

*Cezary Bolek*<sup>\*</sup>  
*Agnieszka Grudzińska-Kuna*<sup>\*\*</sup>  
*Joanna Papińska-Kacperek*<sup>\*\*\*</sup>

## **OCENA POZIOMU ZAAWANSOWANIA INFORMATYCZNEGO PRZEDSIĘBIORSTWA**

### **1. WPROWADZENIE**

Współcześnie o konkurencyjności firmy świadczy jej umiejętność dostosowywania się do ciągle zmieniającego się środowiska i szybkość reagowania na zachodzące zmiany. Nie wystarczy posiadanie odpowiednich zasobów i środków, potrzebny jest jeszcze sprawny system, który potrafi je łączyć w sposób bardziej wydajny i elastyczny niż konkurencja. Stworzenie takiego systemu nie jest możliwe bez technologii informacyjnych i komunikacyjnych (TIK). Przewagi konkurencyjnej, jednakże nie można osiągnąć poprzez prosty zakup sprzętu i oprogramowania. Zastosowanie i wykorzystanie TIK w przedsiębiorstwie jest procesem złożonym i wielowymiarowym, wiąże się nie tylko ze znacznym wysiłkiem finansowym, ale także ze zmianami organizacyjnymi, strukturalnymi i procesowymi wymagającymi zaawansowanych metod zarządzania oraz posiadania odpowiednich umiejętności lub wykształcenia nowych. Raz zastosowane technologie teleinformatyczne mogą stać się podstawą innowacyjności przedsiębiorstwa, „wyzwalaczami” nowych procesów, form organizacyjnych, impulsami do tworzenia nowych produktów i usług. Konkurowanie na współczesnych rynkach wymaga nie tylko optymalizacji kosztów, doskonałej jakości i efektywności działania, ale także komunikacji i współpracy. Przy wzrastającej konkurencyjności przetrwają tylko przedsiębiorstwa, posiadające wiedzę o potrzebach informacyjnych swoich klientów i kooperantów oraz wykorzystywanych przez nie technologiach. Wydaje się zatem, że wykorzystanie technologii teleinformatycznych na pewnym poziomie zaawansowania i w określonym zakresie powinno świadczyć o pozytywnej ocenie przedsiębiorstwa – im wyższy poziom zaawansowania informatycznego przedsiębiorstwa tym bardziej atrakcyjne powinno być ono dla potencjalnych klientów, kooperantów i inwestorów.

---

<sup>\*</sup> Dr inż., adiunkt, Katedra Informatyki, Wydział Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego.

<sup>\*\*</sup> Dr, adiunkt, Katedra Informatyki, Wydział Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego.

<sup>\*\*\*</sup> Dr inż., adiunkt, Katedra Informatyki, Wydział Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego.

Z drugiej strony, w dobie kryzysu, gdy wiele przedsiębiorstw rewiduje swoją politykę inwestycyjną i zwleka z aktualizacjami oprogramowania, ocena własnego poziomu zaawansowania informatycznego i porównanie z innymi przedsiębiorstwami z danej branży mogłaby pomóc im w wyborze odpowiedniej strategii. Pojawia się pytanie w jaki sposób zmierzyć poziom zaawansowania informatycznego przedsiębiorstwa, jakie aspekty zastosowania i wykorzystania TIK należy uwzględnić i jakie przypisać im miary. Ze względu na złożoność procesów informatyzacji, aby zagwarantować konstruktywną i gruntowną ocenę, konieczna będzie z pewnością analiza wielu wskaźników. Celem artykułu jest konceptualizacja i operacjonalizacja pojęcia zaawansowania informatycznego polegająca na ustaleniu wskaźników umożliwiających jego pomiar oraz zdefiniowaniu metod tego pomiaru.

Praca z wieloma wskaźnikami jednocześnie może być bardzo skomplikowana, dlatego autorzy planują wykorzystać koncepcję indeksu złożonego, który może być syntetyczną formą prezentacji zaawansowania informatycznego przedsiębiorstwa oraz narzędziem ocen i porównań. Jednym z podstawowych problemów budowy indeksu złożonego jest obiektywizacja jego składowych pod kątem niezależności od czynników takich jak: wielkość przedsiębiorstwa, kapitał, profil działalności, branża itp. z jednej strony i rozwoju technologii i ewolucji systemów informatycznych z drugiej. Odpowiedni dobór kluczowych składowych z uwzględnieniem wymienionych wcześniej czynników stał się jednym z zasadniczych zagadnień, na których skoncentrowali się autorzy.

