

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Kolegium Analiz Ekonomicznych

mgr inż. Marcin Ludzia

Autoreferat rozprawy doktorskiej:

Projektowanie architektury informatycznej miasta

6.10.2017
Marcin Ludzia

Praca doktorska napisana pod kierunkiem naukowym pana
dra hab. Andrzeja Sobczaka, prof. SGH

Warszawa 2017 r.

KONTEKST I UZASADNIENIE WYBORU OBSZARU BADAŃ

Obecnie, radykalną zmianę sposobu działania organizacji albo jej interakcji z otoczeniem, z wykorzystaniem TI¹, określa się mianem *cyfrowej transformacji*. Jest ona definiowana przez G. Westermana, D. Bonnet, A. McAfee jako wykorzystanie technik informatycznych w celu radykalnej poprawy wydajności lub zasięgu działania organizacji².

Pomimo, że termin „cyfrowa transformacja” używany jest w większości w kontekście przedsiębiorstw, to analogiczne zmiany można zaobserwować w przypadku administracji publicznej. Już obecnie można zaobserwować w Polsce nową klasę systemów informatycznych w administracji rządowej i samorządowej, które nakierowane są na zmianę dotychczasowego sposobu świadczenia usług publicznych³. Szczególnie widoczne jest to w przypadku miast, gdzie urzędy miejskie umożliwiają mieszkańcom już nie tylko zdalne składanie pism urzędowych, ale dostarczają zupełnie nowe, innowacyjne rozwiązania informatyczne⁴.

Wszystkie tego typu rozwiązania wpisują się w ogólnoswiatowy trend transformacji funkcjonowania miast, którego istotnym elementem jest udział technik informatycznych, prowadzący do powstania tzw. *smart cities* (inteligentnych miast⁵). Po przeanalizowaniu szeregu ujęć tej koncepcji autor dysertacji zaproponował własną definicję terminu „inteligentne miasto”, przez które rozumiane jest miasto, którego szeroko rozumiana infrastruktura miejska, poprzez innowacyjne zastosowanie technik informatycznych, jest w stanie adaptować się do zmian w otoczeniu zewnętrznym, a także wykorzystywać posiadane informacje w trakcie interakcji z jego mieszkańcami, przedsiębiorstwami oraz turystami w celu tworzenia i dostarczenia im określonych korzyści.

Wyniki semi-ustrukturalizowanych wywiadów eksperckich, które autor przeprowadził w 2016 roku w sześciu miastach (Lęborku, Nowym Targu, Olsztynie, Płocku, Stalowej Woli, Zakopanem), wskazują, że mamy do czynienia z żywym zainteresowaniem koncepcją *smart cities* przez zarządzających polskimi miastami. Dominuje jednak ostrożność i nastawienie na „twardą” analizę i wskazanie korzyści, jakie zostaną dostarczone mieszkańcom dzięki zastosowaniu rozwiązań TI wpisujących się w obszar *smart cities*.

¹ W niniejszym opracowaniu sprzęt komputerowy i sieciowy oraz oprogramowanie służące do zbierania, przetwarzania i przechowywania informacji, będzie określone mianem „technika informatyczna” (TI).

² Westerman G., Bonnet D., McAfee A., *The Nine Elements of Digital Transformation*, MIT Sloan Management Review, 4 January 2014, <http://sloanreview.mit.edu/article/the-nine-elements-of-digital-transformation/> (dostęp: 13.12.2016r.).

³ Por. np. koncepcję *Mobile Connect*, która pozwoli na uwierzytelnienie i autoryzację obywateli w systemach administracji publicznej za pomocą telefonu (<https://mc.gov.pl/aktualnosci/sprawy-urzedowe-rowniez-przez-komorkę>) (dostęp: 20.12.2016r.).

⁴ Do takich systemów można zaliczyć na przykład Warszawski System Powiadomień, Alert Szczecin, portal eZdrowie UM Poznania, czy aplikację Bezpieczny Olsztyn. W niektórych przypadkach rozwiązania mobilne mają na celu promocję miasta czy regionu, jak choćby aplikacja „Graj Hejnal” opracowana przez UM Krakowa.

⁵ W niniejszym autoreferacie terminy „inteligentne miasto” i „*smart city*” są stosowane zamiennie.

...

Należy podkreślić, że aby inwestycje w rozwiązania informatyczne w miastach były efektywne kosztowo i elastyczne w rozwoju, niezbędne jest przeprowadzenie informatyzacji w sposób zaplanowany i przewidywalny. Okazuje się, że opracowane dotychczas przez poszczególne urzędy miejskie innowacyjne rozwiązania informatyczne dla mieszkańców miast i przedsiębiorców nie tworzą niestety składowych spójnej architektury informatycznej (ang. *enterprise architecture for IT*) inteligentnego miasta⁶, a stanowią raczej rozwiązania wyspowe.

Potwierdzają to badania ankietowe⁷ przeprowadzone przez autora. Wynika z nich, że:

1. Rozwijanie infrastruktury informatycznej miasta poprzez realizację przemyślanej i spójnej strategii w obszarze TI należy do rzadkości. W większości badanych urzędów brakuje zorganizowanego i skoordynowanego podejścia do informatyzacji urzędu.
2. Podejmowane działania, mające na celu wdrożenie rozwiązań ICT, mają w większości charakter doraźny i nie są skoordynowane z innymi działaniami.
3. Wraz ze wzrostem liczby użytkowników i liczby informatyków pracujących w wydziałach/biurach informatyki wzrasta częstotliwość posiadania aktualnego dokumentu strategii w obszarze IT.
4. Do najistotniejszych problemów o charakterze organizacyjnym w zakresie realizacji celów strategicznych IT wskazywanych przez respondentów należą: niewystarczające środki finansowe, trudności w zidentyfikowaniu ograniczeń i wymagań architektonicznych (szczególnie regulacyjnych), nierealne oczekiwania czasowe co do terminu osiągnięcia wyznaczonych celów informatyzacji, trudności w koordynacji działań oraz bariery utrzymania spójności inicjatyw realizacyjnych.

Strategia w obszarze TI definiuje cele i określa wysokopoziomowe podejście w zakresie sposobu rozwoju i utrzymania miejskich systemów informatycznych, niezbędnych dla zapewnienia dostępu do oczekiwanej informacji i usług, usprawnienia komunikacji i ułatwienia współpracy

⁶ Architektura informatyczną inteligentnego miasta rozumie się jako krajobraz rozwiązań informatycznych występujących w urzędzie miejskim, przedstawiający zależności i wymianę danych pomiędzy poszczególnymi systemami informatycznymi, a także architekturę sprzętową i rozmieszczenie poszczególnych składników programowych systemów TI na konkretnych składowych sprzętowych (por. *Architektura IT: Klucz do efektywnego wykorzystania zasobów informatycznych firmy*, „Harvard Business Review Polska”, <https://www.hbrp.pl/a/architektura-itklucz-do-efektywnego-wykorzystania-zasobow-informatycznych-firmy/B3EykepZ>, 20.03.2017). Architektura informatyczna obejmuje trzy z czterech warstw architektury korporacyjnej: architekturę danych, architekturę aplikacji, architekturę techniczną (por. Piąsta K., Od architekta IT do architekta korporacyjnego – podobieństwa i różnice, <http://architekturakorporacyjna.pl/od-architekta-it-do-architekta-korporacyjnego-podobienstwa-i-roznice/1921/>). W przypadku urzędów miejskich zasadne wydaje się pomijanie architektury biznesowej, gdyż działalność urzędów, a w szczególności usługi świadczone przez urzędy mieszkańcom miast są w wielu wypadkach regulowane przez ustawodawcę.

