

**Aneta Becker**

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

---

## **KLASYFIKACJA WOJEWÓDZTW POD WZGLĘDEM STOPNIA WYKORZYSTANIA TECHNOLOGII INFORMACYJNO-TELEKOMUNIKACYJNYCH W PRZEDSIĘBIORSTWACH**

---

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wyniki badań klasyfikacyjnych województw Polski pod względem wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach w 2008 r. W badaniach wykorzystano metodę ELECTRE TRI, która jest przykładem wielokryterialnej metody wspomagania decyzji stosowanej do klasyfikacji wariantów decyzyjnych, opartej na relacji przewyższania.

### **1. Wstęp**

Funkcjonowanie przedsiębiorstwa zależy od wielu czynników, które mają wpływ na sposób prowadzenia działalności. Do nich należą m.in. technologie teleinformatyczne, które pozwalają na komunikację z klientami i partnerami biznesowymi. Jest to szczególnie ważne w przypadku podmiotów prowadzących handel elektroniczny, dla których globalna sieć stanowi zasadniczą przestrzeń działania. Zastosowanie technologii teleinformatycznych oraz nadejście ery Internetu sprawiło, że w zasięgu przedsiębiorstw znalazły się narzędzia o wielkiej sile oddziaływania. Technologie te wywarły znaczny wpływ na kształtowanie się gospodarki. Wywołały głębokie zmiany w wewnętrznym funkcjonowaniu firm, w ich organizacji pracy i wymogach dotyczących kwalifikacji pracowniczych oraz w stosunkach łączących przedsiębiorstwa i partnerów w interesach. Postępujący rozwój technologii internetowych oraz wzrost liczby firm i osób prywatnych korzystających z możliwości, jakie daje dostęp do sieci, powodują, że coraz więcej podmiotów jest zmuszonych do zmiany swojego modelu biznesu.

Współcześnie standardem jest biznes oparty na korzystaniu z Internetu. Poziom wyposażenia w nowoczesne technologie w poszczególnych branżach polskiej gospodarki można scharakteryzować za pomocą np. metody klasyfikacji rankingowej ELECTRE TRI opartej na modelu preferencji w postaci relacji przewyższania. Przyjęty do badań model preferencji może mieć różną postać, która odzwierciedla potrzeby decydentów najwyższych szczebli zarządzania (menedżerów, polityków) z punktu widzenia ekonomii, ekologii, technologii, organizacji itd.

Celem artykułu jest klasyfikacja województw Polski pod względem wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych (ICT – *Information and Communication Technology*) w przedsiębiorstwach w 2008 r. W badaniach klasyfikacyjnych wykorzystano metodę wielokryterialnego wspomaganie decyzji ELECTRE TRI.

Pojęcie technologii informacyjnych i komunikacyjnych, zwanych technologiami informacyjno-telekomunikacyjnymi, teleinformatycznymi lub technikami informacyjnymi, Główny Urząd Statystyczny (GUS) odnosi do rodziny technologii, które przetwarzają, gromadzą i przesyłają informacje w formie elektronicznej [*Społeczeństwo...* 2008, s. 7].