## 2. WSKAŹNIKI ZŁOŻONE

Wskaźniki złożone są często stosowane w badaniach jakościowych dotyczących skomplikowanych zjawisk, których pomiar, dla uzyskania pełnego obrazu, powinien być oparty na wielu zmiennych. Z drugiej strony jednak, praca z wieloma miarami utrudnia całościową ocenę, a wybrane przez badacza wskaźniki cząstkowe często nie mają żadnych sensownych, wspólnych mianowników. Dlatego też na gruncie badań jakościowych wypracowano techniki łączenia szczegółowych wskaźników, reprezentujących wielowymiarową przestrzeń opisywanego problemu w pojedynczą miarę. W ten sposób kosztem pojemności informacyjnej uzyskano symplifikację istotną zwłaszcza w kontekście analizy porównawczej.

Wskaźniki złożone są obecnie powszechnie stosowane przy ewaluacji podmiotów i zjawisk ekonomicznych. Wykorzystywane są do oceny takich wielowymiarowych pojęć jak np. konkurencyjność, zrównoważony rozwój, jakość życia, społeczeństwo informacyjne. Mogą być przydatne do identyfikacji trendów, określenia priorytetów polityki, monitorowania wydajności itp. Liczba

stosowanych współcześnie wskaźników złożonych rośnie systematycznie. Obecnie istnieje ponad 600 opracowanych przez różne organizacje międzynarodowe. Rosnąca popularność wskaźników wiąże się z ich dużą atrakcyjnością medialną, łatwością stosowania, a także skalowalnością pod kątem osiągania określonych celów ewaluacyjnych.

Opracowanie wskaźnika złożonego opiera się na szeregu czynności, w którym arbitralność często odgrywa istotną rolę. Obok doboru samych składowych (wskaźników cząstkowych) należy dokonać wyboru modelu, ewentualnych wag uwypuklających jego składowe oraz podejścia do problemu niekompletności danych. Wspomniana wcześniej arbitralność może skutkować niską precyzją wskaźnika oraz zwiększać ryzyko manipulacji. Indeksy złożone mogą nadmiernie upraszczać rzeczywistość jednakową miarą traktując zjawiska lub obiekty, które wymagają dodatkowej klasyfikacji (np. kraje rozwinięte i rozwijające się, duże i małe przedsiębiorstwa itp.).

Wskaźniki złożone zostały wykorzystane w licznych badaniach analizujących różne aspekty zaawansowania informatycznego na poziomie międzynarodowym, narodowym i regionalnym. Międzynarodowe (International Telecommunication Union, World Bank, United Nations Agencies) i komercyjne organizacje (World Economic Forum, International Data Corporation) opracowały najpopularniejsze wskaźniki takie jak: ICT Development Index (ITU), ICT Diffusion Index (UNCTAD), Networked Readiness Index (WEF), Knowledge Economy Index (WB) [UNCTAD, 2009]. Ich badania obejmują dziesiątki krajów, a wskaźniki zawierają niekiedy setki zmiennych. Oceniają one głównie infrastrukturę teleinformatyczną, jej dostępność i wykorzystanie, choć niektóre umożliwiają bardziej kompleksowe analizy [Goliński, 2011]. Analizę porównawczą poszczególnych wskaźników w kontekście różnych dziedzin i kryteriów można znaleźć w [Bandura, 2008; Sewanyana i Busler 2007, pp. 49–59; Goliński, 2011]. Badacze wykorzystują wskaźniki złożone do oceny rozwoju informatycznego regionów i krajów (SQW, 2005) [Kundu i Sarangi, 2004], analizy wpływu informatyzacji na efektywność działania przedsiębiorstwa inne jego charakterystyki [Mouelhi, 2008; Cudanov i in., 2009, 2010, pp. 29–40].

### 3. SKŁADNIKI WSKAŹNIKA ZŁOŻONEGO

Złożoność procesów informatyzacji, jak już wspomniano, wymaga analizy wielu wskaźników, co zagwarantuje konstruktywną i gruntowną ocenę tego zjawiska. Bardziej istotne będą tu cechy jakościowe, świadczące o tym, że firma stosuje nowoczesne rozwiązania. Wszystkie zagadnienia związane z poziomem informatyzacji przedsiębiorstwa autorzy sklasyfikowali w następujące grupy: komputery i sieć, użytkownicy systemów, bazy danych, komunikacja wewnątrz przedsiębiorstwa, bezpieczeństwo oraz koszty eksploatacji i utrzymania systemów IT.

### 3.1. Komputery i sieć

Stopień zapotrzebowania na sprzęt komputerowy zależy od profilu i wielkości firmy. Nie jest zatem ważne ile firma posiada urządzeń uznawanych za komputer (komputerów PC, laptopów, PDA, smartfonów), ale ich proporcja w stosunku do wszystkich pracowników, czyli jaki ich odsetek ma dostęp do komputera, w tym także do sieci komputerowych zapewniający współdzielenie zasobów firmowych. Sieć wewnętrzna firmy nie musi (a być może nie powinna) być włączona do Internetu, może być lokalną siecią lub intranetem, albo ekstranetem. Ważne jest jaki odsetek pracowników może z sieci firmowej korzystać lub ma mobilny dostęp do zasobów informatycznych firmy. Przedsiębiorstwo nie musi rozwijać własnej infrastruktury, bowiem może zakupić usługi chmury obliczeniowej lub wynająć przestrzeń dyskową na serwerach np. WWW.