⁷ Badanie zostało przeprowadzone w formie badania ankietowego od połowy maja do połowy czerwca 2015 roku. Respondenci mieli możliwość udzielenia odpowiedzi za pomocą przesłanego kwestionariusza na papierze lub za pomocą (identycznego) kwestionariusza umieszczonego w Internecie (CAWI) pod dedykowanym adresem internetowym. Jako populację ustalono wszystkie miasta w Polsce zaliczane do grona miast dużych i średnich (o liczbie mieszkańców powyżej 20 000). Tak ustalona populacja obejmowała 223 miasta, przy czym 39 stanowiły miasta duże (powyżej 100 000 mieszkańców), a pozostałe 184 – miasta średnie.

użytkowników⁸. Na przestrzeni lat opracowano szereg metod wspierających tworzenie i realizację strategii TI, które mogą być zaadoptowane do wykorzystania przez urzędy miejskie: model Hendersona-Vankatramana (model SAM)⁹, model F.W. McFarlana¹⁰, model IAF¹¹, model IPMF-IT¹², czy model Reich i Benbasata¹³.

Istotnym elementem wynikającym ze strategii w obszarze TI jest architektura informatyczna, która stanowi pomost między celami strategicznymi TI, a projektami w ramach których następuje budowa i wdrażanie systemów informatycznych¹⁴. Wykorzystanie podejścia architektonicznego jest powszechnie przyjętym środkiem zarządzania złożonością całej organizacji oraz narzędziem zapewniającym odpowiednie i optymalne użycie posiadanych zasobów technicznych¹⁵.

W literaturze przedmiotu opisano wiele metod wspierających tworzenie architektury informatycznej, m. in.: siatkę Zachmana¹⁶, ramy architektoniczne TOGAF¹⁷, FEAF¹⁸, metodę ADMIT¹⁹, czy podejście przedstawione przez J. W. Ross, P. Weilla i D. C. Robertsona²⁰. Istnieją również metody dedykowane projektowaniu architektury informatycznej ukierunkowane na budowę inteligentnego miasta. Do metod tych zaliczyć należy przede wszystkim: kaskadę architektoniczną zaproponowaną przez A. Sobczaka²¹, metodę przedstawioną przez N. Z. Bawany i J. A. Shamsi²² oraz ramowe architektury informatyczne opracowane przez dostawców rozwiązań z obszaru

⁸ Barszczewski L., Gogolewski A., *Strategia biznesowa a strategia informatyzacji*, red. Szyjewski Z., Nowak J. S., Grabara J. N., Strategie informatyzacji i zarządzanie wiedzą, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004, s. 81.

⁹ Ibidem, s. 83-85.

¹⁰ McFarlan F.W., *Information Technology Changes the Way You Compete*, Harvard Business Review, vol. 62 issue 3. May/June 1984, s. 98-103.

¹¹ Wiggers P. Kok H., de Boer-de Wit M., *IT Performance Management*, Elsevier, Oxford, 2004 r.

¹² Bainey K., *Integrated IT Performance Management*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2016 r.

¹³ Reich B. H., Benbasat I. *Factors That Influence the Social Dimension of Alignment Between Business and Information Technology Objectives*, MIS Quarterly 24(1), March 2000, s. 81-113.

¹⁴ Greefhorst D., Proper E., *Architecture Principles. The Cornerstones of Enterprise Architecture*, Springer 2011, s. 46.

¹⁵ Shah H., Kourdi M., *Frameworks for Enterprise Architecture*, IT Professional, IEEE, wrzesień-październik 2007, s.36.

¹⁶ Zachman J., *A Framework for Information Systems Architecture*, IBM Systems Journal, Vol. 26 Issue 3, 1987.

¹⁷ <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/index.html> (dostęp: 11.01.2017 r.).

¹⁸ <http://ocio.ca.gov/ea/docs/CommonApproachToFederalEA.pdf> (dostęp: 11.01.2017 r.).

¹⁹ Pradhan S. K., *IT Architecture Design Framework: ADMIT*, September 2013, (<https://www.in-foq.com/articles/admit-architecture-framework>) (dostęp: 28.03.2017 r.).

²⁰ Ross J.W., Weil P., Robertson D.C., *Enterprise Architecture as Strategy*, Harvard Business Press, Boston 2006.

²¹ Sobczak A., *Zastosowanie architektury korporacyjnej jako narzędzia przeprowadzenia transformacji jednostek administracji publicznej*, Monografie i Opracowania, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2010, s. 113-124.

²² Bawany N. Z., Shamsi A., *Smart City Architecture: Vision and Challenges*, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 6, nr 11, 2015.

...

smart cities, m.in. firmy T-mobile²³, Huawei²⁴ czy Forrester Research²⁵. Patrząc krytycznie na wymienione metody w kontekście zastosowania w urzędach miejskich w Polsce należy stwierdzić, że w przypadku metod uniwersalnych dominują obecnie metody oparte o ramy architektoniczne architektury korporacyjnej (*ang. enterprise architecture*). W przypadku metod dedykowanych *smart cities* większość dostarcza ramową architekturę informatyczną, którą należy zaadaptować i rozwijać w danym mieście. To podejście w polskich warunkach może jednak być trudne w realizacji, gdyż proponowane przez badaczy architektury zwykle nie biorą pod uwagę systemów centralnych (np. system Źródło), dostarczanych i zarządzanych przez poszczególne ministerstwa.

W trakcie projektowania architektury informatycznej podejmowane są wybory architektoniczne, które powinny być dokumentowane. Metody dokumentowania wyborów architektonicznych pełnią funkcję uzupełniającą wobec metod projektowania architektury. Do notacji takich można zaliczyć przede wszystkim ArchiMate (rozszerzenie dotyczące motywacji)²⁶, Business Motivation Model – BMM²⁷, i*²⁸, Goal-oriented Requirements Language – GRL²⁹, czy Knowledge Acquisition in autOMated Specification – KAOS³⁰. Niestety wymienione notacje graficzne nie uwzględniają w pełni specyfiki urzędów miejskich i zagadnień związanych z budową inteligentnego miasta. Nie jest możliwe wskazanie korzyści publicznych osiąganych przez mieszkańców miasta i organizacje działające na jego terenie. Ponadto, opisane notacje nie uwzględniają rozgraniczenia pomiędzy ograniczeniami prawnymi (wymaganymi do spełnienia przez infrastrukturę informatyczną), od wymagań innego pochodzenia, które stanowią przedmiot podejmowanych przez pracowników urzędu kompromisów architektonicznych. W wielu z wymienionych notacji nie są uwzględniane interesy i punkty widzenia poszczególnych interesariuszy. Inną wadą jest brak udokumentowania wariantów architektonicznych, które nie zostały wybrane (jest to istotne ze względu na późniejsze zarządzanie zmianą).

Dodatkowo pracownicy działów IT w urzędach miejskich potrzebują metody, która pozwoli im w sposób skoordynowany i ustrukturyzowany – na bazie zaprojektowanej architektury TI miasta, nakierowanej na realizację koncepcji *smart cities* – stworzyć usystematyzowaną listę inicjatyw realizacyjnych, które dostarczą określonych korzyści mieszkańcom miasta i organizacjom działającym na jego terenie.

²³ *Inteligentne miasta. Jak zintegrowana infrastruktura otwiera drogę do cyfrowej transformacji przestrzeni miejskiej*, Warszawa 2016 (<http://biznes.t-mobile.pl/upload/files/Smart-cities-opracowanie>, dostęp: 8.04.2017 r.).

²⁴ *Huawei Smart City Solution*, Huawei Technologies Co., Ltd., 2013 r (http://enterprise.huawei.com/ilink/cnenterprise/download/HW_315743, dostęp: 9.04.2017 r.).

²⁵ Bélissent J., Giron F., *Service Providers Accelerate Smart City Projects*, Forrester Research Report, July 30, 2013.

²⁶ *ArchiMate 3.0 Specification*, An Open Group Standard, 2016, <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/toc.html> (dostęp: 3.04.2017 r.).

²⁷ *Business Motivation Model*, version 1.3, Object Management Group, May 2015.

²⁸ *i Star Quick Guide*, <http://istar.rwth-aachen.de/tiki-index.php?page=iStarQuickGuide> (dostęp: 4.04.2017 r.).

