

## HIERARCHICZNY A SIECIOWY PROCES SZEREGOWANIA WOJEWÓDZTW POLSKI POD WZGLĘDEM WYKORZYSTANIA ICT

**Aneta Becker**

Katedra Zastosowań Matematyki w Ekonomii  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
e-mail: aneta.becker@zut.edu.pl

**Streszczenie:** Celem artykułu jest ranking województw Polski ze względu na poziom wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach, w 2010 r. W badaniach wykorzystano metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji: AHP (ang. Analytic Hierarchy Process) i ANP (ang. Analytic Network Process). Uzyskane, za pomocą dwóch metod, wyniki porównano i na tej podstawie wykazano różnice pomiędzy zastosowanymi podejściami. Wykorzystane algorytmy pozwoliły na analizę położenia województw z uwagi na różne zaawansowanie obszarów w przestrzeni teleinformatycznej.

**Słowa kluczowe:** technologie teleinformatyczne (ICT), wielokryterialne metody decyzyjne, analityczny proces hierarchiczny, analityczny proces sieciowy

### WSTĘP

Metoda AHP (Analityczny Proces Hierarchiczny) [Satty 1977, 1980] zaliczana jest do popularnych metod wielokryterialnego podejmowania decyzji. Służy do rangowania wariantów decyzyjnych i pośrednio do wspomaganie ich wyboru. Wariantami mogą być na przykład obiekty fizyczne (produkty), a także pewne stany reprezentowane przez kategorie projektowe lub realizacyjne prowadzące do osiągnięcia określonych poziomów (jakości, bezpieczeństwa). Z uwagi na przeddecyzyjny charakter oceny wariantów, metoda AHP umożliwia dokonywanie diagnozy lub porównanie badanych obiektów [Downarowicz i in. 2000]. ANP (Analityczny Proces Sieciowy)

[Saaty 2001] jest rozszerzeniem AHP. Twórcą obu metod jest Prof. T. L. Saaty z Uniwersytetu w Pittsburgu, który prace nad budową algorytmów rozpoczął w latach 70-tych. Do wzrostu zainteresowania metodą AHP przyczyniła się duża liczba publikacji i propozycji praktycznego zastosowania oraz przyjazna, niezbyt skomplikowana procedura postępowania. W przypadku metody ANP istotna jest możliwość wykorzystania programów komputerowych, na przykład Super Decisions©, co usprawnia proces obliczeniowy pracochłonnego wyznaczania supermacierzy, kluczowego etapu tej procedury.

Metody AHP i ANP mają szerokie zastosowanie do rozwiązywania problemów decyzyjnych, szczególnie w sytuacjach, kiedy kryteria mają charakter jakościowy, a oceny są subiektywne i wynikają z wiedzy i doświadczenia analityka. W literaturze przedmiotu można odnotować wykorzystanie wymienionych metod między innymi w następujących dziedzinach:

- ekonomii i zarządzaniu – marketingu (formułowaniu strategii), finansach (analizach kredytowych), transporcie, alokacji zasobów, planowaniu, prognozowaniu, ocenie zatrudnienia i decyzji płacowych, zarządzaniu jakością, oceny dostawców;
- polityce – w negocjacjach, rozwiązywaniu konfliktów, kontroli zbrojeń, grach wojennych;
- problemach społecznych – w edukacji, medycynie, prawie, sektorze publicznym, sporcie;
- technologii – w wyborze rynku, transferze technologii. [Adamus, Gręda 2005]

Celem artykułu jest ranking województw Polski ze względu na poziom wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach, w roku 2010. Uzyskane wyniki mają na celu zobrazowanie natężenia nowoczesnych technologii komunikacji informacyjnej w zarządzaniu biznesem. W badaniach wykorzystano metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji: AHP i ANP. Zastosowane algorytmy pozwoliły na analizę położenia województw Polski z uwagi na różne zaawansowanie obszarów w przestrzeni teleinformatycznej. Porównano dwa podejścia oraz wykazano różnice w warstwie proceduralnej i wynikowej.

W artykule weryfikuje się dwa poglądy; po pierwsze województwa o dużym potencjale przemysłowym cechują się większym udziałem technologii informacyjnych, po drugie zastosowanie metody ANP pełniej opisuje sieć zależności; wymaga jednak opracowania wyspecjalizowanego systemu informatycznego, który uprości, między innymi poprzez automatyzację, procedurę wielokrotnego porównywania składowych (sieci) procesu oceny.

