

# WYSOKOPOZIOMOWY MODEL PROJEKTOWANIA WSKAŹNIKÓW KPI SYSTEMÓW INTELIGENTNYCH MIAST

*Cezary Orłowski<sup>1</sup>, Tomasz Sitek<sup>1</sup>  
Artur Ziółkowski<sup>1</sup>, Paweł Kapłański<sup>1</sup>  
Aleksander Orłowski<sup>1</sup>, Witold Pokrzywnicki<sup>1</sup>*

## Streszczenie

Celem artykułu jest prezentacja etapów budowy wysokopoziomowych modeli projektowania wskaźników KPI (WPMPW) systemów inteligentnych miast. Dotychczasowy rozwój, badanie procesów miast i przyporządkowanie im miar może być kontrolowane za pomocą wskaźników KPI. Autorzy artykułu w trakcie procesów projektowania zwrócili uwagę na ograniczoną użyteczność tak projektowanych wskaźników dla przedstawicieli miast. Stąd też zaproponowali koncepcję WPMPW. Dla zrealizowania zaproponowanego celu artykuł został podzielony na cztery główne części. W części pierwszej przedstawiono strukturę miasta oraz przedsiębiorstwa, aby na tym tle w części drugiej przedstawić procesy funkcjonowania obu podmiotów i wykazać ich zróżnicowanie. W części trzeciej omówiono rolę KPI i ich ograniczone zastosowanie dla miast na przykładzie ich projektowania w ramie projektowej (ang. framework) Intelligent Operating Centre (IOC). W części czwartej zaprezentowano proponowany model zmian procesu projektowania. Część czwarta zawiera także weryfikację modelu na podstawie procesu projektowania dwu decyzyjnych wskaźników miasta.

**Słowa kluczowe:** *Smart Cities*, zarządzanie wiedzą, knowledge management, fuzzy logic, modelowanie procesów.

## 1. Wprowadzenie

Obecnie 54% ludności świata mieszka w miastach. Według szacunków Organizacji Narodów Zjednoczonych jest to 3,5 miliarda ludzi i organizacja przewiduje wzrost liczby mieszkańców miast do siedmiu miliardów w 2045 roku (Department

---

<sup>1</sup> Politechnika Gdańska, Wydział Zarządzania i Ekonomii/ Gdańsk University of Technology, Faculty of Management and Economics

of Economic and Social Affairs, 2014). Proces migracji do ośrodków miejskich jest obecnie najbardziej widoczny w Ameryce Północnej (84% mieszkańców mieszka w ośrodkach miejskich) oraz w Europie (73%), jednak prognozuje się jego nasilenie głównie w Azji.

Powyższe dane wskazują, że zarządzanie miastami jest i będzie coraz bardziej istotnym problemem ze względu na rosnącą liczbę mieszkańców oraz ograniczoną powierzchnię, na której miasta mogą i powinny się rozwijać. Należy wspomnieć, że nie wszędzie jest to proces gwałtownego rozwoju. W wiele przypadkach (ze standardowym Detroit na czele) liczba mieszkańców gwałtownie spada. W obu przypadkach zarówno wzrostu jak i spadku liczby mieszkańców, należy podejmować wiele trudnych decyzji zarządczych. Nie jest jednak jasne, jakie decyzje powinny być podejmowane. Miasto bowiem jest typem organizacji w której istnieje wiele różnych, często sprzecznych procesów wymagających podejmowania spójnych decyzji. Ilustracją takiego stanu jest potrzeba decyzji dotyczącej budowy szerokopasmowej drogi w centrum miasta. Drogi takie są bardzo kosztowne (budowa, spadek przychodów z transportu publicznego, spadek wartości okolicznych gruntów), zmniejszają atrakcyjność okolicznych terenów, a także według badań zwiększają korki w mieście (ponieważ więcej osób przesiada się do samochodów). Z drugiej strony bardzo wielu mieszkańców oczekuje budowy nowych dróg. Pojawia się więc pytanie, jaką decyzję należy podjąć i jak zostanie ona oceniona przez mieszkańców

Podany powyżej przykład i wiele podobnych wskazują, że istnieje pilna potrzeba wsparcia procesów zarządzania w miastach, przede wszystkim planowania i podejmowania decyzji. Poniżej zaprezentowano, jak można tego dokonać i jakich ograniczeń należy się spodziewać.

## 2. Zarządzanie miastem a zarządzanie przedsiębiorstwem

Miasto i przedsiębiorstwo są dwoma typami organizacji. Organizacja to „zorganizowana, intencjonalna struktura ról i pozycji” (Weihrich). Chociaż miasto i przedsiębiorstwo to typy organizacji, to istnieją pomiędzy nimi zasadnicze różnice, które zostaną omówione poniżej.

Przedsiębiorstwo to jednostka sformowana w celu prowadzenia działalności biznesowej, bazująca na państwowo ustalanych regulacjach prawnych dotyczących produkcji, wymiany i sprzedaży produktów oraz usług (Encyclopaedia Britannica, 2015). Zasady zarządzania od początku formułowane były dla przedsiębiorstw, na co wskazują przykłady działań Henriego Fayola czy Fredericka Winsłowa Taylora w końcu XIX wieku. Głównym celem przedsiębiorstw jest generowanie zysku, a w ich działaniach pod uwagę brane są interesy właścicieli/ akcjonariuszy, pracowników i partnerów biznesowych.

