

Aneta Becker

ANALIZA ROZWOJU WOJEWÓDZTW POLSKI POD WZGLĘDEM WYKORZYSTANIA TECHNOLOGII ICT

THE DEVELOPMENT OF THE ICT TECHNOLOGY USAGE AMONGST POLISH VOIVODESHIPS – THE ANALYSIS

Katedra Zastosowań Matematyki w Ekonomii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Klemensa Janickiego 31, 71-270 Szczecin, e-mail: Aneta.Becker@zut.edu.pl

Summary. The article describes the economic entities' level of involvement in the information-telecommunication technologies. It also presents the ranking of Polish voivodeships in terms of usage of the above-mentioned technologies in enterprises, in the year 2009. The research has been conducted with help of multi-criteria arrangement of the UTA decisional variants, based on disaggregation of preferential information. The obtained results have been matched against results generated through the taxonomic indicators of development.

Słowa kluczowe: funkcja użyteczności, taksonomiczny miernik rozwoju, technologie teleinformatyczne (ICT), wielokryterialne porządkowanie wariantów decyzyjnych.

Key words: information-telecommunication technologies, multi-criteria arrangement of decisional variants, taxonomic indicators of development, usability function.

WSTĘP

Technologie ICT (ang. Information and Communication Technology) są ważne w prowadzonej przez przedsiębiorstwa działalności biznesowej. Skutecznie obniżają koszty i są wykorzystywane jako narzędzie innowacji przyczyniające się do zwiększania zysków poprzez wprowadzanie nowych usług i metod pracy. Sieci komputerowe i dostęp do Internetu, czyli podstawowa infrastruktura ICT, są powszechnie używane przez większość przedsiębiorstw we wszystkich sektorach. Według Sectoral e-Business Watch można zaobserwować poprawę jakości infrastruktury ICT, w związku z czym firmy są lepiej przygotowane do bardziej zaawansowanych form e-handlu. Ważnym celem ICT jest także zwiększenie wydajności procedur wewnętrznych, czyli poprawa przejrzystości procesów i zarządzania informacją. Natomiast zaawansowana infrastruktura i usługi informacyjne umożliwiają i stymulują nowe sposoby zarządzania relacjami w biznesie oraz nowe modele prowadzenia działalności w rozwijającej się gospodarce cyfrowej (Technologie 2008).

Celem artykułu jest uszeregowanie województw Polski pod względem poziomu wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach w 2009 r. W badaniach wykorzystano metodę wielokryterialnego porządkowania wariantów decyzyjnych UTA (ang. Utility Theory Additive). Uzyskane wyniki odniesiono do rankingu otrzymanego na podstawie taksonomicznych mierników rozwoju. Zastosowane algorytmy pozwoliły na analizę pozycji województw w końcowym zestawieniu ze względu na różny stopień zaawansowania rozwiązań teleinformatycznych.

MIARY ROZWOJU TECHNOLOGII ICT W PRZEDSIĘBIORSTWACH

Metoda UTA

Szeregowanie zbioru wariantów decyzyjnych od najlepszego do najgorszego według wartości wynikającej z syntezy ocen, przeprowadzanych za pomocą wielu, zwykle konfliktowych, kryteriów, jest jednym z podstawowych problemów decyzyjnych. Problem związany z porządkowaniem polega na uwzględnieniu: oceny wariantów z różnych punktów widzenia oraz preferencji decydenta, które są subiektywne i trudne do wyrażenia (Techniki informacyjne... 2007).