## METODY WIELOKRYTERIALNEJ ANALIZY DECYZYJNEJ

Zasadniczym celem procedury AHP jest przyporządkowanie każdemu wariantowi decyzyjnemu znormalizowanej oceny końcowej (zestawionej w wektorze skali), która może być interpretowana jako użyteczność *i*-tego wariantu. Wektor skali uzyskuje się na podstawie porównań parami między sobą kryteriów oraz wariantów decyzyjnych ze względu na kolejne kryteria. Czynności te wykonuje się wykorzystując dziewięciostopniową skalę Saaty'ego [Trzaskalik 2006], poprzez przyporządkowanie poszczególnym porównaniom oceny liczbowej oraz opisu werbalnego. Zakłada się, że jeżeli porównując dwa obiekty, przyporządkowano ocenę, to porównując te same obiekty w odwrotnej kolejności, przyporządkowuje się temu porównaniu ocenę będącą odwrotnością poprzedniego porównania. Dlatego też wykorzystywana macierz porównań jest macierzą proporcjonalną. Otrzymane wielkości wektora skali rozpatrywanego problemu decyzyjnego pozwalają na rangowanie wariantów decyzyjnych i wybór wariantu najlepszego dla decydenta. [Trzaskalik 2006]

Metoda ANP to propozycja, którą można zastosować do rozwiązywania bardziej złożonych problemów decyzyjnych. W przeciwieństwie do AHP, gdzie strukturę zadania przedstawia się w postaci hierarchii, można skonstruować sieć stanowiącą system komponentów istotnych dla rozpatrywanego problemu decyzyjnego. Ponadto można wprowadzić zależności (wzajemne oddziaływania) pomiędzy grupami elementów i wewnątrz nich oraz sprzężenia zwrotne.

W hierarchicznej strukturze problemu występują poziomy uporządkowane w kierunku malejącej ważności. Elementy są porównywane w parach na każdym poziomie hierarchicznym. Dokonując tego, określa się dominację lub przewagę jednego elementu nad drugim, łącząc je w pary w odniesieniu do elementów położonych na poziomie bezpośrednio wyższym. W liniowej strukturze hierarchicznej nie występują sprzężenia zwrotne z niższych poziomów do wyższych. Natomiast w sieci komponenty zawierające grupy elementów nie występują w żadnym określonym porządku. Połączenia komponentów dokonuje się określając, czy i w jakim stopniu element danego komponentu wpływa na element innego komponentu i odwrotnie. Sieci mogą powstawać z hierarchii poprzez stopniowe zwiększanie liczby hierarchicznych połączeń. [Adamus, Gręda 2005]

Podobnie jak w AHP ważnym etapem postępowania w metodzie ANP jest dokonanie pomiaru niepoliczalnych kryteriów i celów. Wyrażane opinie w formie werbalnej (słownej) przedstawia się w postaci numerycznej za pomocą skali porównań Saaty'ego. Porównania parami wykonywane są w odniesieniu do wszystkich kombinacji wzajemnych powiązań pomiędzy elementami i ich grupami. Następnie te opisowe preferencje zapisane w postaci liczb umieszcza się w kwadratowej macierzy porównań parami, z której obliczane są wektory priorytetów. W kolejnym kroku przedstawia się je w formie macierzy znormalizowanych ocen i wprowadza do odpowiednich kolumn tzw. supermacierzy sieci decyzyjnej będą-

cej podstawowym narzędziem ANP. Ostatecznym etapem postępowania w metodzie ANP jest dokonanie syntezy i przedstawienie końcowego rezultatu w postaci priorytetów dla wszystkich możliwych zależności, sprzężeń i cykli pomiędzy elementami sieci.