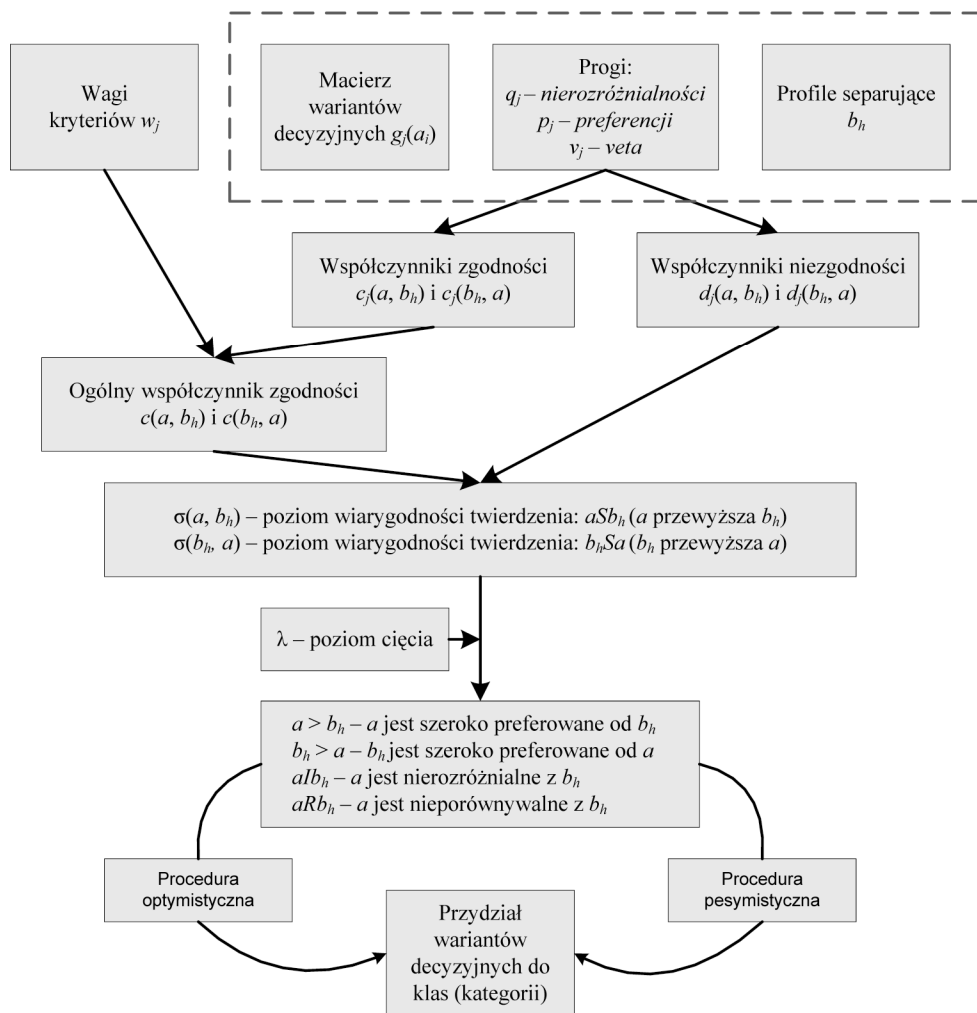
## 2. Podstawy metodyczne klasyfikacji

W ciągu ostatnich 30 lat pojawiły się w nauce o podejmowaniu decyzji nurty tworzące europejską (francuską) szkołę podejmowania decyzji, której prekursorem jest prof. Bernard Roy [Dias, Mousseau 2003, s. 286]. Badania prowadzone przez uczonych tej szkoły doprowadziły do opracowania nowej metodologii podejmowania decyzji oraz skonstruowania wielu metod wielokryterialnych (np. grupy metod ELECTRE) znajdujących szerokie zastosowanie w różnorodnych problemach decyzyjnych, np. wyboru, porządkowania (rankingowania) i klasyfikacji (sortowania) [Merad i in. 2004, s. 167].

Rodzina metod ELECTRE opiera się na relacji przewyższania  $S$ , binarnej relacji, która mówi, że wariant  $a$  przewyższa wariant  $b$  ( $aSb$ ), jeżeli ze względu na dostępne informacje dotyczące preferencji decydenta istnieją wyraźne przesłanki, żeby stwierdzić, iż wariant  $a$  jest co najmniej tak dobry jak wariant  $b$  i nie istnieją żadne istotne powody, aby stwierdzenie to odrzucić [Roy 1991; La Gauffre i in. 2007, s. 479; Roy, Słowiński 2008, s.185; Figueira, Greco, Roy 2009, s. 481].

Metoda ELECTRE TRI jest metodą wspomaganie decyzji, którą można stosować w problemach klasyfikacji [Doumpos, Zopounidis 2002, s. 568; La Gauffre i in. 2007, s. 479]. Główną ideą tej metody są tzw. profile separujące od siebie klasy. Każdy wariant decyzyjny (obiekt) można opisać ze względu na jego wartości na kryteriach (cechach). Danymi wejściowymi w metodzie ELECTRE TRI są wagi kryteriów oraz progi: nierozróżnialności, preferencji i weta. Należy również podać liczbę klas i określić ich granice, czyli profile separujące. Działanie procedury obliczeniowej opiera się na wykonywaniu szeregu testów (zgodności i niezgodności) [La Gauffre i in. 2007, s. 488; Roy, Słowiński 2008, s. 186-187]. W metodzie tej porównuje się każdy wariant decyzyjny ze wszystkimi profilami separującymi klasy. Następnie otrzymuje się wiele hipotez, które mówią, czy wariant przewyższa dane progi czy też nie. Z testów mogą wyłonić się cztery sytuacje: wariant jest preferowany nad profil, wariant jest gorszy od profilu, wariant jest nierozróżnialny z profilem lub wariant jest nieporównywalny z profilem