²⁹ *Goal-oriented Requirement Language*, University of Toronto, Canada, <https://www.cs.toronto.edu/km/GRL/> (dostęp 4.04.2017 r.).

³⁰ *A KAOS Tutorial*, Respect-IT SA, 2007, <https://www.cse.msu.edu/~cse870/Materials/GoalModeling/KaosTutorial-2007.pdf> (dostęp: 11.04.2017 r.).

Na podstawie kwerendy literaturowej i wyników badań przeprowadzonych przez autora, została sformułowana obserwacja o istnieniu luki metodologicznej w zakresie metod projektowania architektury informatycznej miasta, dopasowanej do jego celów strategicznych TI, nakierowanej na realizację koncepcji *smart cities*.

CELE PRACY

Przyjęto następujący cel główny pracy: **Opracowanie metody projektowania architektury informatycznej miasta, dopasowanej do jego celów strategicznych w obszarze TI, wspierającej całościową realizację koncepcji inteligentnych miast (Metoda projektowania ARchitektury informatycznej miaSta - MARS)**. Cel główny został następnie zdekomponowany na cele szczególne:

- **CSz.1:** Analiza obecnie występujących podejść do: a) realizacji w mieście koncepcji *smart cities*; b) projektowania i realizacji architektury informatycznej miasta nakierowanej na implementację koncepcji inteligentnych miast.
- **CSz.2:** Sformułowanie procedur postępowania będących elementami metody MARS, które ustrukturyzowałyby podejście do projektowania architektury informatycznej miasta dopasowanej do jego celów strategicznych w obszarze TI, wspierającej całościową realizację koncepcji inteligentnych miast.
- **CSz.3:** Opracowanie notacji graficznej pozwalającej na modelowanie architektury informatycznej miasta i stanowiącej platformę komunikacyjną dla wszystkich interesariuszy zaangażowanych w jej projektowanie.
- **CSz.4:** Opracowanie prototypu narzędzia informatycznego wspierającego wykonywanie procedur wchodzących w skład metody MARS.
- **CSz.5:** Przeprowadzenie wdrożenia pilotażowego opracowanej metody MARS w jednym z polskich miast w celu oceny przydatności i potwierdzeniu dostarczanych korzyści dzięki jej zastosowaniu.

HIPOTEZY BADAWCZE

Główną hipotezę badawczą sformułowano następująco: **istnieje możliwość opracowania metody³¹ projektowania architektury informatycznej miasta, dopasowanej do jego celów strategicznych w obszarze TI, wspierającej całościową realizację koncepcji inteligentnych miast.**

W celu udowodnienia hipotezy głównej, sformułowano hipotezy pomocnicze:

- **HP.1:** W większości miast w Polsce rozwój TI odbywa się w sposób nieusystematyzowany i uwzględniający doraźne potrzeby.

³¹ Według Słownika Języka Polskiego PWN, metoda [gr. *méthodos*] to świadomie stosowany sposób postępowania mający prowadzić do osiągnięcia zamierzonego celu; (<http://sjp.pwn.pl/szukaj/metoda.html>, dostęp: 14.02.2017 r.). P. Szamrowski zwraca uwagę na relację między pojęciami metoda i technika. Autor, cytując brytyjską *Encyclopedia of Management* stwierdza, że technika stanowi część szczegółową metody, stanowi część dotyczącą postępowania w ramach specjalnego celu, elementu (por. Szamrowski P., *Ewolucja i dyfuzja metod organizacji i zarządzania*, w: *Metody organizacji i zarządzania*, J. Mioduszewski, red., Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn, 2013 r., s. 27).

...

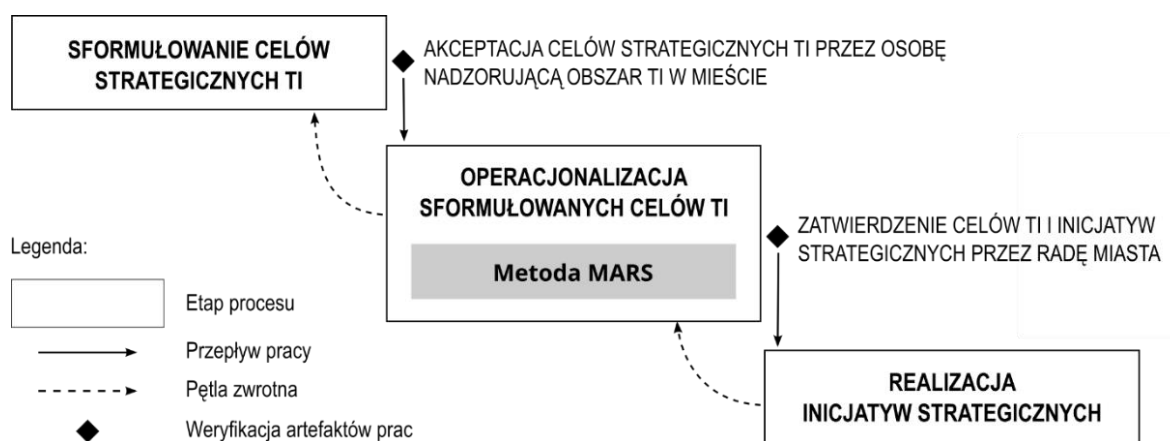
- **HP.2:** Wraz ze wzrostem złożoności środowiska TI posiadanego przez urzędy miejskie wzrasta częstotliwość posiadania przez nie strategii w obszarze TI.
- **HP.3:** Urzędy miejskie posiadające strategię w obszarze TI napotykają szereg barier utrudniających efektywną³² realizację celów strategicznych TI.
- **HP.4:** W coraz większym stopniu urzędy miejskie realizują projekty, uwzględniając wybrane elementy koncepcję inteligentnych miast.
- **HP.5:** Brak jest metody projektowania architektury informatycznej wspierającej całościową realizację koncepcji inteligentnych miast.

CHARAKTERYSTYKA AUTORSKIEJ METODY MARS

Ogólny model procesu definiowania i realizacji strategii TI składa się z trzech etapów³³:

1. Sformułowanie celów strategicznych;
2. Operacjonalizacja celów strategicznych;
3. Realizacja inicjatyw strategicznych (programów i portfeli projektów).

Metoda MARS służy do wspierania pracowników urzędów miejskich podczas drugiego etapu procesu realizacji strategii w obszarze TI (por. rysunek 1). Metoda ta w sposób ustrukturyzowany wspiera projektowanie architektury informatycznej miasta poprzez: dekompozycję i uspołnienie celów strategicznych, definiowanie i analizę alternatyw architektonicznych oraz określenie i ustawienie sekwencji inicjatyw strategicznych. Docelowo realizacja tych inicjatyw dostarcza systemy informatyczne, a poprzez to pozwala na osiągnięcie wyznaczonych celów strategicznych sformułowanych w etapie pierwszym.