## MATERIAŁ EMPIRYCZNY

Główny Urząd Statystyczny (GUS) 31 marca 2011 r. opublikował wyniki badań przeprowadzonych w ramach statystyki społeczeństwa informacyjnego w Polsce opracowywanej według zharmonizowanej w Unii Europejskiej metodologii. Badania te zrealizowano w kwietniu 2010 r. i obejmowały główne obszary wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych. W przypadku pomiarów dotyczących podmiotów gospodarczych, reprezentatywna próba liczyła około 14 tysięcy przedsiębiorstw, w których liczba pracujących wynosiła co najmniej 10, a prowadzona działalność gospodarcza zaklasyfikowana była według Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) do następujących sekcji: C – przetwórstwo przemysłowe, F – budownictwo, G – handel hurtowy i detaliczny, naprawa pojazdów samochodowych włączając motocykle, 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 2010]

Wśród podmiotów, biorących udział w badaniu łącznie z sekcją K PKD – działalność finansowa i ubezpieczeniowa, dominowały małe firmy (10-49 pracujących), które stanowiły prawie 78% ogółu. Nieco ponad 18,5% podmiotów należało do grupy średnich przedsiębiorstw o liczbie pracujących od 50 do 249 osób. Natomiast najniższy odsetek firm stanowiły duże przedsiębiorstwa, w których liczba pracujących wynosiła powyżej 250 osób – prawie 3,7%. Najwięcej przedsiębiorstw, w stosunku do wszystkich badanych, pochodziło z województw: mazowieckiego (17,18%), śląskiego (12,60%) i wielkopolskiego (11,34%). Natomiast najmniej liczne grupy firm reprezentowały województwa: opolskie (2,28%), podlaskie (2,28%) i świętokrzyskie (2,55%).

Według prezentowanych przez GUS informacji nieco ponad 97% firm, które brały udział w badaniu wykorzystywało w swojej działalności komputery. Dostęp do Internetu deklarowało prawie 96%. W lokalną sieć komputerową – LAN wyposażonych było 71,53% firm, a 36% przedsiębiorstw posiadało LAN bezprzewodowy, przeważnie przez podmioty z województwa podlaskiego. Z oprogramowania CRM (ang. *Customer Relationship Management*) korzystało 16,36% podmiotów gospodarczych, natomiast, w celu dokonywania analizy informacji o klientach pod kątem marketingowym (ustalanie cen, zarządzanie promocjami, definiowanie kanałów dystrybucji itp.) – 13,08%.

Spośród przedsiębiorstw mających dostęp do Internetu, prawie 85% było odbiorcami usług bankowych lub finansowych, a 28% szkoleniowych i edukacyj-

nych. Własną stronę internetową posiadało 65% firm. Najczęściej służyła ona do prezentacji katalogów wyrobów lub cenników. Około 50% przedsiębiorstw korzystało z automatycznej wymiany danych z podmiotami zewnętrznymi i 34% z automatycznej wymiany danych wewnątrz przedsiębiorstwa. Ponad 17% podmiotów prowadziło elektroniczną komunikację (wymianę informacji). Największą popularnością cieszyła się: wymiana danych z organami administracji publicznej, wysyłanie dyspozycji płatniczych do instytucji finansowych i wysyłanie lub otrzymywanie informacji o produktach. Z kolei 10,6 % podmiotów posiadało formalnie zdefiniowaną politykę bezpieczeństwa ICT, która uwzględniała między innymi zniszczenie lub uszkodzenie danych w wyniku ataku lub innego nieprzewidzianego zdarzenia następujące zagrożenia. W 2010 roku z podpisu elektronicznego korzystało prawie 61% przedsiębiorstw.

## WYNIKI BADAŃ

Materiał empiryczny, zebrany i opublikowany przez GUS posłużył do uszeregowania województw Polski pod względem wykorzystania ICT w przedsiębiorstwach, w 2010 r. W badaniach zastosowano dwa podejścia: hierarchiczne i sieciowe, a uzyskane w wyniku tych działań rankingi porównano i wskazano występujące różnice. Z uwagi na to, że (w badaniu) w poszczególnych województwach brała udział różna liczba podmiotów gospodarczych, zgromadzone dane unormowano do wartości względnych. Działania te miały na celu wprowadzenie porównywalności poszczególnych regionów Polski. Obliczenia wykonano za pomocą programu *Super Decisions*© oraz arkusza kalkulacyjnego Excel.