Metoda wielokryterialnego porządkowania wariantów decyzyjnych UTA została zaproponowana przez Jacquet-Lagrange'a i Siskosa w 1982 r. Oparta jest na dezagregacji informacji preferencyjnej za pomocą regresji porządkowej. W metodzie tej zakłada się, że pośrednia informacja preferencyjna pochodząca od decydenta ma postać tzw. rankingu referencyjnego, czyli preporządku zupełnego (porządku liniowego) w niewielkim zbiorze wariantów referencyjnych $A^R \subseteq A$ ($A^R = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$). Zbiór ten jest podzbiorem skończonego zbioru wariantów decyzyjnych $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ poddanych ocenie według n kryteriów g_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Warianty referencyjne są dość dobrze znane decydentowi. Jest on w stanie (w stosunku do nich) podać globalną preferencję w postaci relacji rang. Zatem A^R jest uporządkowany w ten sposób, że $a_k \geq a_{k+1}$ (a_k jest słabo preferowany – przewyższa a_{k+1}), $k = 1, \dots, m-1$ (Siskos i in. 2005).

Prezentowana metoda oparta jest na paradygmacie dezagregacji stanowiącym podstawę konstrukcji addytywnej funkcji użyteczności $U(a)$, w której porządek wartości dla poszczególnych wariantów referencyjnych jest taki sam jak ranking referencyjny::

$$U(a) = \sum_{i=1}^n u_i(a) \quad (1)$$

gdzie:

$u_i(a) \geq 0$, $i = 1, \dots, n$ – cząstkowe funkcje użyteczności wariantu $a \in A$, obliczane według interpolacji liniowej – Beuthe i Scannella (2001), Siskos i in. (2005), Kulczycki i in. (2007).

Wartość funkcji użyteczności dla wariantu referencyjnego $a \in A^R$ można zapisać w postaci:

$$U'(a) = \sum_{i=1}^n u_i(a) + \sigma^+(a) - \sigma^-(a) \quad (2)$$

gdzie:

σ^+ i σ^- – potencjalne błędy – odpowiednio przeszacowania i niedoszacowania kompatybilnej z rankingiem referencyjnym funkcji użyteczności $U(a)$ – Beuthe i Scannella (2001), Kulczycki i in. (2007).

Poszukiwanie funkcji odtwarzającej ranking referencyjny nazywa się regresją porządkową, której warunki sprowadzają się do wyznaczenia charakterystycznych punktów cząstkowych funkcji użyteczności, będących rozwiązaniem problemu programowania matematycznego:

$$\min F = \sum_{a \in A^R} [(a) + \sigma^-(a)] \quad (3)$$

przy ograniczeniach:

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} U'(a_k) > U'(a_{k+1}) &\Leftrightarrow a_k \succ a_{k+1} \\ U'(a_k) = U'(a_{k+1}) &\Leftrightarrow a_k \sim a_{k+1} \end{aligned} \right\} \forall a_k, a_{k+1} \in A^R \\
 & u_i(x_i^{j+1}) - u_i(x_i^j) \geq 0, j = 0, \dots, \gamma_i - 1, i = 1, \dots, n \\
 & u_i(x_i^0) = u_i(\alpha_i) = 0 \text{ dla } i \in G \\
 & \sum_{i=1}^n u_i(x_i^{\gamma_i}) = \sum_{i=1}^n u_i(\beta_a) = 1 \\
 & \sigma^+(a), \sigma^-(a) \geq 0 \text{ dla } a \in A^R \\
 & u_i(x_i^j) \geq 0, j = 1, \dots, \gamma_i, i = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{4}$$

Funkcja celu F odpowiada sumie błędów przybliżenia „właściwej” wartości użyteczności, czyli sumie różnic $U'(a) - U(a)$ po $a \in A^R$. Jeśli optymalna wartość $F = 0$, to istnieje co najmniej jedna funkcja użyteczności $U'(a) = U(a)$ kompatybilna z rankingiem referencyjnym w zbiorze A^R . Natomiast w przypadku, gdy $F > 0$, nie istnieje żadna funkcja użyteczności kompatybilna z rankingiem referencyjnym w zbiorze A^R (Siskos i in. 2005, Kulczycki i in. 2007).