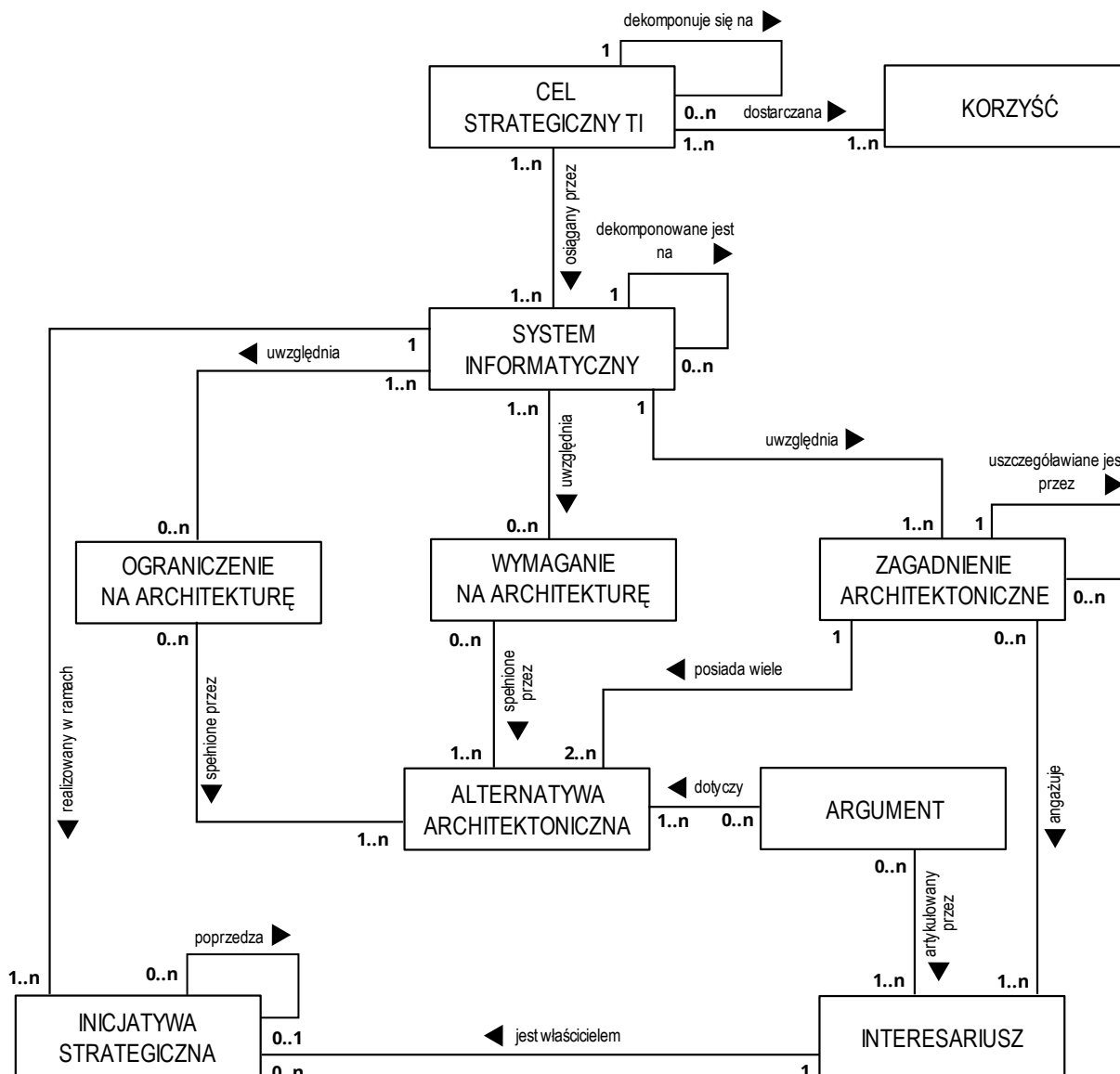


Rysunek 1. Miejsce stosowania metody MARS

Źródło: Opracowanie własne.

³² Słownik Języka Polskiego PWN definiuje „efektywny” jako: dający dobre wyniki, wydajny (por. <http://sjp.pwn.pl/szukaj/efektywny.html>), (dostęp:13.02.2017 r.).

³³ Thompson J., Martin F., *Strategic Management. Awareness & Change*, South-Western Cengage Learning, 6th edition, 2010, s. 34.



Rysunek 2. Meta-model³⁴ składowych notacji w metodzie MARS

Źródło: opracowanie własne.

W metodzie MARS wyróżnia się dziesięć typów elementów, które używane są w procedurze oraz stanowią podstawowe elementy notacji graficznej (por. rysunek 2). Są to:

- cel strategiczny TI - formalnie ustalone i przewidywane do osiągnięcia w przyszłości zamierzenie dotyczące budowy nowych lub rozwoju istniejących systemów informatycznych urzędu miasta lub jednostek mu podległych;

³⁴ Meta-model stanowi abstrakcyjną reprezentację modelu (notacji), a więc prezentację pojęcia tej notacji oraz związku między tymi pojęciami (por. Gholizadeh H. M., Azgomi M. A., *A Meta-Model Based Approach for Definition of a Multi-Formalism Modeling Framework*, International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 2, No. 1 February, 2010, s. 87).

...

- korzyść - poprawa funkcjonowania urzędu miasta/jednostek miejskich lub osób przebywających/organizacji działających na terenie miasta, której osiągnięcie jest możliwe dzięki realizacji jednego lub więcej celów strategicznych TI;
- system informatyczny - zespół współpracujących ze sobą urządzeń, programów, procedur przetwarzania informacji i narzędzi programowych zastosowanych w celu przetwarzania danych;
- ograniczenie na architekturę - warunek zawężający zbiór dopuszczalnych alternatyw architektonicznych, który musi być uwzględniony w architekturze systemu informatycznego;
- wymaganie na architekturę - warunek, który powinien zostać spełniony przez architekturę systemu informatycznego;
- zagadnienie architektoniczne - problem dotyczący architektury systemu informatycznego, który jest rozwiązywany poprzez selekcję jednej spośród co najmniej dwóch alternatyw architektonicznych;
- alternatywa architektoniczna - wysokopoziomowa koncepcja realizacji zagadnienia architektonicznego;
- interesariusz - osoba, grupa osób bądź organizacja zainteresowana działaniami podejmowanymi w obszarze TI (bo w wyniku tych działań może osiągać korzyści lub straty) oraz mająca realny wpływ na realizację tych działań;
- argument - motywacja (uzasadnienie) wyboru konkretnej alternatywy architektonicznej, której nie można ująć jako wymaganie albo ograniczenie; stanowi przesłankę „za” albo „przeciw” pewnej alternatywy architektonicznej;
- inicjatywa strategiczna - przedsięwzięcie, którego realizacja ma doprowadzić do osiągnięcia założonego celu strategicznego TI.

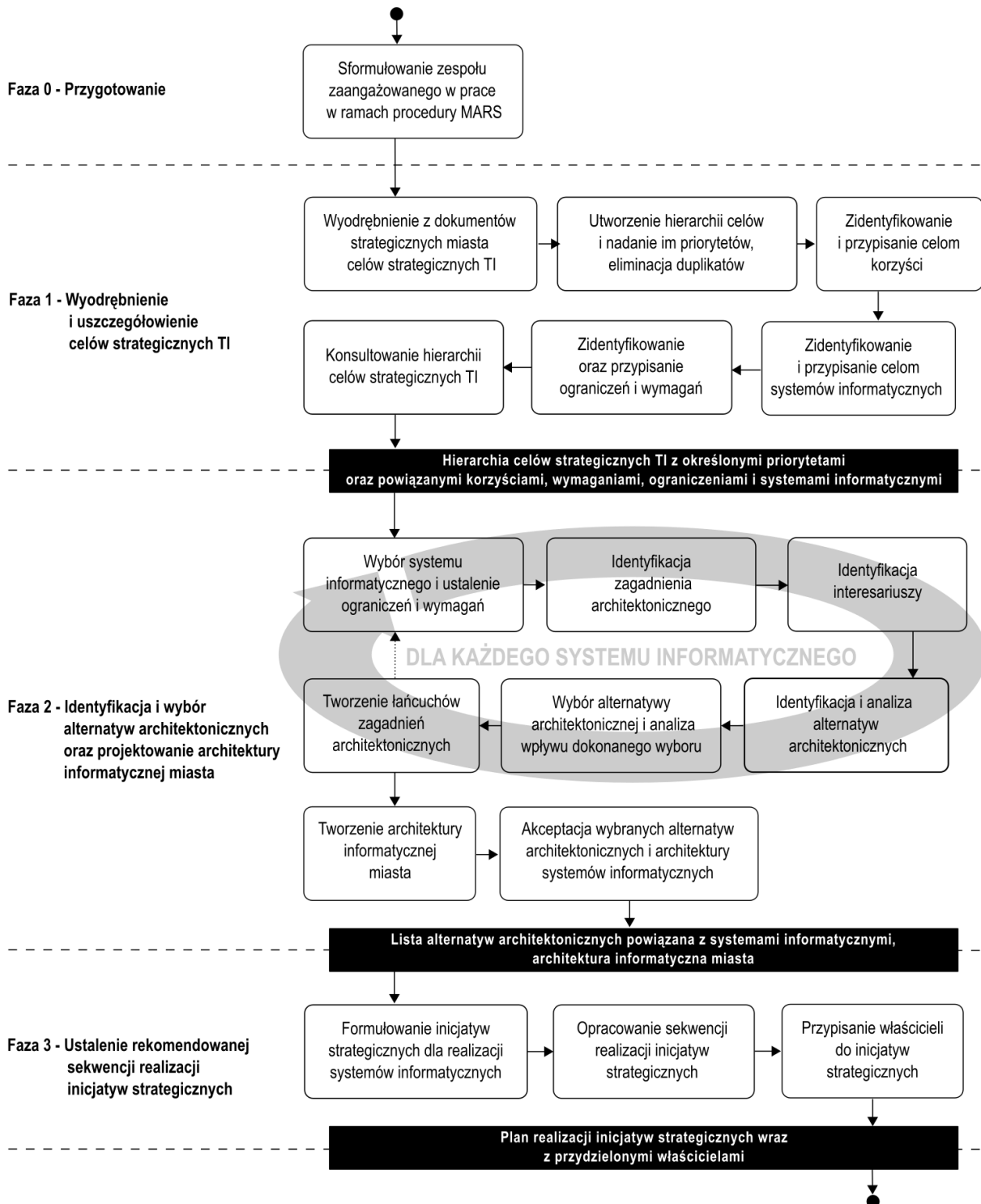
Procedura realizacyjna składa się z trzech głównych faz oraz fazy zerowej – przygotowawczej. Każda faza kończy się wraz z opracowaniem zdefiniowanych produktów fazy, które przekazywane są do następnej lub w przypadku trzeciej fazy – do dalszej realizacji w ramach procesu realizacji strategii TI.