Głównym rezultatem działalności przedsiębiorstw są produkty lub usługi oferowane zarówno klientom indywidualnym (B2C), jak i klientom biznesowym/korporacyjnym (B2B). Większość współczesnych opracowań z dziedziny zarządzaniu koncentruje się na zarządzaniu przedsiębiorstwami z dedykowanymi

koncepcjami zarządzania, modelami wspomagającymi zarządzanie oraz wskaźnikami funkcjonowania przedsiębiorstw. Ze względu na swą powszechność zagadnienia te nie będą dalej przedstawiane.

Miasto to „zamieszkały teren większy pod względem obszaru, populacji lub znaczenia od wioski” (Merriam-Webster Dictionary). „Miasto powinno być widziane jako sieć rozciągająca się w czasie i przestrzeni” (Portugali, 2000). Istnieje wiele bardzo różnych definicji miasta, poczynając od Idealnego Miasta Maxa Webera, kończąc na współczesnych definicjach według których miasto to „sieć sieci, zapętłona w sieć, w której przepływają wartości pomiędzy uczestnikami sieci” (Macełko, 2014). Miasto może być omawiane zarówno od strony społecznej, jak i czysto fizycznej przestrzeni najczęściej wzbogacanej o aspekty kulturalne oraz społeczno-ekonomiczne.

Zarządzanie miastem należy przedstawić z dwóch perspektyw: zarządzania urzędem miejskim oraz zarządzania miastem. Zarządzanie urzędem miejskim to typowe zarządzanie organizacją, natomiast zarządzanie miastem składa się z aspektów takich jak: tworzenie strategii miasta, proces kontroli, koordynacji i oceny działań w obszarach, które wpływają na realizowaną strategię. Rezultatem zarządzania miastem jest produkt miejski, który znacząco różni się od produktu oferowanego przez przedsiębiorstwa. Główne różnice wskazano poniżej:

- znacznie większe skomplikowanie produktu miejskiego,
- ograniczony wpływ rynku na produkt miejski,
- produkt miejski konsumowany jest w jednej, ściśle określonej lokalizacji (miasto),
- skomplikowany proces wyceny produktu miejskiego ze względu na silny udział czynników nieostrych (klimat społeczny, wizerunek...) (Bryx, 2013).

Obecne, szybko rozwijające się miasta to „złożone systemy o charakterze społeczno-technicznym charakteryzowane przez wcześniej niespotykany stopień skomplikowania oraz integracji funkcji.” (Bettencourt, 2011). Rosnąca specjalizacja miast oraz zmienność powoduje ich olbrzymie zróżnicowanie, w którym kluczową rolę zaczyna odgrywać integracja zarządzania, szybszy obieg informacji, a następnie ich przetwarzanie.

Analizowanie miasta z punktu widzenia zachodzących w nim procesów zarządczych mają długą historię. W 1970 roku NYCRAND Institute zaczął wykorzystywać statystykę, modelowanie i możliwości oferowane przez ówczesne komputery do alokacji zasobów przede wszystkim na użytek straży pożarnej miasta Nowy Jork. Po ponad czterdziestu latach należy zastanowić się, czy wykorzystanie nowoczesnych technologii pozwoli zarządzać miastem w bardziej efektywny sposób. Aby móc odpowiedzieć na to pytanie należy najpierw przedstawić procesy obowiązujące w miastach, które mogłyby być wspierane przez technologię.

### 3. Typy procesów w mieście i typy procesów w przedsiębiorstwie

Jak podano wyżej, miasto i przedsiębiorstwo, choć stanowią typy organizacji, to zasadniczo różnią się od siebie. Z tego też powodu procesy stosowane w miastach jak i przedsiębiorstwach powinny znacznie różnić się od siebie co zostanie przedstawione w niniejszej części.

Zakłada się, że usprawnienie każdego procesu powinno wpłynąć na poprawę funkcjonowania całej organizacji. Jednak kiedy rozpatruje się miasta, należy przywołać istotny przykład: najbardziej atrakcyjne miasta na świecie to Nowy Jork i Londyn, mimo że nie posiadają one najbardziej efektywnego transportu publicznego czy sieci edukacyjnej. Jest oczywiste, że należy rozbudowywać infrastrukturę nie są to jednak jedyne elementy rozwoju, gdyż pomija się elementy o charakterze społecznym (Bettencourt, 2011). Stąd niezbędne jest przedstawienie funkcjonowania miasta, organizacji i obserwowanych procesów.

Urzędy miejskie w Polsce podzielone są na wydziały/ działy. Wydział to: „dział urzędu, biura wyodrębniony ze względu na zakres działania” (Słownik PWN, 2015). W teorii zarządzania wyszczególnia się szereg typów podziału przedsiębiorstwa: ze względu na podział geograficzny, typ klientów, czas i inne. Miasta zorganizowane są według typowego podziału na funkcje organizacji dlatego posiadają wydział finansowy czy wydział społeczny. Taki podział ma wiele zalet: naturalny podział pracowników według ich specjalizacji/ kwalifikacji, ułatwienia dotyczące szkoleń pracowników oraz dodatkowo jest czytelny dla otoczenia. Podział ten posiada także wady spośród których najważniejsza polega na utrudnieniu widzenia organizacji jako pewnej całości. Często wskazuje się na powstawanie ‘murów’ pomiędzy wydziałami, co objawia się tym, że pracownicy jednego działu nie wiedzą, co się dzieje w innym.