Własne lub wynajęte systemy IT są narzędziem, dzięki któremu firma może korzystać z cyfrowych usług lub zaoferować własne swoim klientom i kooperantom. Istotne jest czy przedsiębiorstwo jest obecne w Internecie, czyli czy klienci mogą znaleźć informacje o firmie na klasycznej stronie internetowej, na profilu portalu społecznościowego lub na koncie portalu aukcyjnego. Dla oceny stopnia zaawansowania informatycznego ma znaczenie fakt, czy firma stosuje marketing internetowy do promocji swoich usług i produktów (w tym także marketing w wyszukiwarkach). Czy posiada aplikację pozwalającą na przyjmowanie zamówień na towary i usługi online od swoich klientów. Kolejnym czynnikiem jest zintegrowanie własnych procesów biznesowych z procesami dostawców, dzięki czemu możliwe jest zautomatyzowane składanie lub/i otrzymywanie zamówień elektronicznych.

W wielu wskaźnikach np. GUS i Eurostatu, uwzględniane jest wykorzystanie usług e-administracji. Autorzy długo zastanawiali się czy jest to istotny czynnik. W tej relacji firma jest wyłącznie klientem, ponadto pewne cyfrowe usługi jak np. składanie deklaracji podatkowych, są w wielu krajach obowiązkowe dla wszystkich lub tylko dużych przedsiębiorstw. Autorzy uznali, że chęć skorzystania z nieobowiązkowej cyfrowej usługi świadczy jednak o tym, że organizacja widzi potrzebę używania nowych informatycznych rozwiązań, czyli także o poziomie informatyzacji.

### 3.2. Użytkownicy systemów

Badania oceniające stopień użycia narzędzi informatycznych [Eurostat, 2012] często uwzględniają liczbę pracowników używających komputery co najmniej raz w tygodniu. Jednak nie wszyscy pracownicy firmy muszą korzystać z komputerów, a nawet ci których praca tego wymaga, robią to w różny sposób:

pracownicy biurowi korzystają z aplikacji zainstalowanych na komputerach PC, a pracownicy obsługujący skomputeryzowane linie produkcyjne, używają tylko dostosowanych do tego interfejsów. Wszkolenie kadry w dziedzinie obsługi komputerów i liczba specjalistów z tej dziedziny nie muszą świadczyć o poziomie komputeryzacji. W wielu firmach tylko niewielki odsetek pracowników musi posiadać zaawansowane kompetencje, pozostali mogą zostać jedynie przyuczeni do obsługi niezbędnych urządzeń i aplikacji. Ważniejsze jest, czy organizacja wykorzystuje narzędzia IT w pogłębianiu wiedzy pracowników i organizuje szkolenia prowadzone metodą e-learning.

### **3.3. Bazy danych**

Systemy informatyczne wspomagające procesy biznesowe korzystają zwykle z baz danych. Ponieważ ich architektura jest rezultatem ewolucji systemów informatycznych w przedsiębiorstwie, istotne jest raczej ich zastosowanie i wykorzystanie systemu zintegrowanego. Rodzaj przechowywanych i przetwarzanych danych świadczy o tym jakie procesy w firmie zostały z informatyzowane i jaką funkcjonalność posiada jej oprogramowanie. Celowo nie zostały uwzględnione rodzaje oprogramowania, gdyż bardzo często wiele funkcji realizuje jeden zintegrowany system, albo różne pakiety kwalifikowane do różnych kategorii oprogramowania, posiadają podobne funkcjonalności.

Ważne jest też na jakim poziomie zarządzania są one wykorzystywane: od operacyjnego, poprzez taktyczny, do wielowymiarowych analiz (business intelligence) i planowania strategicznego.

### **3.4. Komunikacja wewnątrz przedsiębiorstwa**

Systemy informatyczne w wielu wypadkach, dzięki sprawniejszemu przepływowi informacji, zapewniają lepszą komunikację w organizacji. W zależności od wielkości i profilu przedsiębiorstwa, wykorzystana będzie albo tylko poczta elektroniczna, współdzielenie zasobów (np. wspólne katalogi na dyskach sieciowych), albo bardziej zaawansowane systemy jak telekonferencje, czy systemy pracy grupowej w których można grupowo tworzyć dokumenty i rejestrować dokonywane zmiany.