W celu sprawdzenia zgodności funkcji użyteczności z preferencjami decydenta stosuje się współczynnik Kendalla obliczany według wzoru:

$$\tau = 1 - 4 \frac{d_k(\mathbf{R}, \mathbf{R}^*)}{m(m-1)}, \tau \in [-1, 1] \tag{5}$$

gdzie:

$$d_k(\mathbf{R}, \mathbf{R}^*) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m |r_{ij} - r_{ij}^*| - \text{odległość Kendalla między macierzami } \mathbf{R} \text{ i } \mathbf{R}^* \ [m \times m],$$

$$m = |A^R| - \text{liczba wariantów decyzyjnych,}$$

\mathbf{R} – macierz związana z porządkiem referencyjnym podanym przez decydenta,

\mathbf{R}^* – macierz związana z porządkiem wskazanym przez funkcję użyteczności wyznaczoną z zadania programowania liniowego (Siskos i in. 2005, Słowiński, www.cs.put.poznan.pl).

Taksonomiczny miernik rozwoju (TMR)

Taksonomiczny miernik rozwoju (TMR) zwane również syntetycznymi miernikami rozwoju, stosowane są głównie do liniowego porządkowania obiektów wielocechowych pod względem rozwoju wyróżnionego zjawiska. Charakterystyczne dla mierników syntetycznych jest zastąpienie macierzy cech zmiennymi syntetycznymi, które opisują obiekty badania za pomocą jednej miary agregatowej, będącej wypadkową poszczególnych cech diagnostycznych (Nowak 1990). Podczas porządkowania obiektów wielocechowych, niezależnie od przyjętej miary syntetycznej, istotne znaczenie ma podział cech na stymulanty, destymulanty i nominanty (Statystyczne metody... 1998). Procedury wyznaczania miernika syntetycznego można podzielić na metody bezwzorcowe i metody wzorcowe.

Metody bezwzorcowe sprowadzają się do wyznaczenia zmiennej syntetycznej będącej funkcją znormalizowanych cech zbioru wyjściowego. W metodach tych konstrukcja zmiennych syntetycznych zależy od sposobu normalizacji. Cechy przekształca się zwykle zgodnie ze wzorem:

$$z_{ik} = \left[\frac{x_{ik} - a}{b} \right]^c \quad (k = 1, 2, \dots, K, i = 1, 2, \dots, N) \quad (6)$$

gdzie:

a, b, c – parametry normalizacji.

Najczęściej stosowanymi sposobami doprowadzania do porównywalności cech o różnych mianach są ich:

– standaryzacja ($a = \bar{x}_k, b = s_k, c = 1$)

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k} \quad (7)$$

przy $\bar{x}_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ik}$, $s_k = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}$, otrzymuje się macierz cech standaryzowanych

w postaci: $\mathbf{Z} = [z_{ik}]$, o wymiarach $[N \times K]$, dla wyznaczonej w ten sposób zmiennej: $s_k^2 = 1, \bar{x}_k = 0$;

– normalizacja $a = 0, b = \max_i x_{ik}, c = 1$:

$$z_{ik} = \frac{x_{ik}}{\max_i x_{ik}} \quad (8)$$

która powoduje zachowanie zróżnicowanej wariancji i proporcji między wartościami znormalizowanymi a pierwotnymi.

Zakładając, że dana jest macierz obserwacji i że cechy zostały odpowiednio znormalizowane, prostymi miarami syntetycznymi są średnie arytmetyczne znormalizowanych cech:

$$z_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K z_{ik} \quad (9)$$

gdzie:

z_{ik} wyznacza się poprzez np. normalizację.

Miara ta przyjmuje wartości z przedziału $[0, 1]$. Obiekt osiąga tym wyższą pozycję, im większą wartość osiąga miara syntetyczna (Nowak 1990, Ostasiewicz 1998).

Metody wzorcowe zakładają istnienie tzw. obiektu modelowego (wzorcowego), w odniesieniu do którego wyznacza się odległości taksonomiczne badanych obiektów. Współrzędne obiektu wzorcowego można określić na podstawie oceny ekspertów, ogólnie przyjętych norm lub opierając się na danych empirycznych. Najczęściej wartości zmiennej syntetycznej otrzymuje się poprzez obliczenie odległości poszczególnych obiektów od wzorca (Ostasiewicz 1998).