[Doumpos, Zopounidis 2002, s. 570-571; Dias, Mousseau 2003, s. 286-287; Merad i in. 2004, s. 172-173]. Poszczególne czynności wykonywane w metodzie ELECTRE TRI prezentuje rys. 1.



**Rys. 1.** Schemat postępowania w metodzie ELECTRE TRI

Źródło: opracowanie własne na podstawie [La Gauffre i in. 2007, s. 481].

Gdy mamy dany skończony zbiór wariantów decyzyjnych  $A$  i spójną rodzinę kryteriów  $g_1, g_2, \dots, g_m$  ( $F = \{1, 2, \dots, m\}$ ) oraz zbiór  $B$  profili separujących klasy, sprawdzenie twierdzenia, że  $aSb_h$  (lub  $b_hSa$ ), wymaga spełnienia dwóch warunków. Po pierwsze zgodności dla relacji przewyższania  $aSb_h$  (lub  $b_hSa$ ). Test zgodności polega na badaniu siły koalicji kryteriów (tzw. koalicji zgodnej), które

przemawiają za tym, że  $aSb_h$ . Większość kryteriów powinna popierać tę tezę. Drugim warunkiem, który powinien zostać spełniony, jest występowanie słabej niezgodności lub jej brak. Podczas weryfikowania tego wymogu żadne z kryteriów nie powinno sprzeciwiać się zbyt mocno twierdzeniu, że  $aSb_h$  (lub  $b_hSa$ ). W teście niezgodności bada się, czy poza koalicją zgodną istnieje kryterium, dla którego przewaga  $b_h$  nad  $a$  jest tak duża, że przeciwstawia się hipotezie dotyczącej przewyższania  $aSb_h$ .

Twierdzenie dotyczące przewyższania  $aSb_h$  uważa się za wiarygodne, jeśli współczynnik  $\sigma$  (tzw. stopień wiarygodności)  $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ . Przy czym  $\lambda$  jest to wcześniej określony poziom cięcia (próg odcięcia), który przyjmuje wartości z przedziału  $[0,5; 1]$ . Przewyższanie w stopniu 1 jest w pełni poparte przez wszystkie kryteria.

Porównanie  $\sigma$  i  $\lambda$  ujawnia występowanie czterech sytuacji, które zachodzą pomiędzy wariantami decyzyjnymi i profilami separującymi klasy. Na podstawie znajomości tych relacji następuje przydział obiektów do klas według procedur: optymistycznej i pesymistycznej.

W zagadnieniach klasyfikacyjnych, dla których zadedykowano metodę ELECTRE TRI, relacja przewyższania używana jest do szacowania stopnia przewyższania wariantów decyzyjnych  $a$  (obiektów) nad profile separujące od siebie klasy. Przydział obiektów do klas następuje według dwóch komplementarnych procedur: optymistycznej i pesymistycznej. Obie procedury dokonują klasyfikacji na podstawie znajomości relacji przewyższania  $S$  dla każdej uporządkowanej pary  $(a, b_h)$ , gdzie:  $a$  ( $a_1, a_2, \dots, a_n$ ) jest wariantem decyzyjnym, a  $b_h$  profilem będącym górną granicą klasy  $C_h$  i dolną granicą  $C_{h+1}$ ,  $h = 1, 2, \dots, p$ .