Proces poszukiwania rozwiązania problemu wielokryterialnego podejmowania decyzji rozpoczęto od zdefiniowania problemu decyzyjnego i określenia celu badania według procedury metody AHP. Zbiór wariantów decyzyjnych zawierał szesnaście elementów ocenianych ze względu na pięć głównych kryteriów, które zawierały podkryteria (rys. 1). Wszystkie kryteria i subkryteria były mierzalne. W kolejnym kroku porównano parami kryteria główne i podkryteria ze względu na cel główny badania, uzyskując macierze porównań parami. W badaniach tych zastosowano dziewięciostopniową skalę Saaty'ego. Stosując metodę Saaty'ego uzyskano wektory skali oraz wartość własną. Wyznaczono także współczynnik zgodności dla porównań kryteriów, w celu sprawdzenia zgodności ocen. Następnie skonstruowano macierz, której kolumny zostały utworzone z wektorów skali dla odpowiednich kryteriów. W wyniku przeprowadzonych działań uzyskano końcowy wektor skali, który posłużył do uporządkowania wariantów decyzyjnych (województw) zestawionych w tabeli 1.

Rysunek 1. Kryteria oceny województw Polski pod względem wykorzystania ICT w przedsiębiorstwach

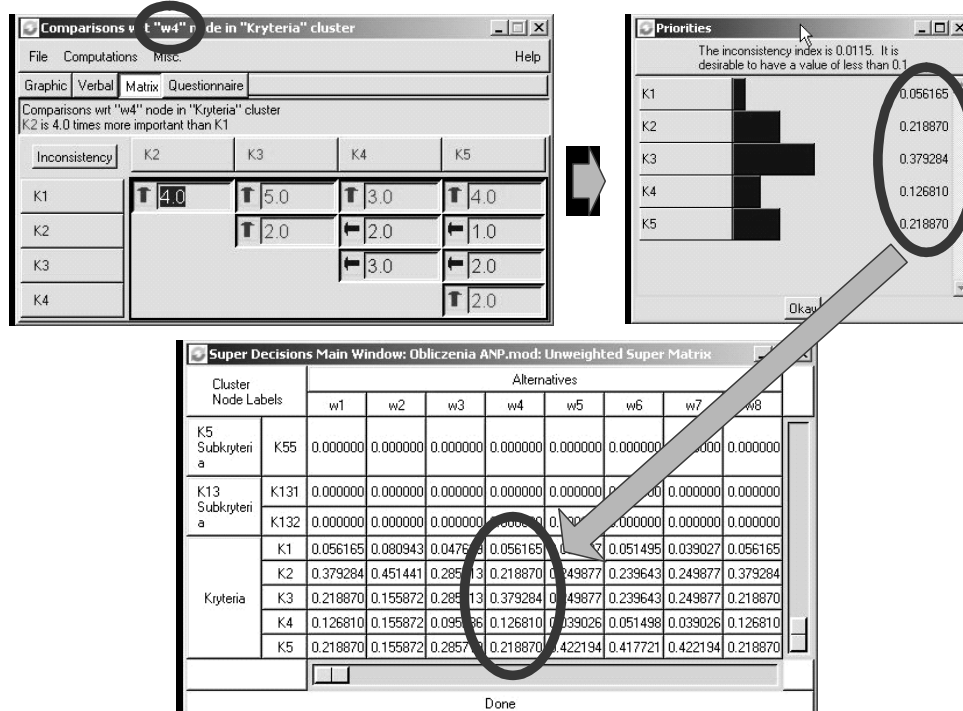
Cel główny: ranking województw Polski pod względem zaawansowania technologii teleinformatycznych (ICT) w przedsiębiorstwach	
Kryteria oceny województw	
<b>K<sub>1</sub></b>	Infrastruktura sprzętowa (ICT) przedsiębiorstwa
K <sub>11</sub>	Wykorzystanie komputerów
K <sub>12</sub>	Korzystanie z sieci LAN
K <sub>13</sub>	Szerokopasmowy dostęp do Internetu
K <sub>131</sub>	Przewodowy dostęp do Internetu
K <sub>132</sub>	Bezprzewodowy dostęp do Internetu
<b>K<sub>2</sub></b>	Funkcje strony internetowej
K <sub>21</sub>	Ochrona danych osobowych lub homologacja bezpieczeństwa
K <sub>22</sub>	Prezentacja katalogów wyrobów lub cenników
K <sub>23</sub>	Zamawianie lub rezerwacja on-line
K <sub>24</sub>	Sprawdzanie stanu realizacji zamówienia on-line
K <sub>25</sub>	Personalizacja zawartości strony dla stałych użytkowników
<b>K<sub>3</sub></b>	Funkcje automatycznej wymiany danych z podmiotami zewnętrznymi
K <sub>31</sub>	Wysyłanie dyspozycji płatniczych do instytucji finansowych
K <sub>32</sub>	Wymiana danych z organami administracji publicznej
K <sub>33</sub>	Automatyczna wymiana faktur elektronicznych (e-faktur)
K <sub>34</sub>	Automatyczna wymiana zamówień
K <sub>35</sub>	Elektroniczne dokumenty transportowe
<b>K<sub>4</sub></b>	Automatyczna wymiana danych wewnątrz przedsiębiorstwa
<b>K<sub>5</sub></b>	Formalnie zdefiniowana polityka bezpieczeństwa przedsiębiorstwa
K <sub>51</sub>	Wykorzystanie podpisu elektronicznego
K <sub>52</sub>	Wykorzystanie protokołu bezpieczeństwa (SSL lub TLS) do przyjmowania zamówień przez Internet
K <sub>53</sub>	Wykorzystanie identyfikacji i autoryzacji użytkownika za pomocą tokenów generujących jednorazowe kody
K <sub>54</sub>	Rejestracja zdarzeń na potrzeby analizy naruszeń bezpieczeństwa
K <sub>55</sub>	Używanie zapasowych kopii danych na wyodrębnionych nośnikach