### **3.5. Bezpieczeństwo**

Korzystanie z narzędzi TIK oprócz korzyści, niesie też nowe zagrożenia dla organizacji. Ważne zatem jest czy firma jest ich świadoma i stara się im zapobiegać, a w razie problemów niwelować skutki. Zdaniem autorów o poziomie

zaawansowania informatycznego świadczy nie tylko fakt posiadania polityki bezpieczeństwa, ale odpowiednio częste przeprowadzanie szkoleń jej dotyczących dla wszystkich pracowników, w szczególności dla tych mających kontakt z danymi wrażliwymi. Kolejnymi czynnikami są częstotliwość archiwizacji danych, stosowane mechanizmy ochrony informacji, uwierzytelniania i autoryzacji takie jak: szyfrowanie dokumentów, logowanie poprzez spersonalizowane konta czy podpis cyfrowy.

Zatem to czy w firmie stosowane jest szyfrowanie dokumentów, czy pracownicy logują się do systemów poprzez spersonalizowane konta oraz czy dokumenty elektroniczne są podpisywane cyfrowo. Istotne jest też czy w firmie zainstalowano oprogramowanie chroniące przed złośliwym oprogramowaniem i atakami z zewnątrz.

### **3.6. Koszty eksploatacji i utrzymania systemów IT**

Jeśli przedsiębiorstwo traktuje systemy informatyczne jako ważny element swojej infrastruktury, powinno starać się wdrażać nowoczesne rozwiązania, co nie zawsze wiąże się z wysokimi kosztami zakupu sprzętu i oprogramowania. Dzierżawienie aplikacji zainstalowanej w chmurze (Software as a Service) pozwala zminimalizować wydatki na infrastrukturę. Firma może też korzystać z darmowych narzędzi (najlepiej jeśli jest to darmowe oprogramowanie open source), ale nawet wtedy ponosi koszty szkoleń, dostosowania i konserwacji. Dlatego elementem budowanego wskaźnika nie będą wydatki inwestycyjne, ale koszt utrzymania działających systemów IT.

## **4. BUDOWA WSKAŹNIKA ZŁOŻONEGO**

Tworzenie wskaźników złożonych jest procesem wieloetapowym, z których każdy charakteryzuje się swoją specyfiką. Powinny one jednak pozostawać w spójności z koncepcją opracowaną w fazie początkowej, gdy najczęściej wyodrębnia się określone składowe wskaźnika, by później poddać je procesowi ważenia w celu uwypuklenia ich finalnej istotności. Pozostałe etapy, obok wyboru zmiennych, to: analiza wieloczynnikowa, normalizacja danych i określenie ostatecznej zależności agregującej składowe. Wszystkie te kroki są wyczerpująco opisane w literaturze [Nardo i in., 2008]. Zdecydowana większość metod opiera się na podejściu, w którym w pierwszej kolejności wybiera się zmienne nadmiarowo, a na etapie analizy wieloczynnikowej ich liczba jest zredukowana (analiza głównej składowej PCA czy analiza czynnikowa FA). Po etapie grupowania i ważenia otrzymuje się końcowy wskaźnik złożony. Metoda ważenia jest

jedną z najpowszechniej stosowanych metodą uwydatnienia poszczególnych składowych także dzięki temu, że pozwala rozwiązać problem niejednorodnej jakości statystycznej dostępnych danych.

Wadą opisanej metodyki jest wymóg posiadania dużej próby danych statystycznych w celu doboru i ewentualnej eliminacji zmiennych, grupowania oraz doboru wag, gdyż metody statystyczne opierając się na nadmiarowości danych pozwalają tylko w takiej sytuacji zapewnić wystarczający poziom ufności opracowanego modelu. Z tej to przyczyny wiele ze stosowanych wskaźników złożonych w celu uproszczenia modelu opiera się na koncepcji równomiernego ważenia, gdzie wszystkie wagi są sobie równe. Tak więc dla typowego wskaźnika złożonego:

$$I = \sum_i w_i x_i \quad (1)$$

gdzie  $x_i$  zmienną normalizowaną, a  $w_i$  wagą się do niej odnoszącą, zachodzi zależność:

$$\sum_i w_i = 1 \quad (2)$$

przy czym  $0 \leq w_i \leq 1$ . W szczególnym przypadku dla ważenia równomiernego:

$$\forall_{i,k} w_i = w_k \quad (3)$$

Zmienną może być zarówno wskaźnik cząstkowy, jak i utworzony z całego ich szeregu wskaźnik składowy – subindeks. Gdy zmienne pogrupowane są w celu utworzenia poszczególnych wskaźników składowych, zastosowanie równych wag może prowadzić jednak do nierównomiernego ważenia, gdy poszczególne wskaźniki składowe złożone są z różnej liczby elementów cząstkowych. W efekcie może to skutkować zachwianiem równowagi modelu. Problem ten często rozwiązuje się stosując normalizację wskaźników składowych (subindeksów) na etapie ich tworzenia, co pozwala na dalsze stosowanie ważenia równomiernego.