Należy także wspomnieć o występowaniu w miastach tzw. „splątanych problemów” (ang. *wicked problems*), których cechą charakterystyczną jest to, że nie mogą być rozwiązane poprzez centralne zarządzanie. Problemy te wiążą się z dwoma aspektami: a) brakiem wiedzy b) problemami związanymi z technicznym ich rozwiązywaniem (Bettencourt, 2011). Problemy techniczne związane z obliczeniami w znacznej części mogą być obecnie pominięte, należy zatem skoncentrować się na problemach dotyczących dostępu do wiedzy. Wiedza jest niezbędna, aby zarządzający mógł śledzić i rozumieć obecny stan miasta (procesów). Obecnie dąży się do tego, aby osoba pracująca w specjalnym „pokoju zarządzania” miała dostęp do szczegółowych informacji dotyczących infrastruktury i usług świadczonych w mieście. Za pomocą tysięcy czujników możliwe jest mapowanie różnego typu procesów, problemem pozostaje jednak pokazanie procesów o charakterze społeczno-ekonomicznym, takich jak na przykład nastroje ludzi, bez czego nie da się realizować celów zarządzania miastem.

Biorąc pod uwagę powyższe problemy, należy zatem ustalić, kiedy miasto jest zarządzane właściwie. W przedsiębiorstwach cele prezentowane są zazwyczaj w formie ostrej (na przykład konkretny wynik finansowy na koniec roku obrachunko-

wego, wzrost/spadek liczby sprzedanych produktów, wzrost marży). Nasuwa się zatem pytanie, czy podobne miary można zastosować do zarządzania miastem. Z perspektywy prezydenta miasta głównym kryterium wskazującym dobre (lub złe) zarządzanie miastem są wyniki wyborów samorządowych. Nie można jednak stwierdzić, że wyniki tych wyborów zależą jedynie od realizacji konkretnych celów miasta (takich jak poprawa funkcjonowania transportu publicznego czy spadek wskaźnika zadłużenia miasta), gdyż często wyniki te bazują tylko na nastrojach, czasem zupełnie niezależnych od wskaźników realizacji celów. Można przyjąć założenie, że prezydent miasta nie będzie kierował się celami politycznymi (wygrana w wyborach), a jedynie dobrem miasta. Pojawia się jednak pytanie czym te cele są? Cele definiowane są przez wszystkie grupy działające w mieście (mieszkańcy, inwestorzy, ekologodzy, aktywiści miejscy, politycy). Grupy te mają jednak różne, często sprzeczne ze sobą cele, stąd niezwykle trudno tylko na tej podstawie wskazać cele miasta. Jedną z odpowiedzi na ten problem jest koncepcja inteligentnych miast (ang. *Smart Cities*).

Koncepcja Smart City zaczęła pojawiać się przed dwiema dekadami i początkowo była stosowana w miastach, które stosowały narzędzia technologiczne (głównie informatyczne) do rozwiązywania codziennych problemów funkcjonowania miasta i jego mieszkańców poprzez wykorzystanie wielu źródeł informacji i ich późniejsze automatyczne przetwarzanie (Catsella, 2014). Tak definiowano inteligentne miasta dwadzieścia lat temu, pojawia się zatem pytanie, czym obecnie są Smart Cities? Takim mianem określa się miasta, które „inwestują w kapitał ludzki i społeczny, zrównoważony rozwój oparty na nowoczesnym transporcie i inwestorach z sektora ICT oraz charakteryzują się wysoką jakością życia mieszkańców wspartą dbałością o środowisko naturalne i wysokim wskaźnikiem zaangażowania obywatelskiego mieszkańców” (Lombardi i inni, 2012). Istnieją także bardziej ogólne definicje, z których najpełniejsza wydaje się ta zdefiniowana na potrzeby European Smart Cities Model według której inteligentnym miastem jest miasto, które „osiąga doskonałe wyniki” w sześciu obszarach funkcjonowania: ekonomii, mobilności, ochronie środowiska, zasobach ludzki, jakości życia oraz zarządzania (Smart Cities, 2015). Smart City to według twórców więcej niż Intelligent City, ponieważ wykorzystuje sprzężenie zwrotne informacji. Z punktu widzenia odpowiedzi na pytanie „jak efektywnie zarządzać miastami” najbardziej istotna wydaje się dziś koncepcja Smart Cities 2.0. (*How 12 cities are charting*, 2015) w której próbuje się zniwelować „mury” oddzielające wydziały (czyli odejść od podejścia silosowego) dzięki dedykowanym narzędziom wspierającym zarządzanie. Na razie jest to jedynie koncepcja.

Ponieważ miasta mają inne cele niż przedsiębiorstwa, co przedstawiono powyżej, to wymagają też zastosowania innych narzędzi do wspomaganiania procesów w miastach. Na wstępie jednak niezbędne jest przedstawienie procesów, jakie zachodzą w miastach, co zostanie omówione w kolejnej części.

Jak podano wyżej, urzędy miejskie podzielone są na wydziały, pomiędzy którymi przepływ informacji jest ograniczony, co jest istotne szczególnie przy projektach o charakterze ogólnomiejskim. Poniżej przedstawiono przykłady wskazujące na charakterystyczne cechy procesów w miastach (i to jak różne są od procesów w przedsiębiorstwach).