Procedura optymistyczna polega na porównaniu wariantu  $a$  kolejno z profilami  $b_h$  ( $h = 1, 2, \dots, p-1, p$ ), rozpoczynając od profilu najniższego ( $b_1$ ). Jeśli  $b_h$  jest pierwszym napotkanym profilem takim, że  $b_hPa$  ( $b_h$  jest szeroko preferowane nad  $a$ ), to  $a$  zostaje przydzielone do klasy  $C_h$ . Z kolei w procedurze pesymistycznej następuje porównanie  $a$  kolejno z profilami  $b_h$  ( $h = p, p-1, \dots, 1, 0$ ), począwszy od profilu najwyższego ( $b_p$ ). Jeśli  $b_h$  jest pierwszym napotkanym profilem takim, że  $aSb_h$ , to  $a$  zostaje przydzielone do klasy  $C_{h+1}$  ( $h = 1, 2, \dots, p$ ) [La Gauffre i in. 2007, s. 488; Doumpou, Zopounidis 2002, s. 571].

### 3. Charakterystyka materiału empirycznego

W 2008 r. GUS przeprowadził badanie wykorzystania ICT w przedsiębiorstwach na reprezentatywnej próbie 14 117 podmiotów, w których liczba pracujących wynosiła co najmniej 10 osób, a prowadzona działalność gospodarcza zaklasyfikowa-

na została według Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD) do następujących sekcji: D (przetwórstwo przemysłowe), F (budownictwo), G (handel i naprawy), H (hotele i restauracje), I (transport, magazynowanie i łączność), K (obsługa nieruchomości, informatyka, nauka), O (działalność filmowa, radiowa i telewizyjna) [Społeczeństwo... 2008]. Materiał ten, opublikowany na stronie internetowej GUS [Wykorzystanie technologii... 2008], posłużył do klasyfikacji województw Polski pod względem wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach.

Uzyskane przez GUS informacje wskazują, że 95% firm, które brały udział w badaniu, używało komputerów, z których korzystało przynajmniej raz w tygodniu 36% ich pracowników. Komputery z dostępem do Internetu wykorzystywane były przez 93% przedsiębiorstw oraz 28% pracujących. W lokalną sieć komputerową LAN wyposażonych było 58% firm, a co piąte przedsiębiorstwo miało LAN bezprzewodowy. W 2008 r. co drugie przebadane przedsiębiorstwo używało systemów ERP (*Enterprise Resource Planning* – system informatyczny do planowania zasobów przedsiębiorstwa). Z kolei oprogramowanie CRM (*Customer Relationship Management*), które służy do zbierania, łączenia, przetwarzania i analizowania informacji o klientach i może mieć charakter operacyjny i analityczny, w pierwszym ujęciu było używane przez 19% firm, natomiast w drugim przez 12% podmiotów gospodarczych. Prawie co piąta firma korzystała z bezpłatnego oprogramowania, a prawie 60% miało szerokopasmowy dostęp do Internetu. Popularne stało się stosowanie faktur elektronicznych (e-faktury). Wśród badanych firm 10% otrzymywało faktury elektroniczne, a 5% je wysyłało. Zdaniem GUS przedsiębiorstwa odnotowują korzyści ze stosowania technologii informatycznych w takich obszarach działalności, jak: reorganizacja i upowszechnianie rutynowych czynności (20%), uwolnienie zasobów (11%), zwiększenie dochodów (10%), rozwój nowych produktów i usług (10%).

Wstępnie do badań klasyfikacyjnych zakwalifikowano kilkadziesiąt cech. Zgodnie z twierdzeniem, że warunkiem uznania różnych wielkości za cechy diagnostyczne jest ich dostatecznie duża zmienność [Dziechciarz 2003, s. 30], z ustalonego zbioru wyeliminowano cechy, które uznano za mało zróżnicowane (niewnoszące istotnych informacji). Przyjęto wartość krytyczną  $v^* = 0,1$ . Po czym zastosowano metodę parametryczną Z. Hellwiga [Nowak 1990, s. 29], która służy do klasyfikacji oraz doboru cech diagnostycznych. Użycie metody Hellwiga pozwoliło na wyłonienie następującego ośmioelementowego zbioru kryteriów, który obejmował odsetek przedsiębiorstw:

- $X_1$  – korzystających z intranetu w celu rozpowszechniania informacji dotyczących ogólnej polityki i strategii przedsiębiorstw,
- $X_2$  – mających aplikację dotyczącą spraw kadrowych,
- $X_3$  – mających własną stronę internetową, która umożliwia dokonywanie zamówień według własnej specyfikacji,
- $X_4$  – mających własną stronę internetową, która umożliwia dokonywanie płatności *on-line*,