W przypadku badania zjawisk, w których występują zależności kooperacyjne wzmacniające wartość badanej miary (w kontekście powiązań), prosty model sumy ważonej nie oddaje prawidłowo wartości mierzonego wymiaru. W pracy zdecydowano się na odmienne podejście, główny wskaźnik podzielono na wskaźniki składowe, przy tworzeniu których stosuje się ważenie równomierne i normalizację, lecz końcowy wskaźnik nie jest wynikiem prostego ważenia lecz zastosowania modelu matematycznego oddającego efekt zależności między poszczególnymi aspektami, opisywanymi przez wskaźniki składowe. Podejście tego typu spotykane jest w literaturze [Cudanov i in., 2009] i cechuje się nieliniowym charakterem tworzonego modelu. Na potrzeby konstrukcji modelu

wydzielono cztery wskaźniki składowe, które wyznaczane są w oparciu o tradycyjne podejście bazujące na normalizowanym ważeniu równomiernym [Nardo i in., 2008]. Składowe odnoszą się do czterech z sześciu aspektów opisanych wcześniej: komputery i sieć, bazy danych, komunikacja wewnątrz przedsiębiorstwa oraz bezpieczeństwo cyfrowe. Każdy ze wskaźników cząstkowych, tworzący wskaźnik składowy, może przyjmować wartości z zakresu  $\langle 0,1 \rangle$ , i im jest on wyższy, tym bardziej zaawansowany jest mierzony przez niego wymiar. Wskaźnik końcowy  $CI_{ICT}$  podzielono z kolei na cztery składowe, które mogą być także rozumiane jako wskaźniki składowe (subindeksy).  $CI_{ICT}$  mimo charakteru addytywnego nieliniowo jednak traktuje udział wymienionych wyżej czterech bazowych wskaźników składowych. Dodatkowo uwzględnione zostały tutaj zmienne z pozostałych dwóch kategorii opisanych w części pierwszej – użytkownicy systemów oraz koszty eksploatacji i utrzymania systemów IT:

$$CI_{ICT} = IS + IC + IM + IN \quad (4)$$

gdzie:

$IS$  – składowa odpowiedzialna za udział w całej strukturze organizacji poszczególnych; elementów tworzących bazowe wskaźniki składowe;

$IC$  – składowa opisująca kooperacyjny charakter poszczególnych elementów w strukturze organizacji reprezentowanych przez bazowe wskaźniki składowe;

$IM$  – składowa odnosząca się do kosztów eksploatacji i utrzymania systemów IT;

$IN$  – składowa oddająca udział aktywnych komputerów podłączonych do sieci przedsiębiorstwie.

W wyniku symulacji i analizy wariacyjnej wpływu poszczególnych wskaźników, opracowano zależności tworzące modele opisujące każdy ze składników. Ostatecznie wskaźnik złożony ma następującą postać:

$$CI_{ICT} = \sum_{i=1}^{N_s} S_i + N_s \sqrt{\prod_{i=1}^{N_s} (\sqrt{P_{Con}} + S_i)} + f_{SME}(C_{ME}) + f_{SCC}\left(\frac{N_{CC}}{N_E}\right) \quad (5)$$

Poniżej opisane zostaną poszczególne składowe odpowiedzialne za odpowiednie aspekty wykorzystania technologii informacyjnych w przedsiębiorstwie.

### **Składowa IS**

Składowa, której zasadniczym celem jest prezentacja informacji na temat poziomu wykorzystania TIK we wspomnianych wcześniej czterech wymiarach.



Charakteryzowana jest przez sumę bazowych wskaźników składowych:  $S_1$  – komputery i sieć,  $S_2$  – bazy danych,  $S_3$  – komunikacja wewnątrz przedsiębiorstwa,  $S_4$  – bezpieczeństwo. Każda ze składowych utworzona jest przez zastosowanie równoważenia w odniesienia do wskaźników cząstkowych opisujących dany wymiar. Wskaźniki cząstkowe z kolei powiązane są z odpowiedziami na pytania kontrolne. Zmienne podzielić można na trzy grupy: zmienne proste, powiązane z prostymi pytaniami, na które odpowiedzi „tak” reprezentowane są przez 1, zaś „nie” przez 0; zmienne przedziałowe z zakresu  $\langle 0,1 \rangle$  reprezentujące pytania o udział procentowy oraz zmienne rangowe będące powiązane z pytaniami, których odpowiedzi należy podzielić na kategorie za pomocą skali porządkowej, by w rezultacie uzyskać wartości z przedziału  $\langle 0,1 \rangle$ . Ostateczny wskaźnik składowy określany jest z zależności:

$$S_k = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} x_{k,i} \quad (6)$$

gdzie:  $S_k$  – wskaźnik składowy kategorii  $\forall k=1..4$ ,  $N_k$  – liczba zmiennych (wskaźników cząstkowych)  $k$ -tego wskaźnika,  $x_{k,i}$  –  $i$ -ta zmienna  $k$ -tego wskaźnika składowego. Maksymalna wartość składowej może wynosić 4.

