyjął wartość „tak”, jest łącznie siedem (są to: system, urząd, miejska usługa publiczna, zasób informacyjny, kategoria użytkownika, osoba fizyczna, osoba prawna). Stworzenie modeli z wykorzystaniem tych bytów pozwoli zebrać podstawowe (fundamentalne) informacje o architekturze korporacyjnej inteligentnego miasta. Dodatkowo pozostałe byty zostały zaklasyfikowane do jednego z kilku rozszerzeń (por. rysunek 3):

- rozszerzenie nakierowane na dane (obejmuje ono byty: rejestr, ewidencja, baza danych, grupa danych) – jego wykorzystanie pozwoli opisać zagadnienia związane z przetwarzaniem danych w ramach przedsięwzięć dotyczących budowy inteligentnego miasta;
- rozszerzenie dotyczące implementacji (obejmuje ono byty: dostawca technologii, przedsięwzięcie realizacyjne, wykonawca) – jego wykorzystanie pozwoli opisać zagadnienia związane ze sposobem dostarczania systemów tworzonych w ramach przedsięwzięć dotyczących budowy inteligentnego miasta;
- rozszerzenie dotyczące motywacji (obejmuje ono byty: cel, miernik realizacji celu, czynnik sterujący, przepis prawa, regulacja unijna, cele organizacji, uwarunkowania społeczno-ekonomiczne, uwarunkowania technologiczne) – jego wykorzystanie pozwoli opisać zagadnienia związane z motywacją będącą podstawą tworzenia poszczególnych systemów w ramach przedsięwzięć dotyczących budowy inteligentnego miasta;



Rysunek 3. Podział bytów składowych metamodelu architektury korporacyjnej inteligentnego miasta na kluczowe (obowiązkowe) i dodatkowe

Źródło: opracowanie własne.

- rozszerzenie klasyfikacyjne (obejmuje ono byty: kategoria systemu, obszar merytoryczny) – jego wykorzystanie pozwoli dokonać klasyfikacji systemów tworzonych w ramach przedsięwzięć dotyczących budowy inteligentnego miasta. Tworząc modele architektoniczne, można wybrać i zastosować jedno lub kilka z powyższych rozszerzeń. Konsekwencją wprowadzenia większej liczby rozszerzeń jest jednak zdecydowany wzrost złożoności modeli architektonicznych, a co za tym idzie zdecydowanie większe koszty ponoszone na ich zbudowanie i aktualizację.

5. Podsumowanie i kierunki dalszych badań

Jednym z głównych wyzwań związanych z upowszechnieniem się koncepcji architektury korporacyjnej inteligentnego miasta są kompetencje i podejście dostawców technologicznych. Obecnie większość z nich patrzy na *Smart Cities* jedynie przez perspektywę wdrożenia konkretnego systemu informatycznego lub produktu technologicznego. Dlatego w większości przypadków nie są oni zainteresowani podjęciem dialogu z przedstawicielami administracji samorządowej na temat całościowej przebudowy miasta. Nie dążą również do znalezienia optymalnej ścieżki osiągnięcia pożądanego rezultatu. Największą jednak przeszkodą w realizacji architektury korporacyjnej inteligentnego miasta stanowią kwestie mentalne. W szczególności jest to występujący po stronie urzędników miejskich opór, ponieważ większość z nich nie jest przystosowana do funkcjonowania w cyfrowym środowisku, które jest kreowane w ramach inicjatyw związanych z budową inteligentnego miasta.

Jednocześnie urzędy administracji samorządowej powinny i mogą wymieniać między sobą dobre wzorce w zakresie realizacji działań architektonicznych. Zyskać na tym mogą przede wszystkim te urzędy, w których poziom dojrzałości w zakresie zarządzania realizacją złożonych przedsięwzięć (w tym projektów i programów z obszaru *Smart Cities*) jest niski.

Zaprezentowany w niniejszym artykule autorski, pilotażowy metamodel architektury korporacyjnej inteligentnego miasta może stanowić podstawę do podjęcia współpracy i wymiany doświadczeń w realizacji koncepcji architektonicznych w sektorze samorządowym. Niezbędne są jednakże dalsze prace metodyczne i weryfikacyjne w zakresie tego podejścia. W szczególności planuje się opracowanie pilotażowego repozytorium architektonicznego, w ramach którego zostanie zaimplementowany opracowany metamodel.

Bibliografia

- Gontarz A., *Być dobrze poinformowanym*, „Computerworld” 2005, nr 4.
- Gontarz A., *Smart City: technologia czy zarządzanie?*, materiały z konferencji „Miasto – hologram świadomości”, <http://westival.szczecin.art.pl/aktualnosci/smart-city-technologie-czy-zarzadzanie> (data odczytu: 30.06.2016).
- Gutenbaum J., *Modelowanie matematyczne systemów*, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa 2003.
- Kaisler S., Armour F., Valivullah M., *Enterprise Architecting: Critical Problems*, Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences, 3–6 January 2005, Hawaii 2005.
- Khoury G., Simoff S., Debenham J., *Modelling Enterprise Architectures: An Approach Based on Linking Metaphors and Ontologies*, Proceedings of The Australasian Ontology Workshop AOW, 2005, Sydney 2005.
- Kisielnicki J., *Informatyczna infrastruktura zarządzania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.
- Liang P., Jansen A., Avgeriou P., *Sharing architecture knowledge through models: quality and cost*, „The Knowledge Engineering Review” 2009, vol. 24, no. 3, s. 225–244.
- Mitchell W.J., *Intelligent cities*, „e-Journal on the Knowledge Society” 2007, issue 5.
- Smart Cities Study: International Study on the Situation of ICT, Innovation and Knowledge in Cities*, red. I. Azkuna, The Committee of Digital and Knowledge-based Cities of UCLG, Bilbao 2012.
- The Meta Object Facility Specification 2.0*, Object Management Group, 2004.