Popularną zmienną syntetyczną jest miara Hellwiga (zwana miarą rozwoju). Z macierzy danych wyznacza się obiekt (wzorzec) P_0 o zestandaryzowanych współrzędnych: $z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0K}$. Współrzędne tego punktu określa się za pomocą następujących relacji:

$$z_{0k} = \begin{cases} \max_i z_{ik} & \text{dla } X_k \in S \\ \min_i z_{ik} & \text{dla } X_k \notin S \end{cases} \quad (10)$$

gdzie:

S – standaryzowany zbiór stymulant.

Najczęściej stosowanym sposobem doprowadzania do porównywalności cech o różnych mianach jest ich standaryzacja, równoznaczna z przypisaniem każdej cesze jednakowej wagi. Po wykonaniu tych czynności syntetyczną miarę rozwoju można zapisać w postaci:

$$z_i = 1 - \frac{d_i}{d_0} \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (11)$$

gdzie:

$$d_i = \sqrt{\sum_{k=1}^K (z_{ik} - z_{0k})^2} \quad (\text{odległość taksonomiczna każdego obiektu badania od wzorca}),$$

$$d_0 = \bar{d} + 2s_d, \text{ przy czym } \bar{d} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d_i, s_d = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (d_i - \bar{d})^2}.$$

Im mniejsza jest odległość d_i , tym wyższy poziom rozwoju osiąga dany obiekt. Otrzymane odległości pozwalają uporządkować poszczególne obiekty od najwyższego do najniższego poziomu badanego zjawiska oraz stanowią podstawę do wyznaczenia z_i . Miernik z_i przyjmuje zazwyczaj wartość z przedziału $[0, 1]$. Im wartość miernika bliższa jest jedności, w tym mniejszym stopniu obiekt różni się od wzorca rozwoju (osiąga wyższy poziom rozwoju) – Nowak (1990), Ostasiewicz (1998).

MATERIAŁ EMPIRYCZNY

W marcu 2009 r. został opublikowany raport (The Global Information Technology Report 2008–2009), który zawierał informacje dotyczące, między innymi, poziomu rozwoju technologii ICT w Polsce, w odniesieniu do rezultatów osiągniętych przez państwa Unii Europejskiej i wybrane kraje świata. Badania te są kontynuacją prac prowadzonych przez Światowe Forum Ekonomiczne i szkoły biznesu INSEAD, których wynikiem są coroczne raporty na temat rozwoju i modernizacji infrastruktury sieciowej oraz wykorzystania technologii teleinformatycznych na świecie. Raport zamieszczony w 2009 r. uwzględnił informacje dotyczące 134 krajów. Państwa biorące udział w badaniu zostały uszeregowane pod względem wartości wskaźnika NRI (ang. Networked Readiness Index), który odzwierciedla gotowość do wykorzystania technologii sieciowych, teleinformatycznych przez badany podmiot i jest kombinacją 68 zmiennych. W rankingu gotowości sieciowej Polska znalazła się na 69 miejscu i według Światowego Forum Ekonomicznego należy do krajów, które z każdym rokiem zwiększają dystans w stosunku do liderów zestawienia. Za główne przyczyny uznaje się brak uregulowań prawnych dotyczących technologii ICT oraz niewystarczające zaangażowanie w ich rozwój administracji publicznej szczebla centralnego. Większe zainteresowanie, w odniesieniu do instytucji państwowych, zaobserwowano w polskich gospodarstwach domowych i firmach, które doceniają i efektywniej wykorzystują dostępną infrastrukturę teleinformatyczną (Stecyk 2009).