### ***Składowa IC***

Zwykła czy też ważona średnia arytmetyczna pozwala jedynie na stwierdzenia faktu, czy w ocenianym przedsiębiorstwie wykorzystuje się narzędzia TIK w określonych aspektach. Obecnie tak prosta ocena wydaje się niewystarczająca, sprawny system informatyczny może wydajnie funkcjonować tylko w sytuacji, gdy wszystkie jego podsystemy są kompletne i mają jednoczesną możliwość bezpośredniej komunikacji oraz korzystania ze wspólnego repozytorium danych. Ułomność jednego z podsystemów w znacznym stopniu obniża jakość całego systemu. Wypadkowy wskaźnik będący prostą bądź nawet ważoną sumą wskaźników składowych nie obrazuje adekwatnie szeregu niekorzystnych sytuacji, w których jeden z aspektów informatycznych funkcjonowania przedsiębiorstwa jest poważnie osłabiony bądź wręcz nie istnieje. W takiej sytuacji mamy do czynienia z obniżeniem łącznego wskaźnika o 25%, co wydaje się nieadekwatne do wpływu rzeczywistego. Rozwiązaniem problemu może być zastosowanie średniej geometrycznej pozwalającej silniej osłabić składową IC, gdy jeden ze wskaźników składowych jest niższy od pozostałych. Daje to efekt oceny wzajemnej synergii poszczególnych podsystemów, która jest wysoka tylko wtedy, gdy wszystkie podsystemy są na podobnie wysokim poziomie rozwoju. W opisywanej zależności, aby jeszcze mocniej uwydatnić zależności komunikacyjne, poszczególne wskaźniki  $S_i$  wzmocniono zmienną  $P_{con}$  charakteryzującą udział komputerów podłączonych do wewnętrznej sieci komputerowej

i uczestniczących we współdzieleniu zasobów. Każda z wartości, z której liczona jest średnia, może przyjmować wartości z zakresu  $\langle 0,2 \rangle$  i taki też jest zakres wartości dla średniej wypadkowej. W związku z tym, że występuje  $N_s$  wskaźników cząstkowych, aby zunifikować udział zależności kooperacyjnych, wynikowa średnia pomnożona została przez  $N_s$ . Daje to w rezultacie zakres składowej IC:  $\langle 0,8 \rangle$ .

### ***Składowa IM***

Składowa mająca na celu uwzględnienie istotnego czynnika jakim są koszty utrzymania i eksploatacji systemu informatycznego. Z reguły wyższe nakłady implikują wyższą jakość działania systemu, niemniej nie jest to zależność liniowa. Zwiększanie poziomu kosztów powyżej pewnego poziomu już tylko nieznacznie pozwala na utrzymanie wysokiej jakości całego systemu. Dlatego dla:

$$IM = f_{SME}(C_{ME}) \quad (7)$$

gdzie  $C_{ME}$  – stosunek kosztów utrzymania i eksploatacji systemu do kosztów łącznych.

Zastosowano nieliniową funkcję opisującą efekt nasycenia kosztami:

$$f_{SME}(C_{ME}) = L \left( 1 - e^{-\frac{C_{ME}}{\tau_{MEA}}} \right) \quad (8)$$

gdzie  $L$  – stała określająca poziom nasycenia, równa 2,  $\tau_{MEA}$  – stała opisująca szybkość nasycania (wzrostu) funkcji. Aby określić stromość krzywizny wzrostu funkcji należy posłużyć się średnim w danej branży poziomem wydatków na utrzymanie i eksploatację –  $C_{MEA}$ . Zakładając, że dla wartości  $C_{ME}$  równej  $C_{MEA}$  wartość funkcji powinna wynosić 1, oraz dla  $C_{ME}$  równej 1 (czyli gdy wszystkie wydatki stanowią koszty na IT) wartość funkcji powinna być zbliżona do 2, po podstawieniu do powyższego wzoru wymienionych wyżej kryteriów, otrzymuje się zależność:

$$\tau_{MEA} = \frac{C_{MEA}}{\ln 2} \quad (9)$$

co w efekcie daje:

$$IM = L \left( 1 - e^{-\frac{C_{ME} \ln 2}{C_{MEA}}} \right) \quad (10)$$

będącą wartością z zakresu  $\langle 0,2 \rangle$ .