W jednym z miast w południowej Polsce wydział edukacji dokonał przesunięć w alokacji dzieci do szkół oraz w samej sieci szkół, a zmiany weszły w życie na początku roku szkolnego. Jest to typowy proces przeprowadzany regularnie w mieście, wynikający z potrzeb dopasowania do struktury demograficznej otoczenia, potrzeb rynku (szkoły zawodowe), wyposażenia szkół (sala gimnastyczna, basen). Na podstawie takich danych wydział edukacji urzędu miejskiego podejmuje decyzję o przenoszeniu klas, likwidacji szkół oraz otwarciu nowych w innych dzielnicach miasta. Jednocześnie na początku roku szkolnego wydział transportu zanotował gwałtowne zmiany w systemie transportowym miasta. Po pierwsze zmieniło się zapelnienie transportu publicznego (niektóre linie autobusowe były puste, inne przepełnione), po drugie zaczęły się „korkować” ulice, których do tej pory ten problem nie dotyczył. Wydział transportu zlecił zewnętrznej firmie badania dotyczące przyczyn tego stanu rzeczy. Okazało się, że za zmiany odpowiada inny wydział tego samego urzędu miejskiego. Jest to typowy przykład „murów” dzielących wydziały, silosowego myślenia o zarządzaniu, a jednocześnie jeden z bardzo wielu procesów, jakie regularnie mają miejsce w mieście. Dlatego niezbędne jest wspomaganie zarządzania miastem przy planowaniu zmian.

W procesach zachodzących w miastach istnieje także inny, poza brakiem przepływu informacji pomiędzy wydziałami, typ problemów, który ilustruje przykład przebudowy ulicy Podwałe Przedmiejskie w Gdańsku. Obecnie jest to arteria uznawana za jedną z głównych barier oddzielających Głównie Miasto od Dolnego Miasta, jednej z niewielu ocalałych podczas wojny dzielnic, obecnie jednak mocno podupadłej. Ulica została wybudowana 40 lat temu jako tranzytowa droga wylotowa z Gdańska, przecinająca stare zabudowania na pół. W rezultacie Głównie Miasto to turystyczne centrum miasta, pełne restauracji i hoteli, natomiast druga strona ulicy jest dokładnym przeciwieństwem, uznawanym za niebezpieczną i nieprzyjazną mimo wielu zabytków. Stąd zrodził się pomysł zwężenia ulicy Podwałe Przedmiejskie, aby ponownie połączyć obie części miasta (a jednocześnie wcześniej wybudowano alternatywne drogi odciążające ruch kołowy). Wiele środowisk jest zainteresowanych procesem przebudowy: właściciele samochodów, którzy są przeciwni zwężeniu drogi, miasto oraz organizacje pozarządowe, które mają nadzieję na rozwój zapomnianej części miasta, mieszkańcy, deweloperzy, inwestorzy. Dodatkowo jest wiele kryteriów (z różnych obszarów), które należy wziąć pod uwagę podejmując decyzje: zanieczyszczenie powietrza, hałas, wartość okolicznych gruntów, przepustowość systemu transportowego, wizerunek miasta czy bezpośredni koszt zwężenia jezdni. Są to obszary za które odpowiadają różne wydziały urzędu miejskiego, a decyzja musi brać pod uwagę wszystkie elementy. Pojawia się pytanie, kto powinien podjąć decyzję (który wydział) oraz jak zintegrować tak różne dane potrzebne do podjęcia decyzji.

Powyższy przykład wskazuje na drugi problem procesów w mieście, ich wielowymiarowość i wynikające z tego trudności w podejmowaniu decyzji. W celu rozwiązania tych problemów niezbędne wydaje się zdefiniowanie narzędzi wspomagających procesy podejmowania decyzji w miastach.

#### 4. Kluczowe wskaźniki efektywności (KPI) i ich wpływ na ocenę procesów w systemie IOC

W poprzedniej części przedstawiono problem występujące w zarządzaniu miastem wraz z praktycznymi przykładami procesów realizowanych w miastach. Na podstawie przedstawionych danych niezbędne wydaje się wsparcie procesów zarządzania miastem, przede wszystkim procesów planowania i podejmowania decyzji. Ostatnią wielką zmianą technologiczną dotyczącą życia w miastach było upowszechnienie samochodu oraz wynalezienie windy. W obu przypadkach technologia zmieniła fizyczny obraz życia w miastach – to jak daleko ludzie mogą podróżować lub jak wysokie mogą być budynki. Jednak przeobrażenia te nie zmieniły fundamentów zarządzania miastami. Obecnie, mając do dyspozycji telefony komórkowe i komputery z dostępem do Internetu otrzymujemy możliwość wpływania także na społeczną sferę miasta oraz zaangażowanie mieszkańców w uczestnictwo w procesach planowania i zarządzania miastem (Madera, 2010). Koncepcja *Smart Cities* próbuje wykorzystać ten trend. Poza samą koncepcją niezbędne jest posiadanie narzędzi projektowych/ ram projektowych, które pozwolą wcielić ją w życie. Przykładem takiej ramy projektowej, na podstawie której prezentowane będą dalsze etapy pracy jest *Intelligent Operations Center for Smarter Cities* (IOC). IOC to system, który odbiera, przetwarza i wykorzystuje dane zbierane w wielu obszarach funkcjonowania miasta, aby wspomagać procesy zarządzania miastem. Jest to system typu *big data* (analizujący duże zbiory danych) z możliwością wielu rozszerzeń.