Główny Urząd Statystyczny (GUS) w kwietniu 2009 r. opublikował wyniki badań prowadzonych w ramach statystyki społeczeństwa informacyjnego w Polsce, dotyczące wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych między innymi w przedsiębiorstwach. Próba obejmowała 14 442 podmioty, a prowadzona działalność gospodarcza zaklasyfikowana została, według polskiej klasyfikacji działalności (PKD), do następujących sekcji: C – przetwórstwo przemysłowe, F – budownictwo, G – handel hurtowy detaliczny, naprawa pojazdów samochodowych, też motocykli, H – transport i gospodarka magazynowa, I – działalność związana z zakwaterowaniem i usługami gastronomicznymi, J – informacja i komunikacja, L – działalność związana z obsługą rynku nieruchomości, M – działalność profesjonalna, naukowa i techniczna (Wykorzystanie technologii 2009).

Wśród przedsiębiorstw, biorących udział w badaniu, dominowały małe firmy (zatrudniające 10–49 osób), które stanowiły prawie 81%. Około 16% podmiotów należało do grupy średnich przedsiębiorstw zatrudniających od 50 do 249 osób. Natomiast najniższy odsetek firm stanowiły duże przedsiębiorstwa, w których pracowało powyżej 250 osób. Najwięcej przedsiębiorstw miało swoje siedziby w województwach: mazowieckim, śląskim i wielkopolskim. Natomiast najmniej liczne grupy firm znajdowały się w województwach: świętokrzyskim, opolskim i podlaskim.

Według prezentowanych przez GUS informacji około 93% firm, które brały udział w badaniu, posługiwało się komputerami. Wśród nich dominowały firmy mające swoje siedziby w województwach pomorskim i opolskim, natomiast najgorzej pod tym względem wyglądała sytuacja w województwach podlaskim i świętokrzyskim. Komputery z dostępem do Internetu wykorzystywane były w 90% przedsiębiorstwach, najczęściej w firmach z województw mazowieckiego i śląskiego. W lokalną sieć komputerową LAN wyposażonych było 56% firm, a prawie co czwarte przedsiębiorstwo posiadało LAN bezprzewodowy; były to głównie podmioty z województwa mazowieckiego. Około 10% firm używało systemów informatycznych klasy ERP (ang. Enterprise Resource Planning – planowanie zasobów przedsiębiorstwa). Z oprogramowania CRM (ang. Customer Relationship Management) korzystało nieco ponad 13% podmiotów gospodarczych. Wśród przedsiębiorstw mających dostęp do Internetu prawie 77% było odbiorcami usług bankowych lub finansowych, a 25% szkoleniowych i edukacyjnych. Wśród firm dominowały podmioty wykorzystujące Internet do kontaktów z administracją publiczną w celu: odsyłania wypełnionych formularzy, pobierania formularzy i pozyskiwania informacji. Mniejszym zainteresowaniem cieszyła się elektroniczna obsługa procedur administracyjnych oraz składanie ofert w elektronicznym systemie zamówień publicznych. Nieco ponad 57% firm posiadało własną stronę WWW, która służyła głównie do prezentacji katalogów wyrobów lub cenników. Około 36% przedsiębiorstw korzystało z automatycznej wymiany danych. Największą popularnością cieszyły się: wymiana danych z organami administracji publicznej, wysyłanie dyspozycji płatniczych do instytucji finansowych i wysyłanie lub otrzymywanie informacji o produktach. Prawie 13% podmiotów prowadziło elektroniczną wymianę informacji, natomiast z automatycznej wymiany danych wewnątrz przedsiębiorstwa korzystało 25% firm. W 2009 roku z podpisu elektronicznego korzystało 47% przedsiębiorstw.

WYNIKI

Materiał empiryczny, zebrany i opublikowany przez GUS, posłużył do uszeregowania województw Polski pod względem wykorzystania ICT w przedsiębiorstwach w 2009 r. Ponieważ w badaniu w poszczególnych województwach brała udział różna liczba podmiotów gospodarczych, zgromadzone dane przeliczono na jedno przedsiębiorstwo w celu uzyskania porównywalności poszczególnych regionów Polski.