### ***Składowa IN***

Składowa mająca na celu uwzględnienie liczby komputerów działających w sieci komputerowej  $N_{CC}$  odniesionej do liczby pracowników  $N_E$ , czyli stosunek  $R_{CE} = \frac{N_{CC}}{N_E}$ . Funkcja  $f_{SCC}(R_{CE})$  musi charakteryzować powolnym wzrostem dla małych wartości  $R_{CE}$ , co ma uwzględniać, fakt że mała liczba komputerów powinna skutkować niską wartością składowej; szybkim wzrostem przy dla wartości  $R_{CE}$  zbliżonych do wartości średniej w branży  $R_{CEA}$  oraz nasycaniem się do poziomu  $L = 2$  dla dużych wartości  $R_{CE}$ , co w tej sytuacji ma zapobiec nadmieremu przewartościowaniu dla takich przedsiębiorstw jak np. firmy szkoleniowe. Wobec powyższego wybrano postać sigmoidalną funkcji  $f_{SCC}(R_{CE})$ :

$$f_{SCC}(R_{CE}) = \frac{L}{1+e^{-B(R_{CE}-R_{CEA})}} \quad (11)$$

gdzie  $B$  jest współczynnikiem szybkości nasycania się funkcji, jednocześnie określającym szybkość narastania funkcji w punkcie przegięcia, czyli dla  $R_{CE} = R_{CEA}$ . W punkcie tym wartość funkcji wynosi 1, co oznacza, że udział tej składowej na tym poziomie odpowiada liczbie komputerów połączonych do sieci na poziomie średnim w branży.

Aby określić wartość  $B$ , można posłużyć się założeniem, że zmiana liczby komputerów implikowana jest zmianą nakładów na IT, czyli pochodne funkcji wartościujących indeks na tych poziomach są do siebie zbliżone:

$$\frac{\partial f_{SSC}}{\partial R_{CE}} \approx \frac{\partial f_{SME}}{\partial C_{ME}} \quad (12)$$

Po wyznaczeniu:

$$P_{ME} = \frac{\partial f_{SME}}{\partial C_{ME}} = \frac{L \ln 2}{C_{MEA} 2^{\frac{C_{ME}}{C_{MEA}}}} \quad (13)$$

Wiadomo, że:

$$\frac{\partial f_{SSC}}{\partial R_{CE}} = \frac{L B e^{-B(R_{CE}-R_{CEA})}}{(1+e^{-B(R_{CE}-R_{CEA})})^2} \approx P_{ME} \quad (14)$$

i przy założeniu, że najszybszy przyrost funkcji odbywać ma się dla  $R_{CE} = R_{CEA}$  otrzymujemy:

$$B \approx 2P_{ME} \quad (15)$$

Czyli ostatecznie zależność pozwalająca wyznaczyć B określona jest wzorem:

$$B = \frac{2 \ln 2}{C_{MEA}} \quad (16)$$

Wartość funkcji  $f_{SCC}(R_{CE})$  przyjmuje więc wartości z przedziału  $\langle 0, 2 \rangle$ .

Po uwzględnieniu wszystkich składowych końcowego wskaźnika złożonego, jego wartości kształtują się w zakresie od 0 do 16, gdzie 16 oznacza najlepszą możliwą wartość charakteryzującą przedsiębiorstwo w obszarze zastosowania i wykorzystania nowoczesnych technologii IT.

## 5. WNIOSKI

Wzrastające znaczenie technologii informacyjnych oraz komunikacyjnych w gospodarce i społeczeństwie generuje zapotrzebowanie na oceny stopnia ich wykorzystania oraz ewaluacje efektów jakie przynoszą. Coraz bardziej popularne są analizy porównawcze (benchmarking) stopnia zaawansowania informatycznego krajów i regionów. Pomimo, że podstawą tych analiz są dane zbierane od poszczególnych przedsiębiorstw i obywateli, to przedsiębiorstwa rzadko, a może wręcz nigdy nie analizują tych danych; nie zastanawiają się w jaki punkcie zaawansowania informatycznego się znajdują i jaka jest ich pozycja w stosunku do konkurentów. Może być to spowodowane brakiem syntetycznej miary, która pozwoliłaby na szybkie porównania.

Mając na uwadze unijne kluczowe kryteria jakości wskaźników [Eurostat, 2012] takie jak odpowiedniość, dostępność, porównywalność czy spójność autorzy wybrali pięć wymiarów, które ich zdaniem określają poziom zaawansowania informatycznego przedsiębiorstwa. Zaznaczyć należy, że przeprowadzona przez autorów konceptualizacja tego pojęcia miała na celu wprowadzenie pewnego ładu dla celów badawczych, a nie ustalenie jego ostatecznej definicji.