Głównymi elementami stanowiącymi podstawę struktury IOC są kluczowe wskaźniki efektywności (KPI). KPI to wskaźniki o charakterze zarówno finansowym, jak i niefinansowym, policzalne, które przedstawiają jak skutecznie organizacja realizuje swoje cele. KPI są stosowane przez organizacje, aby ocenić skuteczność realizacji celów (*KPI in management*, 2015). Dzięki kluczowym wskaźnikom efektywności organizacje określają i mierzą postęp realizacji swoich celów. W tym miejscu należałoby zadać pytanie: co jest celem funkcjonowania miasta? Można wymienić wiele odpowiedzi:

- budowa określonych odcinków nowych dróg,
- zmniejszenie poziomu bezrobocia w mieście o wskazaną wartość procentową,
- budowa na przykład trzech nowych szkół.

Jest to nawiązanie do pierwszej części, w której przedstawiono problem określenia cech idealnego miasta, do którego należy dążyć. Bazując na dzisiejszej wiedzy jest to powiązanie aspektów o charakterze społecznym i ekonomicznym. Tu należy przywołać jedną z cech KPI wskazującą, że każdy ze wskaźników musi być mierzalny. W przypadku większości wskaźników stosowanych w przedsiębiorstwach nie stanowi to problemu, jak w poniższych przykładach:

- kluczowy wskaźnik efektywności (KPI) określający procent przychodów przedsiębiorstwa generowany przez stałych klientów;
- dział obsługi klienta może mieć zdefiniowane KPI jako procent klientów, których problem rozwiązano w czasie mniejszym niż trzy minuty (Key Performance Indicators, 2015).

Pojawia się jednak pytanie, czy (i na ile) możliwa jest mierzalność (ze stałym przepływem danych) procesów o charakterze społecznym. KPI stosuje się głównie w przedsiębiorstwach, nie można przyjąć za oczywiste twierdzenia, że te same miary mogą być wykorzystywane do zarządzania specyficznym typem organizacji, jakim jest miasto. W obecnych systemach, takich jak IOC, wykorzystuje się tysiące różnych KPI, a liczba danych zbieranych w miastach jest olbrzymia i rośnie. Obecnie są to właściwie tylko dane ostre, przedstawiane w formie liczbowej, co w większości pomija dane społeczne, które (jak wspomniano w części pierwszej) są niezwykle istotne z punktu widzenia zarządzania miastem.

W odpowiedzi na przedstawione problemy, autorzy przygotowali koncepcje dwóch modeli: modelu, który pomoże w organizowaniu KPI w systemie IOC (z podziałem KPI na kategorie) oraz wysokopoziomowego modelu projektowania wskaźników (WMPW), który zostanie omówiony w następnej części.

## 5. Wysokopoziomowy model projektowania wskaźników

Punktem wyjścia do budowy wysokopoziomowego modelu projektowania wskaźników (WMPW) była ocena procesów zarządzania miastem i organizacją przedstawiona w poprzedniej części. Przyjęto, że zróżnicowanie procesów w mieście i organizacji wskazuje na ograniczone stosowanie i projektowanie wskaźników KPI w podejściu *bottom up*. Również modele KPI zintegrowanych, które prezentowane są w innym z grupy dostarczonych artykułów wskazuje, że mogą być one projektowane w warunkach w których kierując zespołem projektantów posiada się wizję wysokopoziomowego wykorzystania wskaźników. O ile we wspomnianym artykule pisze się o projektowaniu wskaźników zagregowanych mając wizję agregacji tych wskaźników, o tyle w tej pracy traktuje się o potrzebie projektowania wskaźników mających podstawę model procesów miasta. Te prezentowane w tym artykule badania pokazują także, że można/ powinno się projektować wskaźniki od góry według podejścia *top down* odmiennie niż prezentowano to w cytowanym powyżej artykule. Te dwa zróżnicowane podejścia mogą być wykorzystywane w zależności od dojrzałości zespołów projektowych i przedstawicieli miast.

W sytuacji, w której dojrzałość jest wysoka, wówczas proces projektowania wskaźników metodą *bottom up* wydaje się bardziej wydajny. Natomiast przy podejściu *top down* dojrzałość zespołów może być niska pod warunkiem jednak, że oba zespoły budując metaforę systemu znają szczegółowe modele miasta.

Dlatego też w niniejszym artykule zaproponowano rozszerzone podejście do budowy wskaźników KPI bazujące na modelach funkcjonowania miasta. Założono, że przyjęcie takiego modelu do wdrożenia stanowi podstawę do projektowania wskaźników jak też ich integracji. Założono także, że przyjęcie takiego modelu stanowi także metaforę (stałe rozwijanych) procesów miasta czytelną dla użytkowników systemów w mieście i dla projektantów systemów. Stąd też opracowany wysokopoziomowy model projektowania wskaźników (WMPK) może stanowić swoistego rodzaju *trigger* zmian w organizacji miast i sposobu oceny procesów i ich znaczenia dla podejmowania decyzji.