W **fazie zerowej** wykonywane są działania przygotowawcze polegające na sformowaniu zespołu, który będzie brał udział w procedurze.

W ramach **fazy 1 – wyodrębnienie i uszczegółowienie celów strategicznych TI** – dokonywana jest analiza dokumentów strategicznych miasta. Z dokumentów wyodrębniane są cele strategiczne TI, które będą poddane analizie oraz – jeśli są umieszczone w dokumencie – korzyści, systemy informatyczne, wymagania na architekturę i ograniczenia na architekturę. Z wyodrębnionych celów strategicznych TI budowana jest hierarchiczna struktura drzewiasta, w której poszczególne cele łączone są z odpowiadającymi im korzyściami, systemami informatycznymi ograniczeniami na architekturę i wymaganiami na architekturę.

W **fazie 2 – identyfikacja i wybór alternatywy architektonicznych oraz projektowanie architektury informatycznej miasta** – dokonywane są kluczowe wybory dotyczące architektury poszczególnych systemów dokonywane w ramach zidentyfikowanych zagadnień architektonicz-

nych. W trakcie wyboru alternatyw architektonicznych analizowane są wymagania na architekturę i ograniczenia na architekturę, a także argumenty interesariuszy zaangażowanych w procedurę MARS. W ramach tego etapu powstaje architektura informatyczna miasta.



Rysunek 3. Fazy składowe metody MARS

Źródło: opracowanie własne.

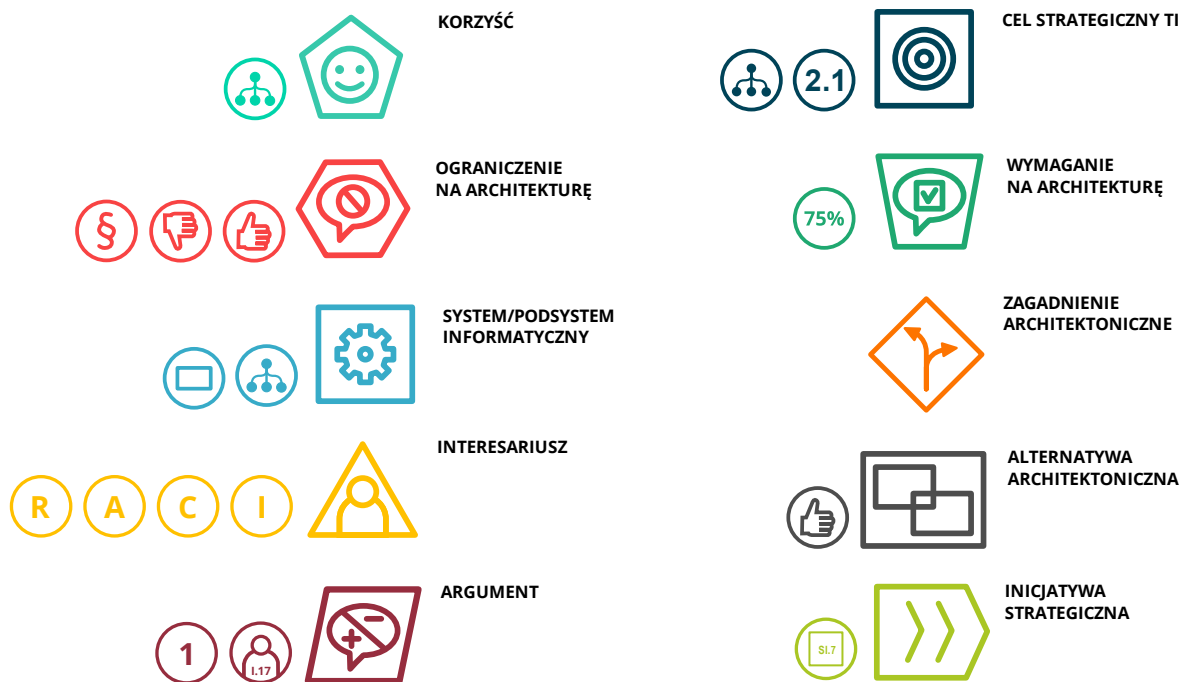
W fazie 3 – ustalenie rekomendowanej sekwencji realizacji inicjatyw strategicznych – budowa albo przebudowa systemów informatycznych mapowana jest na inicjatywy strategiczne. Następnie opracowywane są zależności pomiędzy wybranymi inicjatywami strategicznymi. Każdej z inicjatyw strategicznych przypisywana jest osoba odpowiedzialna za realizację – właściciel inicjatywy.

W celu ułatwienia dokumentowania czynności wykonywanych w ramach procedury MARS oraz przyspieszenia i uspoźnienia komunikacji pomiędzy interesariuszami, opracowano dedykowaną notację graficzną, na którą składa się dziesięć typów elementów graficznych, odpowiadających poszczególnym elementom stosowanym w ramach procedury.

W notacji graficznej MARS wykorzystywanych jest sześć rodzajów relacji: relacja agregacji (linia zakończona rombem), relacja wpływu (linia zakończona znakiem „+” albo „-“), relacja asocjacji prostej (proste zakończenie), relacja asocjacji z przepływem danych (linia przerywana, proste zakończenie), relacja asocjacji skierowanej (linia zakończona strzałką) oraz relacja grupowania (obwiednia wokół grupowanych elementów).

Dokumentacja graficzna w metodzie MARS podzielona jest na połączone ze sobą logicznie diagramy. W metodzie MARS występuje pięć rodzajów diagramów:

- **Diagram Celów Strategicznych – DCS** — ukazujący hierarchię celów strategicznych TI wraz z reprezentacją wpływu osiągnięcia poszczególnych celów na dostarczanie korzyści. Diagram reprezentuje również powiązane systemy informatyczne oraz ograniczenia na architekturę i wymagania na architekturę.
- **Diagram Łańcuchów Zagadnień Architektonicznych – DŁZA** — przedstawiający łańcuchy powiązanych ze sobą zagadnień architektonicznych, które dotyczą systemu informatycznego.
- **Mapa Zagadnienia Architektonicznego – MZA** — ilustrująca pojedynczą sytuację zagadnienia architektonicznego – interesariuszy, rozważane alternatywy architektoniczne, ograniczenia i wymagania na architekturę oraz argumenty.
- **Diagram Architektury Informatycznej Miasta – DAIM** – na którym przedstawiana jest architektura systemów informatycznych, ukazująca wybrane alternatywy architektoniczne.
- **Diagram Sekwencji Realizacji Inicjatyw Strategicznych – DSRIS** – na którym przedstawiane są inicjatywy strategiczne oraz ich wzajemne powiązania.