Ze względu na omówione zalety i pomimo jego wad autorzy zdecydowali się wykorzystać koncepcję wskaźnika złożonego, założono bowiem, że pomiędzy ww. wymiarami zachodzą zależności dające się przedstawić w postaci modelu matematycznego. Analiza pojedynczych wskaźników siłą rzeczy pominęła by te zależności. Za wykorzystaniem wskaźnika złożonego przemawia również możliwość jego użycia do oceny wpływu poziomu zaawansowania informatycznego na efektywność działania czy też strukturę organizacyjną przedsiębiorstwa. Nie należy też zapominać o jego komunikatywności i medialności, jeśli wskaź-

nik ma być elementem samooceny przedsiębiorstwa publikowanym, by zachęcić potencjalnych kooperantów i inwestorów.

Utworzony wskaźnik złożony to raczej zbiór hipotez, które będą podlegać empirycznej weryfikacji i ocenie ekspertów. W następnym etapie autorzy chcieliby przeprowadzić badanie pilotażowe w celu oceny wyselekcjonowanych wskaźników np. ich trafności i wykonywalności. Badanie byłoby skierowane do kadry menadżerskiej i decydentów odpowiedzialnych za informatykę. Zweryfikowało by ono również odpowiedniość modelu poprzez identyfikację określonych wzorców wartości. Przykładowo: przedsiębiorstwa należące do tej samej kategorii powinny otrzymać podobną wartość indeksu.

Przy wzrastającej konkurencyjności rynków przetrwają tylko przedsiębiorstwa, mające wiedzę o potrzebach informacyjnych swoich klientów i kooperantów oraz wykorzystywanych przez nie technologiach. Wydaje się, że pomimo ogólnych zastrzeżeń wskaźnik zaawansowania informatycznego mógłby być syntetyczną formą prezentacji tych informacji oraz narzędziem ocen i porównań.

**Słowa kluczowe:** miara zaawansowania informatycznego, wskaźniki złożone.

## LITERATURA

- Babbie E. (2006), *Badania społeczne w praktyce*, PWN, Warszawa
- Bandura R. (2008), *A Survey of Composite Indices Measuring Country Performance*, Update. UNDP, New York
- Basant R., Commander S., Harrison R., Menezes-Filho N. (2006), *ICT Adoption and Productivity in Developing Countries: New Firm Level Evidence from Brazil and India*, Institute for the Study of Labour IZA DP, No. 2294
- Cudanov M., Jasko O., Javtic M. (2009), *Influence of Information and Communication Technologies on Decentralization of Organizational Structure*
- Cudanov M., Jasko O., Savoju G., (2010), *Interrelationships of Organization Size and Information and Communication Technology Adoption*, „Journal of Applied Quantitative Methods”, Vol. 5, No. 1
- Goliński M. (2011) *Spoleczeństwo informacyjne – geneza koncepcji i problematyka pomiaru*, Oficyna Wydawnicza, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
- ICT in England's Rural Economies, A Final Report to DEFRA* (2005) SQW Lmt., accessed from <http://www.sqw.co.uk>
- Kundu A., Sarangi N., (2004) *ICT and Human Development: Towards Building a Composite Index for Asia Realising the Millennium Development Goals*, Elsevier
- Mouelhi R., (2008) *Impact of the adoption of Information and Communication Technologies on Firm Efficiency in the Tunisian Manufacturing Sector*, Equity and Economic Development, ERF 15<sup>th</sup> Annual Conference
- Nardo M., Saisana M. et al. (2008) *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*, OECD

Sewanyana J., Busler M. (2007) *Adoption and Usage of ICT in Developing Countries: Case of Ugandan Firms*, „International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology” (IJEDICT), Vol. 3, Issue 3

UNCTAD (2009), *Revisions and Additions to the Core List of ICT Indicators*. <http://unstats.un.org/unsd/statcom/doc09/BG-ICTIndicators.pdf>

Eurostat (2012), <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>

*Cezary Bolek*  
*Agnieszka Grudzińska-Kuna*  
*Joanna Papińska-Kacperek*

## EVALUATION OF ENTERPRISE ICT ADVANCEMENT

### Summary

Implementation of information and communication technologies (ICT) and further their adoption and use in enterprise is complex and multi-dimensional process. However once applied, ICT can provide foundation for innovation and become a trigger for new processes and organizational changes. It seems that sophistication of ICT use increase enterprise attractiveness to potential partners and investors. Importance of ICT in running a business bags the question how to measure level of ICT advancement. As the authors have decided to employ composite index that can be synthetic form of enterprise ICT advancement measure as well as evaluation and comparison tool, selection of key sub-indicators forms the article main issue.

**Keywords:** ICT advancement measures, composite indicator