Źródło: opracowanie własne

Działania mające na celu zastosowanie metody ANP rozpoczęto od zmodyfikowania struktury hierarchicznej do postaci sieciowej. Czynności te polegały na usunięciu celu głównego badania oraz wprowadzeniu zależności pomiędzy wariantami decyzyjnymi a kryteriami głównymi. W kolejnym kroku przeprowadzono obliczenia, które w pierwszych etapach były podobne do procedury postępowania w metodzie AHP. Z uwagi na konstrukcję sieci, a przede wszystkim wprowadzenie nowych zależności wykonano większą liczbę porównań parami. Na rysunku 2 przedstawiono przykładową macierz porównań parami kryteriów głównych dla województwa lubuskiego (w4), wektor skali oraz fragment macierzy nieważonej składającej się z lokalnych priorytetów. W wyniku pomnożenia lokalnych priorytetów

przez wagi ich kontrolnych kryteriów otrzymano ważoną supermacierz. Następnie macierz tą w wyniku potęgowania zamieniono w macierz limitów, złożoną z końcowych wielkości priorytetów dla wszystkich możliwych zależności pomiędzy elementami sieci. Uzyskany ostateczny wektor skali posłużył do uporządkowania wariantów decyzyjnych (rys. 3).

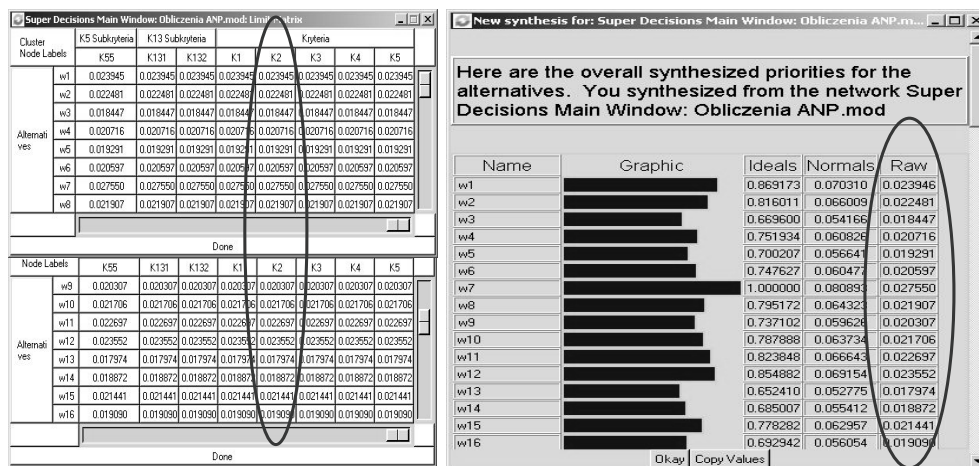
Rysunek 2. Przykład wyznaczenia wektora skali kryteriów głównych względem wariantu 4 (w4) – województwo lubuskie



Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS z wykorzystaniem programu Super Decisions©

W wyniku zastosowanych procedur AHP i ANP przyporządkowano każdemu województwu znormalizowaną ocenę końcową ( $b_i$ ), którą można interpretować jako użyteczność tego wariantu decyzyjnego (tabela 1). Otrzymane wielkości pozwoliły na uszeregowanie województw Polski pod względem wykorzystania technologii ICT w przedsiębiorstwach i wybór lidera w przestrzeni teleinformatycznej.