W zadaniu decyzyjnym, które rozwiązano za pomocą metody UTA, zbiór wariantów decyzyjnych A zawierał 16 elementów (województw). Zostały one ocenione na podstawie 10 kryteriów (zmiennych) charakteryzujących przedsiębiorstwa:

- X_1 – wyposażenie w komputery,
- X_2 – dostęp do Internetu,
- X_3 – wyposażanie w sieć wewnętrzną LAN,
- X_4 – stosowanie oprogramowania CRM do zarządzania informacjami o klientach,
- X_5 – kontakt z administracją publiczną przez Internet,
- X_6 – posiadanie własnych stron WWW,
- X_7 – korzystanie z automatycznej wymiany danych,
- X_8 – prowadzenie elektronicznej wymiany informacji z dostawcami i odbiorcami,
- X_9 – korzystanie z wewnętrznej automatycznej wymiany danych,
- X_{10} – posługiwanie się podpisem elektronicznym.

Zasadnicze obliczenia wykonano za pomocą programu Visual UTA (wersja 2.0), natomiast pomocnicze z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego Excel.

Informacja preferencyjna miała postać porządku w zbiorze wariantów referencyjnych A^R . Preporządek zupełny, wytypowany przez decydenta ze zbioru A i wyrażający jego preferencje, obejmował 4 województwa $A^R = \{\text{śląskie, wielkopolskie, łódzkie, warmińsko-mazurskie}\}$, które utworzyły ranking referencyjny – od najlepszego do najgorszego. Końcowe rankingi zbioru A , uzyskane dla zdefiniowanego czteroelementowego zbioru A^R i zdefiniowanej liczby liniowych odcinków na każdą funkcję użyteczności cząstkowej (z), zestawiono w tab. 1.

W badaniu założono jeden liniowy odcinek $z = 1$ na każdą funkcję użyteczności cząstkowej. W wyniku obliczeń otrzymano co najmniej jedną funkcję użyteczności $U(a)$ kompatybilną ze zdefiniowanym w zadaniu rankingiem referencyjnym (tab. 1). Zgodność funkcji użyteczności z preferencjami decydenta (poprawność opisu za pomocą funkcji) sprawdzono, wyznaczając współczynnik Kendalla $\tau = 1$, co potwierdziło kompatybilność uzyskanej funkcji użyteczności z preferencjami decydenta.

W tabeli 1, oprócz numeru pozycji w rankingu, dla każdego województwa podano unormowane ($[0, 1]$) wartości globalnej funkcji użyteczności. Im wartość tej funkcji jest bliższa jedności, tym wariant jest lepszy (preferowany). Wyniki, uzyskane przy założeniu, że funkcja użyteczności cząstkowej stanowi jeden odcinek liniowy, wskazują województwo śląskie jako lidera w teleinformatyce. Następne pod tym względem są województwa pomorskie i mazowieckie. Natomiast na ostatnim miejscu znalazło się województwo warmińsko-mazurskie.

Tabela 1. Wyniki uporządkowania województw według stopnia wykorzystania technologii teleinformatycznych w przedsiębiorstwach

Nazwa województwa	Metoda UTA		Taksonomiczny miernik rozwoju			
	$z = 1$		metoda bezwzorcowa		metoda wzorcowa	
	pozycja w rankingu	$U(a)$	pozycja w rankingu	z_i	pozycja w rankingu	z_i
Dolnośląskie	6	0,693	5	0,877	5	0,581
Kujawsko-pomorskie	10	0,527	10	0,841	10	0,424
Lubelskie	12	0,401	14	0,766	13	0,234
Lubuskie	11	0,505	13	0,789	12	0,234
Łódzkie	14	0,322	11	0,821	11	0,371
Małopolskie	9	0,607	8	0,850	7	0,470
Mazowieckie	3	0,845	1	0,983	1	0,868
Opolskie	8	0,619	7	0,851	9	0,451
Podkarpackie	4	0,797	6	0,872	6	0,534
Podlaskie	15	0,290	12	0,807	14	0,233
Pomorskie	2	0,849	2	0,914	2	0,711
Śląskie	1	0,857	3	0,901	3	0,666
Świętokrzyskie	13	0,346	16	0,761	15	0,148
Warmińsko-mazurskie	16	0,258	15	0,761	16	0,058
Wielkopolskie	5	0,714	4	0,882	4	0,602
Zachodniopomorskie	7	0,631	9	0,849	8	0,469