Punktem wyjścia do projektowania wskaźników była analiza modeli procesów miasta. Przyjęto bowiem, że zakres i liczba tych modeli wskazywać będzie, na ile istotne jest zintegrowanie podejście do tych modeli (próba ich agregacji) albo traktowanie tych modeli jako niezależnych bytów i ich wykorzystania jako wzorców projektowanych na podstawie zdefiniowanych KPI. Celowo zastosowano podejście *top down*, aby wskazać na znaczenie znajomości wizji procesów funkcjonowania miasta przed definiowaniem wskaźników na potrzeby tej wizji. Takie podejście jest powszechnie stosowane w procesach projektowania architektur korporacyjnych i może stanowić komponent metodologiczny wykorzystywany przy projektowaniu KPI.

Analiza procesów miast wskazuje, że liczba modeli funkcjonowania miast jest ograniczona. Znanych jest kilka modeli, co potwierdzają dane zamieszczone w poprzedniej części. Procesy miasta i potrzeba ich wykorzystywania i uwiarygodnienia dla potrzeb projektowania systemów *Smart Cities* wskazuje, że należy ocenić przydatność tych modeli do procesów projektowania KPI, aby następnie uogólnić ten proces do przyjęcia podejścia w ramach którego wstępnie (wraz z miastem) przyjmuje się model funkcjonowania miasta a następnie projektuje się KPI, pamiętając o możliwości ich agregacji na potrzeby wykorzystania przez ten model.

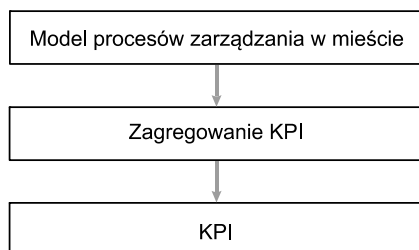
Na rysunku 1 przedstawiono WPMPW na którym widoczne są trzy warstwy (modele miasta, wskaźników zagregowanych oraz wskaźników KPI, które stanowią podstawę do pomiaru tych procesów miasta, istotnych z punktu widzenia modeli miasta). Wektor sprzężenia zwrotnego widoczny na tym rysunku oraz regulator znajdujący się po prawej stronie wskazuje kierunek i obszar procesów projektowania. To model miasta stanowi swoistego rodzaju dane niezbędne dla projektowania wskaźników. Na podstawie modelu miasta wybiera się procesy i przyporządkowuje tym procesom miary. Wówczas agregowanie wskaźników odbywa się w oparciu o procesy wyodrębnione w ramach modeli i przyporządkowuje się im odpowiednie miary.



**Rys. 1.** Wysokopoziomowy model projektowania wskaźników KPI

Należy także wspomnieć, że w obecnych systemach takich jak IOC, istnieją tysiące wskaźników KPI. Część z nich to KPI o charakterze czysto biznesowym (które nie znajdują zastosowania w zarządzaniu miastem), inne mogą być w pełni wykorzystywane, a wszystkie zapisane są w zestawie bibliotek, do których doda-

wane są także nowe KPI. Sugerujemy dodanie dodatkowego poziomu do założenia, w którym całość reprezentacji danych w IOC bazuje na wskaźnikach KPI. Sugerowane jest dodanie dodatkowego poziomu, w którym zgromadzone będą skumulowane wskaźniki KPI (tę kwestię omawia kolejny artykuł). Autorzy sugerują dodanie najwyższej warstwy: modelu procesów zarządzania w mieście, który przedstawiony zostanie poniżej (rys. 2).



**Rys. 2.** Modele procesów zarządzania w mieście i ich powiązanie z KPI

Zaproponowany podział warstw modelu przedstawiono na rys. 2. Warstwa najwyższa (model reprezentuje najważniejsze pomysły jakie mają być wdrażane w mieście, np. model zrównoważonego rozwoju). Dlatego najpierw należy zdefiniować model, następnie definiowana jest druga warstwa – zagregowane KPI, które przedstawiają główne grupy zainteresowań modelu (takie jak poszczególne typy transportu w mieście). Zagregowane KPI składają się z wielu pojedynczych KPI, które finalnie są niezbędne do wsparcia (budowy miar) dla modelu miasta.

Każdy nowo stworzony KPI zostaje przypisany do modelu (lub wielu modeli) w którym jest wykorzystywany. Takie podejście pozwoli na eliminację jednego z istniejących problemów: wskaźników KPI, które są mierzone, gromadzone i następnie nigdzie niewykorzystywane. Bazując na powyższych argumentach oraz biorąc pod uwagę, że miasto stale się zmienia, konieczne staje się uporządkowanie posiadanych w systemie KPI według trzech kryteriów:

- pewne KPI przestają być potrzebne w systemie i należy je usunąć,
- w czasie podejmowania nowych decyzji w mieście często można wykorzystywać istniejące już KPI. Ze względu na ich mnogość konieczna jest lepsza organizacja,
- lepsza organizacja KPI niezbędna jest także podczas tworzenia zagregowanych KPI, gdyż powinny zawierać w sobie wszystkie KPI z danego obszaru (co oznacza, że fizycznie trzeba je wydzielić).

Dzięki zastosowaniu przedstawionego modelu wdrażanie IOC będzie łatwiejsze do wdrożenia w innych miastach. Zdefiniowane modele będą mogły być przenoszone pomiędzy miastami, a niezbędne będzie wykorzystywanie lokalnych KPI lub tworzenie brakujących KPI tak aby spełnić wymagania zdefiniowanego modelu.