Rysunek 2. Fragment macierzy limitów i końcowy wektor skali



Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS z wykorzystaniem programu *Super Decisions*©.

Tabela 1. Wyniki uporządkowania województw według stopnia wykorzystania ICT przez przedsiębiorstwa w 2010 r.

METODA AHP			METODA ANP		
Ranking	Nazwa województwa	$b_i$	Ranking	Nazwa województwa	$b_i$
1	Mazowieckie	0,0803	1	Mazowieckie	0,0809
2	Dołnośląskie	0,0698	2	Dołnośląskie	0,0703
3	Śląskie	0,0694	3	Śląskie	0,0692
4	Kujawsko-pomorskie	0,0670	4	Pomorskie	0,0666
5	Pomorskie	0,0652	5	Kujawsko-pomorskie	0,0660
6	Opolskie	0,0645	6	Opolskie	0,0643
7	Lubuskie	0,0633	7	Podlaskie	0,0637
8	Podlaskie	0,0630	8	Wielkopolskie	0,0630
9	Wielkopolskie	0,0627	9	Lubuskie	0,0608
10	Małopolskie	0,0604	10	Małopolskie	0,0605
11	Podkarpackie	0,0579	11	Podkarpackie	0,0596
12	Łódzkie	0,0568	12	Łódzkie	0,0566
13	Warmińsko-mazurskie	0,0568	13	Zachodniopomorskie	0,0561
14	Zachodniopomorskie	0,0557	14	Warmińsko-mazurskie	0,0554
15	Lubelskie	0,0539	15	Lubelskie	0,0542
16	Świętokrzyskie	0,0533	16	Świętokrzyskie	0,0528

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

W tabeli 1, oprócz numeru pozycji w rankingu i końcowego wektora skali, wyróżniono województwa, które różniły się położeniem. Im użyteczność była większa tym wariant decyzyjny zajmował lepszą pozycję. Otrzymane wyniki wskazały na województwo mazowieckie jako lidera w teleinformatyce, w 2010 r. Natomiast na ostatnim miejscu znalazło się województwo świętokrzyskie, którego



użyteczność była najniższa. Uzyskane rezultaty przy zastosowaniu metody AHP i ANP dały pozornie nieco odmienne uporządkowanie województw. Zauważono różnice w położeniu siedmiu obiektów. Przy czym pozycje wariantów decyzyjnych, w dwóch prezentowanych podejściach, nie były zbyt odległe. Powstaje pytanie, który ranking jest bliższy rzeczywistości? Zdaniem autora rezultaty uzyskane za pomocą metody ANP są bardziej wiarygodne ze względu na pełniejsze odwzorowanie problemu decyzyjnego w modelu sieciowym. Należy dodać, że w obydwu ujęciach najwyższym poziomem rozwoju wykorzystania technologii ICT, ze względu na zdefiniowane kryteria, charakteryzowało się województwo mazowieckie, za nim uplasowały się kolejno województwa: dolnośląskie i śląskie. Zdecydowanie najniższym poziomem zaangażowania w teleinformatykę odznaczały się województwa: świętokrzyskie i lubelskie.

Wyniki badań wskazują, że województwa znacznie zaangażowane w teleinformatykę reprezentują firmy (głównie średnie i duże), które charakteryzują się dobrym poziomem nasycenia sprzętem informatycznym i potrafią odpowiednio wykorzystać technologie ICT w procesie zarządzania przedsiębiorstwem. Szczególnie, że różnego rodzaju informacje, którymi dysponuje firma wymagają umiejętnego przekazania i wykorzystania, zwłaszcza w kontaktach z otoczeniem.