Pogrubioną czcionką wyróżniono województwa wytypowane przez analityka ze zbioru wariantów decyzyjnych, należące do preporządku zupełnego i wyrażające jego preferencje.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (Wykorzystanie technologii... 2009).

Uporządkowanie województw według mierników taksonomicznych, określających poziom wykorzystania technologii ICT w przedsiębiorstwach, przedstawiono w tab. 1. Badania przeprowadzono, posługując się tym samym zestawem cech, które wykorzystano w metodzie UTA. Wszystkie zmienne, które wykorzystano w wyznaczaniu *TMR*, miały charakter stymulant. Procedurę obliczeniową rozpoczęto od zastosowania metody bezwzorcowej, wcześniej przeprowadzając normalizację cech. Na podstawie tak otrzymanych wyników za pomocą średniej arytmetycznej wyznaczono zmienną syntetyczną. Końcowe rezultaty tych obliczeń zestawiono w tab. 1. Następnie zastosowano metodę wzorcową. Jako zmienną syntetyczną użyto miarę Hellwiga. Macierz danych poddano standaryzacji, a następnie wyznaczono wzorzec P_0 . Określono odległości taksonomiczne każdego obiektu od wzorca i skonstruowano syntetyczną miarę rozwoju, którą poddano w tab. 1.

Wyniki otrzymane metodami bezwzorcową i wzorcową wykazały odmienne uporządkowanie województw. Zauważono różnice w położeniu 7 obiektów. W obydwu ujęciach najwyższym poziomem rozwoju wykorzystania technologii ICT, ze względu na podane zmienne, charakteryzowało się województwo mazowieckie, za nim uplasowały się kolejno województwa pomorskie i śląskie. Zdecydowanie najniższym poziomem rozwoju w teleinformatyki odznaczały się województwa świętokrzyskie i warmińsko-mazurskie.

PODSUMOWANIE

UTA jest przykładem metody, która pozwala na rozwiązywanie problemów decyzyjnych związanych z porządkowaniem zbioru wariantów decyzyjnych według wartości wynikającej z syntezy wielokryterialnych ocen. Jej zaletą jest ograniczenie informacji preferencyjnej do rankingu referencyjnego i możliwość interakcji z decydentem. Jednak zastosowanie metody UTA wymaga od analityka znacznej wiedzy nt. badanego problemu decyzyjnego, a także umiejętności między innymi: określania porządku zupełnego i liczby liniowych odcinków funkcji użyteczności na każdym kryterium, a także wyboru końcowego rankingu wariantów decyzyjnych. Decydent może modyfikować przebieg cząstkowych funkcji użyteczności w zakresie kompatybilności, czyli zwiększać lub zmniejszać znaczenie poszczególnych kryteriów w łącznej użyteczności.

Taksonomiczne mierniki rozwoju pozwalają na syntetyczną ocenę analizowanych obiektów, za pomocą jednej miary agregatowej, pod względem zdefiniowanego celu badań. Umożliwiają także konstruowanie globalnych wskaźników opartych na cechach diagnostycznych, wyrażonych w naturalnych jednostkach miary. Są miarą powszechnie stosowaną, o przyjaznym i nieskomplikowanym algorytmie obliczeniowym. Dlatego można znaleźć w pracach, na przykład Krakowiak-Bal (2005), Standar i Średzińskiej (2008), Jaworskiej i Luty (2009), różnorodne opisy procedur i zastosowań praktycznych *TMR*.