Rysunek 4. Graficzna reprezentacja elementów w metodzie MARS.

Źródło: Opracowanie własne.

Poszczególne diagramy tworzone są w kolejnych etapach procedury MARS. Diagramy wzajemnie się uzupełniają i wspólnie tworzą spójną i całościową dokumentację wykonywanych w ramach procedury czynności.

WYNIKI WDROŻENIA METODY MARS

W celu zweryfikowania zarówno procedury, jak i notacji graficznej metody MARS, wykonano wdrożenie pilotażowe opracowanej metody w mieście A. Miasto A jest dużym ośrodkiem przemysłowym, kulturalnym i naukowym w północnej części Polski.

W weryfikacji wykorzystano opracowane (na warsztatach – poza metodą MARS) cele strategiczne w obszarze TI. W wyniku przeprowadzenia procedury MARS otrzymano: zdekomponowaną listę celów strategicznych TI, listę inicjatyw strategicznych, architekturę informatyczną miasta oraz rekomendowaną sekwencję ich realizacji oraz z przypisanymi właścicielami, a także podstawowe założenia architektoniczne dla każdego systemu informatycznego, zidentyfikowanego w trakcie wykonywania procedury MARS.

Wdrożenie pilotażowe metody MARS w mieście A prowadzono na przełomie 2016 i 2017 roku. Zostało ono poprzedzone dwoma spotkaniami z przedstawicielami urzędu miasta, w ramach których przedstawiono metodę MARS, spodziewane korzyści z jej stosowania oraz założenia wdrożenia pilotażowego. W trakcie prac odbył się szereg spotkań roboczych oraz spotkanie podsumowujące.

Przeprowadzona weryfikacja wykazała praktyczną skuteczność i przydatność proponowanego podejścia. Metoda MARS okazała się efektywnym i ukierunkowanym na dostarczanie korzyści narzędziem. Zastosowanie procedury wpłynęło pozytywnie na ustrukturyzowanie procesu

operacjonalizacji założonych celów strategicznych TI. Kolejność podejmowanych kroków była logiczna i intuicyjna. Jak wskazał Dyrektor Działu Informatyki, przeprowadzona analiza zagadnień architektonicznych pozwoliła na bardziej świadome definiowanie architektury informatycznej miasta.

Wykonana, w ramach wdrożenia, dokumentacja w formie diagramów służyła jako podstawa komunikacji w procedurze. Szczególną przydatność prezentował diagram Mapy Zagadnienia Architektonicznego, w którym przedstawiane są możliwe alternatywy architektoniczne wraz z przypisanymi ograniczeniami na architekturę, wymaganiami na architekturę oraz argumentami. Taka forma dokumentacji okazała się przejrzysta i przyjazna dla osób, które na co dzień nie są zaznajomione z modelowaniem. Utworzone modele w formie graficznej, będące elementem metody MARS, istotnie wpłynęły na ułatwienie komunikacji w trakcie spotkań roboczych.

Z drugiej strony zidentyfikowano kilka potencjalnych obszarów dalszych badań i prac nad metodą. W obecnym kształcie procedura realizacyjna, będąca częścią metody MARS, składa się z wielu kroków, gdzie wykonanie wszystkich kroków jest obowiązkowe. Jedynie w przypadku, gdy krok jest nieadekwatny do sytuacji, to może on zostać pominięty. Jednak w przypadku prostszych systemów nie wszystkie kroki okazują się niezbędne do wykonania. W przyszłości należy opracować tzw. „lekką” wersję procedury, która mogłaby być stosowana w mniej złożonych przypadkach.

PODSUMOWANIE I KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ

Aby udowodnić postawioną hipotezę, autor sformułował cel główny pracy, którym było skonstruowanie autorskiej metody MARS przeznaczonej do projektowania architektury informatycznej miasta, nakierowanej na budowę inteligentnego miasta. Cel główny został następnie poddany dekompozycji na cele szczegółowe, które były realizowane w kolejnych częściach niniejszej pracy.

W pierwszym rozdziale dysertacji przedstawiono przegląd głównych koncepcji dotyczących inteligentnego miasta. Z przedstawionych rozważań wynika, że koncepcja inteligentnych miast, pomimo wątpliwości natury definicyjnej, jest dość dobrze rozpoznana. Należy zwrócić uwagę, że nie istnieje obszerna literatura na temat zarządzania TI w kontekście budowy inteligentnego miasta. W drugim rozdziale autor skupia się na analizie wybranych pozycji i nurtów z zakresu tworzenia architektury informatycznej jako metody realizacji strategii w obszarze TI. Autor kończy przegląd literatury konkluzją, że istnieje luka metodologiczna w obszarze metod projektowania architektury informatycznej, przeznaczonych dla wsparcia realizacji koncepcji *smart cities*.

W trzecim rozdziale zamieszczono opis i wyniki badania ankietowego przeprowadzonego przez autora. Uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. rozwijanie infrastruktury informatycznej miasta poprzez realizację przemyślanej i spójnej strategii w obszarze TI należy do rzadkości. W większości badanych urzędów brakowało zorganizowanego i skoordynowanego podejścia do informatyzacji urzędu;
2. uzyskane odpowiedzi wskazują, że podejmowane działania, mające na celu wdrożenie rozwiązań ICT, mają w większości charakter doraźny i nie są skoordynowane z innymi działaniami;

...

3. do najistotniejszych problemów w zakresie realizacji celów IT wskazywanych przez respondentów należą: niewystarczające środki finansowe, trudności w zidentyfikowaniu ograniczeń i wymagań architektonicznych (szczególnie regulacyjnych), nierealne oczekiwania czasowe co do terminu osiągnięcia wyznaczonych celów informatyzacji, trudności w koordynacji działań oraz bariery utrzymania spójności inicjatyw strategicznych;
4. do najważniejszych wymagań, formułowanych przez respondentów, wobec metod wspierających tworzenie architektury i implementację celów strategicznych TI należą: ułatwienie komunikacji pomiędzy wydziałem bądź biurem informatyki, a kierownictwem urzędu, ustrukturyzowanie procesu, w ramach którego następuje przełożenie celów strategicznych TI na konkretne działania i rozwiązania, ułatwienie wykrywania sprzeczności między inicjatywami strategicznymi i projektami realizującymi cele strategiczne TI.

Przedstawione wnioski pozwalają stwierdzić, że **pierwszy cel szczegółowy pracy został zrealizowany.**

Przedstawiona w czwartym rozdziale metoda MARS wypełnia lukę wśród metod projektowania architektury informatycznej miasta, wspierającej implementację celów strategicznych w obszarze TI, nakierowanej na wdrożenia koncepcji *smart cities*. Opracowana metoda uwzględnia specyfikę procesu projektowania architektury informatycznej w urzędach miejskich poprzez uwzględnienie m.in.: wielu jednostek zależnych, wielu interesariuszy biorących udział w projektowaniu architektury, ograniczeń regulacyjnych, z którymi infrastruktura TI musi być zgodna oraz wytycznych architektonicznych obowiązujących dla polskiej administracji samorządowej.