## PODSUMOWANIE

Metoda AHP stosowana jest do rozwiązywania problemów decyzyjnych, które można przedstawić w postaci hierarchii. Poziomy uporządkowane są w kierunku malejącej ważności, czyli od celu głównego poprzez kryteria, subkryteria aż do alternatyw decyzyjnych. Natomiast ANP jest skuteczna w przypadku złożonych problemów decyzyjnych, szczególnie takich, które wymagają uwzględnienia wzajemnych zależności i wpływu elementów położonych na wyższych poziomach hierarchii na elementy położone najniżej. W metodzie tej strukturę problemu przedstawia się w postaci sieci stanowiącej system komponentów. Uwzględnia ona występowanie zależności (wzajemnego oddziaływania) pomiędzy grupami elementów i wewnątrz nich oraz możliwość zastosowania sprzężenia zwrotnego.

Metoda AHP posiada nieskomplikowaną strukturę wizualną, której źródło tkwi w prostym rozumowaniu przepływu wpływów. Modele sieciowe są bardziej naturalne i pozwalają na uchwycenie zależności między poszczególnymi elementami modelu (wewnętrznych, zewnętrznych, sprzężeń zwrotnych, cykli). Jednak wymagają wiedzy i doświadczenia, aby można było zaobserwować fakty oraz wzajemne oddziaływania komponentów. Posługiwanie się dostępnym oprogramowaniem sprawia, że budowa supermacierzy w metodzie ANP i przeprowadzenie końcowych badań w celu uzyskania ostatecznej użyteczności przebiega sprawnie. Natomiast sama konstrukcja modelu, porównanie parami komponentów, nadanie im priorytetów jest zadaniem pracochłonnym i wymaga dużego zaangażowania ze strony analityka. W przypadku AHP przeprowadzono 44 porównania parami kryteriów. Natomiast w ANP takich porównań dla każdego województwa byłoby 44,

w sumie 704 – w prezentowanym przykładzie ograniczono się do kryteriów głównych, czyli 160 porównań parami. Propozycją, która przyczyniłaby się do usprawnienia nadawania preferencji, szczególnie w problemach masowych z dużą liczbą wariantów decyzyjnych, jest integracja metody ANP z metodą grupowania (np. ELECTRE TRI). Pozwoliłoby to na uproszczenie (i w pewnym stopniu zautomatyzowanie w systemie informatycznym) procedury wielokrotnego porównywania składowych procesu oceny. Działania decydenta ograniczyłyby się wówczas do określenia relacji między kryteriami dla każdej klasy wariantów decyzyjnych.

## BIBLIOGRAFIA

- Adamus W., Gręda A. (2005) Wspomaganie decyzji wielokryterialnych w rozwiązywaniu wybranych problemów organizacyjnych i menedżerskich, *Badania operacyjne i decyzje*, Nr 2, str. 8-9, 11-12.
- Downarowicz O., Krause J., Sikorski M., Stachowski W. (2000) Zastosowanie metody AHP do oceny i sterowania poziomem bezpieczeństwa złożonego obiektu technicznego, *Wybrane metody ergonomii i nauki o eksploatacji*. Downarowicz O. (red.), Wyd. Politechnika Gdańska, str. 7.
- [http://www.stat.gov.pl/gus/5840\\_wykorzystanie\\_ict\\_PLK\\_HTML.htm](http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm)
- Saaty T. L. (1977) A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology* 15(3), str. 234-281.
- Saaty T. L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill.
- Saaty T. L. (2001) *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburgh.
- Trzaskalik T. (red.) (2006) *Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym*, PWE, Warszawa, str. 66, 69, 70.
- Wykorzystanie technologii informacyjno-(tele)komunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2010 r., GUS. Zasoby Internetu z dnia 27. 04. 2011 r.

### HIERARCHICAL PROCESS VERSUS NETWORK AND ANALYTICAL RANKS PROCESS OF POLISH VOIVODSHIPS IN TERMS OF ICT IMPLEMENTATION

**Abstract:** The article ranks Polish voivodships in terms of utilization of information and telecommunication technologies in enterprises during the year 2010. In the research, there have been used multi-criteria decision support methods: AHP (Analytic Hierarchy Process) and ANP (Analytic Network Process). Results, obtained through the two methods, have been then compared, which gave us a clear picture of differences between approaches applied in the process. The algorithms which have been used, enabled the analysis of voivodships' positions in the ranking with regard to varying advancement of specific areas in the ICT area.

**Key words:** information and telecommunication technologies (ICT), multi-criteria decision methods, analytic hierarchy process, analytic network process