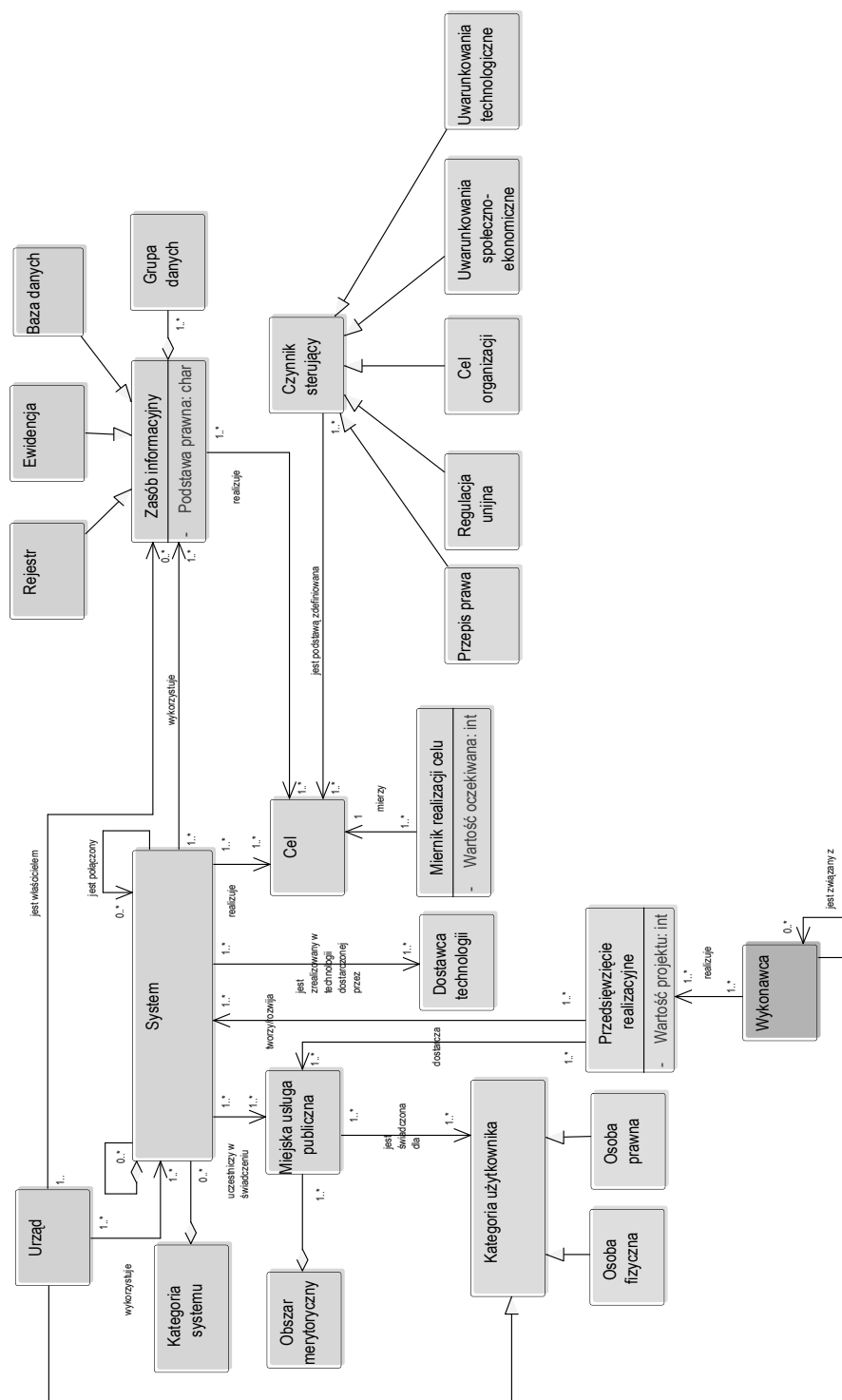
* * *

A metamodel for a national enterprise architecture

Abstract

In order to effectively carry out the digital transformation of the state, it is necessary to use the correct methodological tools. One of the tools that could be used to support the management of this transition is a state enterprise architecture. This article attempts to define this concept as well as presenting the author's metamodel, which allows for the uniform application of the concepts used for architectural diagrams. This makes it possible to build a consistent description of the state in terms of architecture.

Keywords: enterprise architecture, national enterprise architecture, architecture metamodel, architecture models, metamodel for a national enterprise architecture



Rysunek 4. Struktura pełnego metamodelu architektury korporacyjnej dedykowanej budowie inteligentnego miasta
 Źródło: opracowanie własne.