W odróżnieniu od istniejących podejść, metoda ta:

- dostarcza procedurę przejścia od celów strategicznych TI ukierunkowanych na realizację idei *smart cities* do architektury informatycznej na poziomie strategicznym;
- dostarcza wiedzę istotną z punktu widzenia podejmowania wyborów architektonicznych zgodnych z istniejącymi uwarunkowaniami formalno-prawnymi;
- jest elastyczna w tym sensie, że nie proponuje gotowej architektury referencyjnej, która wymagałaby znacznych nakładów finansowych na wdrożenie jej w miastach;
- dostarcza nową notację graficzną służącą do dokumentowania podejmowanych czynności, która uwzględnia paradygmaty użyteczności projektowania notacji graficznych.

Przedstawienie opisanej metody pozwalają stwierdzić o **zrealizowaniu drugiego i trzeciego celu szczegółowego pracy.**

Kluczowe znaczenie dla udowodnienia hipotezy głównej pracy miał rozdział piąty. W rozdziale tym opisano wdrożenie pilotażowe metody MARS w wybranym mieście w Polsce. W podsumowaniu rozdziału piątego sformułowano następujące wnioski:

1. Przeprowadzona weryfikacja wykazała praktyczną skuteczność i przydatność proponowanego w ramach metody MARS podejścia;
2. Zastosowanie opracowanej procedury realizacyjnej wpłynęło pozytywnie na ustrukturyzowanie procesu projektowania architektury informatycznej miasta i w konsekwencji realizacji założonych celów strategicznych TI;
3. Stworzone modele wykonywanych kroków opracowane z użyciem notacji MARS okazały

...

się przejrzyste i przyjazne dla osób, które na co dzień nie są zaznajomione z modelowaniem;

4. Graficzna dokumentacja, wykonana za pomocą notacji wchodzącej w skład metody MARS, wydatnie wpłynęła na ułatwienie komunikacji w trakcie spotkań roboczych.

Przedstawione wnioski stanowią przesłankę do stwierdzenia, że cel główny pracy został osiągnięty. Tym samym przyjmuje się, że ten oraz pozostałe argumenty zgromadzone w toku prowadzonych rozważań, stanowią dowód na pozytywną weryfikację postawionej we wstępie hipotezy głównej pracy.

Za istotny z perspektywy informatyki gospodarczej, wkład autora w rozwój tej dyscypliny naukowej należy uznać:

- pogłębiony przegląd stanu nauki w obszarze koncepcji inteligentnych miast oraz metod realizacji strategii w obszarze TI;
- sformułowanie autorskiej definicji inteligentnego miasta;
- przeprowadzenie porównania metod projektowania i dokumentowania architektury informatycznej oraz notacji dokumentowania uzasadnienia dokonywanych wyborów architektonicznych;
- przeprowadzenie badań dotyczących wybranych aspektów informatyzacji urzędów miejskich w Polsce oraz pogłębiona analiza uzyskanych wyników;
- opracowanie autorskiej metody projektowania architektury informatycznej miasta ukierunkowanej na implementację koncepcji *smart cities* (obejmujący procedurę realizacyjną i notację graficzną).

Jako główny kierunek przyszłych badań nad metodą, należy rozważyć prace nad umieszczeniem większej ilości elementów zarządzania portfelowego w ramach procedury MARS. Należy się spodziewać, że uzupełnienie metody o element zarządzania portfelowego wpłynie pozytywnie na jeszcze lepsze osiągnięcie spójności między realizowanymi inicjatywami strategicznymi ukierunkowanymi na budowę inteligentnego miasta.

Innymi kierunkami rozwoju mogą być:

- wprowadzenie mechanizmów formalnej analizy sprzeczności wymagań na architekturę i ograniczeń na architekturę, które są identyfikowane w pierwszej fazie procedury MARS;
- opracowanie tzw. „lekkiej” wersji procedury realizacyjnej, która mogłaby być stosowana w przypadku mniej złożonych systemów informatycznych.

Podsumowując, biorąc pod uwagę obecne trendy w wykorzystaniu technik informatycznych w organizacjach, koncepcja *smart cities* będzie stanowiła główny motor rozwoju miasta w najbliższej przyszłości. Realizacja strategii TI ukierunkowanej na wdrożenie koncepcji *smart cities* stanowi kluczowy czynnik sukcesu budowy inteligentnego miasta. Autor ma nadzieję, że zaproponowana w niniejszej pracy metoda MARS znajdzie szerokie grono użytkowników w urzędach miejskich w Polsce, a w ten sposób przyczyni się do modernizacji miast i budowy nowoczesnego społeczeństwa obywatelskiego.

Bibliografia – WYKAZ WAŻNIEJSZYCH POZYCJI LITERATUROWYCH

- Aziz-Alaoui M., Bertelle C., *From System Complexity to Emergent Properties*, Understanding Complex Systems Series, Springer, 2009.
- Bainey K., *Integrated IT Performance Management*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2016 r.
- Barbacci M. et al., *Using the Architecture Tradeoff Analysis Method (ATAM) to Evaluate the Software Architecture for a Product Line of Avionics Systems: A Case Study*, Carnegie Mellon University, Technical Note CMU/SEI-2003-TN-012, July 2003.
- Bass L., Clements P., Kazman R., *Software Architecture in Practice*, Addison-Wesley, 2003.
- Bawany N. Z., Shamsi A., *Smart City Architecture: Vision and Challenges*, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 6, nr 11, 2015.
- Barszczewski L., Gogolewski A., *Strategia biznesowa a strategia informatyzacji*, red. Szyjewski Z. Nowak J. S., Grabara J. N., Strategie informatyzacji i zarządzanie wiedzą, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004 r.
- Business Motivation Model*, version 1.3, Object Management Group, May 2015.
- Capilla R., Nava F., Duenas J.C., *Modelling and Documenting the Evolution of Architectural Design Decisions*, Proceeding SHARK-ADI '07, Proceedings of the Second Workshop on Sharing and Reusing Architectural Knowledge Architecture, Rationale, and Design Intent, IEEE 2007.
- COBIT 5, A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT*, ISACA, 2012.
- Cocchia A., *Smart and Digital City: A Systematic Literature Review*, w: *Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space*, Springer International Publishing, Switzerland 2014.
- Dueñas J. C., Capilla R., *The Decision View of Software Architecture*, Lecture Notes in Computer Science vol. 3527/2005, Springer 2005.
- Flasiński M., *Zarządzanie projektami informatycznymi*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013 r.
- Gołuchowski J., Korzeb M., Weichbroth P., *Perspektywy wykorzystania architektury korporacyjnej w tworzeniu rozwiązań smart city*, „Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych”, zeszyt 38, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2015.
- Greefhorst D., Proper E., *Architecture Principles. The Cornerstones of Enterprise Architecture*, Springer, 2011.
- Hanschke I., *Strategic IT Management: A Toolkit for Enterprise Architecture Management*, Springer Science & Business Media, 2009.
- Harrison C., Donnelly I. A., *A theory of smart cities*, Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS - 2011.
- Harrison N. B., Avgeriou P., Zdun U., *Using Patterns to Capture Architectural Decisions*, IEEE Software, Volume 24 Issue 4, IEEE, July 2007.
- Hubka V., Eder E., *Design Science. Introduction to Needs, Scope and Organization of Engineering Design Knowledge*, Springer, London 1996 r.
- Jansen A., Bosch J., *Software Architecture as a Set of Architectural Design Decisions*, “Software Architecture” 2005, WICSA 2005. 5th Working IEEE/IFIP Conference on.
- Jelonek D., *Identyfikacja kluczowych czynników strategicznej harmonizacji monitorowania otoczenia i technologii informatycznej w przedsiębiorstwach przetwórstwa przemysłowego*, w: red. Knosala R., Komputerowo zintegrowane zarządzanie, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2010 r.
- Johnson G., Scholes K., Whittingtons R., *Exploring Corporate Strategy*, Pearson Education Limited, 7th edition, 2005.
- Keyes A., *Implementing the IT Balanced Scorecard, Aligning IT with Corporate Strategy*, Auerbach Publications, 2005.
- Kovacevic A., Majluf N., *Six Stages of IT Strategic Management*, MIT Sloan Management Review, Summer 1993.
- Królikowska B. *Architektura korporacyjna w administracji publicznej*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Studia Informatica nr 27, Szczecin, 2011 r.
- Lagerström R., Franke U., Johnson P., Ullberg J., *A method for creating enterprise architecture metamodels - applied to systems modifiability analysis*, International Journal of Computer Science & Applications vol. VI, 2009.
- Małopolskie inteligentne miasta – kierunki rozwoju*, red. J. Szymański, Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego, Departament Polityki Regionalnej, Kraków 2014.