Analizując zestawione rankingi (tab. 1), można zauważyć, że każda z zastosowanych metod pozwoliła uporządkować województwa od najlepszego do najgorszego pod względem poziomu rozwoju technologii teleinformatycznych w przedsiębiorstwach. Porównanie wyników badań, przeprowadzonych przy użyciu odmiennych technik, wskazuje na pewne różnice. Podsumowując pomiary w ujęciu różnych algorytmów, stwierdzono, że najlepszym wykorzystaniem technologii ICT charakteryzowały się województwa: mazowieckie, pomorskie i śląskie. Do województw o najniższym potencjale teleinformatycznym zaliczono województwa: podlaskie, świętokrzyskie i warmińsko-mazurskie.

Poziom wyposażenia przedsiębiorstw w nowoczesne technologie, w poszczególnych województwach Polski, można scharakteryzować za pomocą zarówno metody wielokryterialnego porządkowania wariantów decyzyjnych, jak i taksonomicznych mierników rozwoju. Metoda UTA (w przeciwieństwie do *TMR*) ujmuje w subiektywny sposób wykorzystanie technologii ICT przez podmioty gospodarcze, gdyż podstawowe założenia tej metody zależą od preferencji decydenta. Zastosowane procedury rankingowe należy traktować jako komplementarne, a otrzymane za ich pomocą wyniki jako uzupełniające się.

PIŚMIENNICTWO

- Beuthe M., Scannella G.** 2001. Comparative analysis of UTA multicriteria methods. *Europ. J. Operat. Res.* 130.
- Jaworska M., Luty L.** 2009. Ocena rozwoju społeczno-gospodarczego powiatów województwa małopolskiego. *Acta Sci. Pol., Ser. Oeconomia* 8 (3), 37–44.
- Krakowiak-Bal A.** 2005. Wykorzystanie wybranych miar syntetycznych do budowy miary rozwoju infrastruktury technicznej. *Infr. Ekol. Ter. Wiej.* 3, 71–82.

- Nowak E.** 1990. Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych. Warszawa, PWE.
- Siskos Y., Grigoroudis E., Matsatsinis N.** 2005. UTA methods. multiple criteria decision analysis: State of the art surveys. *Internat. Ser. Operat. Res. Manag. Sci.* 78, 302, 304, 305.
- Słowiński R.** Multiple-criteria ranking using an additive function constructed via ordinal regression: UTA method, www.cs.put.poznan.pl/~Wspomaganie%20decyzji%20-%20metoda%20UTA.pdf, dostęp dn. 18.10.2010 r.
- Standar A., Średzińska J.** 2008. Zróżnicowanie kondycji finansowej gmin województwa wielkopolskiego. *J. Agribus. Rural Develop.* 4 (10), 135–145.
- Statystyczne metody analizy danych.** 1998. Red. W. Ostasiewicz. Wrocław, Wydaw. Akademii Ekonomicznej im. Oskara Lanego we Wrocławiu.
- Stecyk A.** Wykorzystanie technologii ICT w Polsce w świetle badań Światowego Forum Ekonomicznego, <http://www.e-mentor.edu.pl/czasopismo/spis-tresci/numer/30>, dostęp dn. 18.10.2010 r.
- Techniki informacyjne w badaniach systemowych.** 2007. Red. P. Kulczycki, O. Hryniewicz, J. Kacprzyk. Warszawa, Wydaw. Naukowo-Techniczne.
- Technologie informacyjno i komunikacyjne (ICT) a trendy w e-biznesie biznesie 2008 r.,** http://www.ebusiness-watch.org/key_reports/documents/ExecSum_2008_EU27languages/SeBW_Abstract_PL.pdf, dostęp dn. 18.10.2010 r.
- Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2009 r.** Warszawa, GUS, http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm, dostęp dn. 18.10.2010 r.