Na podstawie powyższych założeń autorzy proponują dla weryfikacji WPM-PW wykorzystanie jednego z modeli procesów miasta. Główny pomysł wykorzystywanego modelu procesów miasta bazuje na dokumencie wydanym przez Orga-

nizację Narodów Zjednoczonych (ONZ) dotyczącym zrównoważonego rozwoju. W wydanej Agendzie 21 (United Nations Conference on Environment & Development, 2015) istotność informacji w procesie podejmowania decyzji (na szczeblu krajowym) była szeroko dyskutowana. Stwierdzono, że istnieje brak zdolności do zbierania i przypisywania danych, ale przede wszystkim ich przekształcania w potrzebne informacje oraz ich dalsze rozpowszechnianie. (United Nations Conference on Environment & Development, 2015). Następnie bazując na wieloletnich badaniach zaproponowano model dedykowany zrównoważonemu rozwojowi miasta, który składa się ze 130 wskaźników podzielonych na trzy obszary: presja otoczenia, stan obecny, reakcja. Bazując na przedstawionym rozwiązaniu sugerujemy zastosowanie przedstawionego podziału do zorganizowania KPI stosowanych w zarządzaniu miastem (rys. 3).



**Rys. 3.** Model procesów miasta wykorzystywany do weryfikacji WPMPW

Zaproponowana struktura modelu pozwala nie tylko na uporządkowanie KPI, ale przede wszystkim usprawnia główny proces miasta w którym KPI są stosowane. Zgodnie ze strukturą modelu procesów w mieście istnieje wiele różnych potrzeb zgłaszanych przez różne grupy. Pierwszy poziom modelu (presja) pozwala zidentyfikować potencjalne problemy/potrzeby zgłaszane przez różne grupy w mieście. Kiedy potrzeby/problemy są zidentyfikowane (zmierzone za pomocą KPI) prowadzi to do kolejnego poziomu (stan). W tym miejscu za pomocą KPI prezentowane są codziennie miary miasta (dotyczące np. zanieczyszczeń, komunikacji, budżetu). Na zgłoszone zapotrzebowanie (problem) jeden lub grupa KPI pokaże stan miasta w obszarze którego problem dotyczy. Kolejny poziom modelu to poziom reakcji, który składa się z KPI które mierzą potencjalną reakcję miasta na podane problemy, biorąc pod uwagę obecny stan miasta.

Prezentowany na rys. 3 model został wykorzystany w procesach weryfikacji wysokopoziomowego modelu projektowania wskaźników. Ułatwia on klasyfikację KPI z danego obszaru niezbędnego do zagregowania. Wskazuje także, że KPI nie muszą być opisane i przyporządkowane do określonych kategorii. Mogą być jednak wykorzystywane w obszarze w którym funkcjonują (jak transport czy środowisko).

## 6. Weryfikacja opracowanego WPMPW do projektowania wskaźników

Opracowany i zaprezentowany w poprzednich częściach WPMPW zostanie zweryfikowany na podstawie modelu zrównoważonego rozwoju, który został stworzony dla Urzędu Miasta Stołecznego Warszawy. Model zrównoważonego rozwoju dla Warszawy składa się z czterech zagregowanych KPI: środowiskowo-przestrzenny, gospodarczy, sprawy społeczne, instytucjonalno-polityczny. Każdy z zagregowanych KPI składa się z określonej liczby KPI. Dla lepszego zobrazowania przykładu wprowadzono także podkategorie do zintegrowanych KPI, czyli każde z zagregowanych KPI składa się z określonej liczby wskaźników KPI, które zgrupowano w obszary ze względu na ich tematykę.

Zagregowane KPI	Obszar	Liczba KPI
Środowiskowo-przestrzenny	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gospodarka wodna</li> <li>– gospodarka ściekowa</li> <li>– gospodarka odpadami</li> <li>– gospodarka zielenią miejską</li> <li>– gospodarka przestrzenna</li> </ul>	74
Gospodarczy	<ul style="list-style-type: none"> <li>– podmioty gospodarcze i zatrudnieni</li> <li>– struktura podmiotów gospodarczych</li> <li>– media techniczne i dostępność usług</li> <li>– rolnictwo</li> </ul>	42
Sprawy społeczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>– demografia</li> <li>– rynek pracy</li> <li>– mieszkalnictwo</li> <li>– kultura i turystyka</li> <li>– edukacja i nauka</li> <li>– ochrona zdrowia</li> </ul>	73
Instytucjonalno-polityczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zarządzanie</li> <li>– dochody budżetu</li> <li>– wydatki budżetu</li> </ul>	108
Całkowita liczba		297

Aby móc przeanalizować zrównoważony rozwój miasta trzeba wziąć pod uwagę 297 KPI, które reprezentują różne obszary funkcjonowania miasta. Należy wziąć pod uwagę, że jest to tylko jeden model (z wielu jakie stosowane są w mieście) wskazuje to skalę wykorzystania KPI i konieczność zarządzania nimi. Ponieważ każdy KPI jest przypisany do modelu, w którym jest zastosowany, możliwa jest weryfikacja i zarządzanie każdym KPI, co pomaga w likwidowaniu niewykorzystywanych KPI. Jednak zdecydowanie ważniejsze wydaje się, że ze względu na taką strukturę łatwiej będzie wdrażać IOC w innym mieście.