...

- Moody D.L., *The „Physics” of Notations: Towards a Scientific Basis for Constructing Visual Notations in Software Engineering*, "IEEE Transactions on Software Engineering", vol. 35, no. 5, November–December, 2009.
- Muraszkiewicz M., *Techniki komunikacyjne i informacyjne dla inteligentnych miast*, w: red. Gotlib D., Olszewski R., Smart City. Informacja przestrzenna w zarządzaniu inteligentnym miastem, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2016 r.
- Olszak C. M., *Cele i założenia strategii cyfrowej współczesnej organizacji*, w: red. Chmielarz W., Kisielnicki J., Parys T., Informatyka przyszłości 2. 30 lat Informatyki na Wydziale Zarządzania UW, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2015 r.
- Op't Land M. et al., *Enterprise Architecture. Creating Value by Informed Governance*, The Enterprise Engineering Series, Springer, 2009.
- Pańkowska M., *Modelowe wspomaganie strategii informatyzacji*, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych, zeszyt 24, Warszawa 2012 r.
- Polska Norma PN-ISO/IEC 2382-1, *Technika Informatyczna. Terminologia, Terminy podstawowe*, Polski Komitet Normalizacyjny, wrzesień 1996 r.
- Pulkkinen M., *Systemic Management of Architectural Decisions in Enterprise Architecture Planning. Four Dimensions and Three Abstraction Levels*, Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE 2006. HICSS '06.
- Ross J. W., Weil P., Robertson D. C., *Enterprise Architecture as Strategy*, Harvard Business Press, Boston, Massachusetts, 2006.
- Sikora-Fernandez D., *Inteligentne zarządzanie w miastach – Lublin*, w: D. Stawasz, D. Sikora-Fernandez, *Zarządzanie w polskich miastach zgodne z koncepcją smart city*, Placet, Warszawa 2015.
- Sikora-Fernandez D., *Koncepcja „smart city” w założeniach polityki rozwoju miasta – polska perspektywa*, „Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Oeconomica”, vol. 290, Łódź 2013.
- Sikora-Fernandez D., *Zarządzanie miastem w dobie społeczeństwa informacyjnego*, w: *Innowacje 2014. Innowacyjne działania w ICT*, Urząd Marszałkowski Województwa Łódzkiego, 2014.
- Sobczak A., *Architektura korporacyjna. Aspekty teoretyczne i wybrane zastosowania praktyczne*, Ośrodek Studiów nad Nowym Państwem, Łódź 2013.
- Sobczak A., *Koncepcja cyfrowej transformacji sieci organizacji publicznych*, „Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych” 2013, nr 29, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2013.
- Sobczak A., *Metamodel architektury korporacyjnej państwa*, „Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Oeconomica”, nr 4(324), Łódź 2016.
- Sobczak A., *Model dostarczania wartości z budowy inteligentnego miasta*, „Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych” 2014, z. 33, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2014.
- Sobczak A., *Zastosowanie architektury korporacyjnej jako narzędzia przeprowadzenia transformacji jednostek administracji publicznej*, Monografie i Opracowania, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2010 r.
- Stawasz D., Sikora-Fernandez D., *Koncepcja smart city w teorii i praktyce zarządzania rozwojem miast*, w: red. Stawasz D., Sikora-Fernandez D., *Zarządzanie w polskich miastach zgodnie z koncepcją smart city*, Wydawnictwo Placet, 2015 r.,
- Szafrański B., *Architektura korporacyjna a idea otwartego rządu*, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych, zeszyt 33, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2014 r.
- Thompson J., Martin F., *Strategic Management. Awareness & Change*, South-Western Cengage Learning, 6th edition, 2010 r.
- Tyree J., Akerman A., *Architecture Decisions: Demystifying Architecture*, "IEEE Software", March/April 2005.
- Wiggers P. Kok H., de Boer-de Wit M., *IT Performance Management*, Elsevier, Oxford, 2004.
- Willcocks L.P., Petherbridge P., Olson N., *Making IT Count. Strategy, Delivery, Infrastructure*, Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford 2002.
- Wrycza S., *Informatyka ekonomiczna. Podręcznik akademicki*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010 r.
- Wysocki R. K., *Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme*, Wiley; 7 edition, December 16, 2013.
- Zachman J., *A Framework for Information Systems Architecture*, IBM Systems Journal, Vol. 26 Issue 3, 1987.

...

Ziemba E., *Miejsce e-administracji w kreowaniu społeczeństwa informacyjnego – teoria i praktyka*, w: red. Kobyliński A., Sobczak A., *Technologie informatyczne w administracji publicznej i służbie zdrowia*, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH, zeszyt 24, Warszawa, 2012.

Źródła internetowe:

- A KAOS tutorial*, version 1.0, Respect_IT, October 18, 2007, <https://www.cse.msu.edu/~cse870/Materials/GoalModeling/KaosTutorial-2007.pdf> (dostęp: 11.04.2017 r.).
- ArchiMate 3.0 Specification*, An Open Group Standard, 2016, <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/toc.html> (dostęp: 3.04.2017 r.).
- GRL - Goal-oriented Requirement Language*, University of Toronto, CANADA, <https://www.cs.toronto.edu/~km/GRL/> (dostęp 4.04.2017 r.).
- Harrison C., Donnelly I. A., *A theory of smart cities*, 2011, <http://www.interindustria.hu/ekonyvtar/en/Smart%20cities%20and%20communities/Publications/A%20theory%20of%20smart%20cities.pdf> (dostęp: 27.12.2016 r.).
- Horkoff J., Yu E., *iStar Quick Guide*, version 2.0, October 2006, <http://istar.rwth-aachen.de/tiki-index.php?page=iStarQuickGuide> (dostęp: 4.04.2017 r.).
- Inteligentne miasta. Jak zintegrowana infrastruktura otwiera drogę do cyfrowej transformacji przestrzeni miejskiej*, <http://biznes.t-mobile.pl/upload/files/Smart-cities-opracowanie> (dostęp: 8.04.2017 r.).
- ISACA Glossary of Terms*, ISACA 2015, s. 38, <https://www.isaca.org/Knowledge-Center/Documents/Glossary/glossary.pdf> (dostęp: 8.04.2017 r.).
- Pradhan S. K., *IT Architecture Design Framework: ADMIT*, September 2013, <https://www.infoq.com/articles/admit-architecture-framework> (dostęp: 28.03.2017 r.).
- Sprawy urzędowe również przez komórkę*, <https://mc.gov.pl/aktualnosci/sprawy-urzedowe-rowniez-przez-komorke>, 21.12.2016 (dostęp: 21.12.2016 r.).
- The common approach to federal enterprise architecture*, Executive Office of the President of the United States, May 2, 2012, <http://ocio.ca.gov/ea/docs/CommonApproachToFederalEA.pdf> (dostęp: 2.04.2017 r.).
- TOGAF Version 9.1*, Van Haren Publishing, 2011, <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/index.html> (dostęp: 6.02.2017 r.).
- Westerman G., Bonnet D., McAfee A., *The Nine Elements of Digital Transformation*, MIT Sloan Management Review, 4 January 2014, <http://sloanreview.mit.edu/article/the-nine-elements-of-digital-transformation/> (dostęp: 13.12.2016r.).
- World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, The 30 Largest Urban Agglomerations Ranked by Population Size at Each Point in Time, 1950-2030*, https://esa.un.org/unpd/wup/CD-ROM/WUP2014_XLS_CD_FILES/WUP2014-F11a-30_Largest_Cities.xls (dostęp: 27.12.2016 r.).