## 7. Podsumowanie

Proponowany w artykule wysokopoziomowy model projektowania wskaźników KPI (WPMPW) może być stosowany w miastach w których wykorzystywane są modele zarządzania miastami, proces projektowania ma wówczas charakter *top down*. W przypadku braku wspomnianych modeli konieczne jest ich tworzenie bądź też wykorzystanie istniejących już modeli procesów miasta w wysokopoziomym modelu zarządzania innymi miastami. Wówczas modele miast stają się swoistego rodzaju komponentami wykorzystywanymi w procesie projektowania.

Z tego też powodu wydaje się celowe zmodyfikowanie procesów projektowania wskaźników w IOC, odejście od wskaźników typowych organizacji, a wprowadzenie tych, które odpowiadając procesom zarządzania miastami zawartymi w modelach procesów miast. Takie podejście może być zastosowane zarówno na poziomie narzędzi wspomagających IOC jakim są Business Modeler lub Advanced lub też bezpośrednio w IOC. Wówczas projektujący system ma możliwość podania bieżących zależności pomiędzy wskaźnikami, ich agregacji a wskaźnikami niezbędnymi dla oceny procesów miasta zawartych w modelach procesów miast.

Wydaje się także konieczne, aby proces projektowania mógł być wspierany metaforami procesów i ich wskaźników zawartych w bibliotekach zarówno narzędzi wspomagających proces projektowania, jak też w IOC. Wówczas z uwagi na niski poziom dojrzałości procesów miast możliwe będzie pozyskiwanie z bibliotek tych wskaźników i bezpośrednio wprowadzanie ich wykorzystanie w ocenie procesów modeli miast.

## Źródła

1. Bettencourt L.: (2011). *The Uses of Big Data in Cities*. J. Flood, *The Fires: How a Computer Formula, Big Ideas, and the Best of Intentions Burned Down New York City and Determined the Future of Cities*. New York.
2. Bryx M.: (2013), *Innowacje w zarządzaniu miastami w Polsce*. Szkoła Główna Handlowa Oficyna Wydawnicza.
3. Catsella L.: (2014). *Smart Cities: Aspects to Consider for Building a Model from a City Government Point of View*. *Strategic Management Quarterly*, Vol. 2, No. 3 & 4 (01-22).
4. Department of Economic and Social Affairs, United Nations (2014). *World Urbanization Prospects, the 2014 Revision*.
5. Encyclopaedia Britannica (2015-05-15)., Pobrano z lokalizacji: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/86277/business-organization/>.
6. How 12 cities are charting a course to being truly "smart" (2015-05-06). Pobrano z lokalizacji: <http://www.greenbiz.com/article/12-smart-cities-Vancouver-San-Francisco-USDN-Houston>.
7. *Key Performance Indicators (KPI), How an organization defines and measures progress toward its goals* (2015-05-07). Pobrano z lokalizacji: <http://management.about.com/cs/generalmanagement/a/keyperfindic.htm>.
8. *KPI in management* (2015-05-07). Pobrano z lokalizacji: <http://www.klipfolio.com/resources/kpi-examples>.

9. Lombardi P., Giordano S., Caragliu A., Del Bo C., Deakin M., Nijkamp P., Kourtit K.: (2012). An advanced Triple-Helix network model for Smart Cities Performance. *International Journal of Electronic Government Research*.
10. Macełko M.: (2014). Specyfika Zarządzania miastem – kilka uwag, *Organizacja i Zarządzanie*.
11. Madera C.: (2010), *The Future of Cities in the Internet Era*. Next City.
12. Merriam-Webster dictionary.
13. Portugali J.: (2000). *Self-organization and the city*, Springer.
14. Słownik PWN (2015-06-04). Pobrano z lokalizacji: <http://sjp.pwn.pl/szukaj/wydział.html>.
15. Smart Cities (2015-06-04). Pobrano z lokalizacji: [www.smart-cities.eu/model.html](http://www.smart-cities.eu/model.html)
16. United Nations Conference on Environment & Development (2015-05-15). *Agenda 21, Chapter 40 Information For Decision-Making*. Pobrano z lokalizacji: <http://www.un.org/earthwatch/about/docs/a21ch40.htm>.
17. Wehrich H.: *Management – a global perspective*.

### HIGH-LEVEL MODEL FOR THE DESIGN OF KPIS FOR SMART CITIES SYSTEMS

The main goal of the paper is to build a high-level model for the design of KPIS. Currently, the development and processes of cities have been checked by KPI indicators. The authors realized that there is a limited usability of KPIS for both the users and IT specialists who are preparing them. Another observation was that the process of the implementation of Smart Cities systems is very complicated. Due to this the concept of a trigger for organizational-technological changes in the design and implementation of Smart Cities was proposed. A dedicated Model for City Development (MCD) was presented. The paper consists of four main parts. First the structures of both city and business organizations were presented. Based on that, in the second part, the processes existing in cities and business organizations were presented to show how different they are. The third part presents the role of KPIS and their limitations with the example of the IOC. The last part consists of the presentation of the model and its verification based on two city decision-making examples. The proposed design model presented herein takes into account both the city indicators and their aggregate versions for the needs of city models.

**Key words:** Smart Cities, knowledge base, knowledge management, fuzzy logic, process modeling, decision support.