- $X_5$  – mających własną stronę internetową, która umożliwia personalizację zawartości strony dla stałych użytkowników,
- $X_6$  – korzystających z automatycznej wymiany danych z podmiotami zewnętrznymi w celu otrzymywania zamówień od odbiorców,
- $X_7$  – korzystających z automatycznej wymiany danych z podmiotami zewnętrznymi w celu wysyłania lub otrzymywania informacji o produktach,
- $X_8$  – korzystających z automatycznej wymiany danych z podmiotami zewnętrznymi, spełniających normę EDIFACT.

Wyłonione cechy były podstawą klasyfikacji województw Polski pod względem wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach w 2008 r.

#### 4. Wyniki badań

W badaniach klasyfikacyjnych polskich województw pod względem wykorzystania ICT w przedsiębiorstwach zastosowano program komputerowy ELECTRE TRI 2.0a. Za podział wynikowy uznano grupowanie na 3 skupienia. Numeracja grup związana była z hierarchią ważności skupień, czyli do skupienia pierwszego zaklasyfikowano województwa, w których wykorzystanie technologii teleinformatycznych było na najniższym poziomie, drugiej – województwa przeciętne, natomiast klasę trzecią reprezentowały obiekty charakteryzujące się najwyższym poziomem analizowanego zjawiska. Ze względu na liczbę klas ( $k = 3$ ) dla rozpatrywanego problemu decyzyjnego zdefiniowano dwa profile określające granice klas. Dla każdego z tych profili podano wartości progów: nierozróżnialności, preferencji i weta na każdym z kryteriów. Przyjęto także następujące wartości wag dla poszczególnych kryteriów:  $w_1 = 4$ ,  $w_2 = 2$ ,  $w_3 = 5$ ,  $w_4 = 7$ ,  $w_5 = 6$ ,  $w_6 = 6$ ,  $w_7 = 5$ ,  $w_8 = 7$ . Najniższą wagę nadano kryterium drugiemu ze względu na powszechność stosowania informatycznych systemów kadrowych w firmie. Natomiast kryteriom, które świadczyły o wysokim stopniu zaawansowania technologicznego w e-biznesie, przypisano najwyższe wagi. Uznano, że przewyższanie jest wiarygodne, gdy współczynnik wiarygodności  $\sigma$  przekracza poziom cięcia  $\lambda = 0,75$ .

Przydział poszczególnych obiektów do klas uzyskano w wyniku zastosowania dwóch typów procedur: optymistycznej i pesymistycznej. Zestawienie otrzymanych skupień zawiera tab. 1. Zaprezentowane w artykule wyniki są przykładowym rozwiązaniem spośród wielu uzyskanych podziałów. Stosowanie omawianej metody wymagało przeprowadzenia wielu eksperymentów z różnymi profilami separującymi klasy, wartościami progów: nierozróżnialności, preferencji i weta oraz odmiennym poziomem  $\lambda$ .

Analizując wyniki zastosowania procedury optymistycznej, stwierdzono, że województwa zostały rozdzielone pomiędzy dwie klasy. Przy czym większość obiektów została zaklasyfikowana do grupy drugiej (przeciętnej), natomiast w grupie trzeciej (najlepszej) znalazło się sześć województw. Z kolei rozpatrując rezulta-

**Tabela 1.** Wyniki klasyfikacji województw według stopnia wykorzystania technologii teledinformatycznych uzyskane metodą ELECTRE TRI

Procedura optymistyczna			Procedura pesymistyczna		
klasa 1	klasa 2	klasa 3	klasa 1	klasa 2	klasa 3
	dolnośląskie	kujawsko-pomorskie	dolnośląskie	kujawsko-pomorskie	mazowieckie
	lubelskie	łódzkie	lubelskie	podkarpackie	
	lubuskie	małopolskie	lubuskie	podlaskie	
	opolskie	mazowieckie	łódzkie	pomorskie	
	podlaskie	podkarpackie	małopolskie	śląskie	
	pomorskie	zachodniopomorskie	opolskie	świętokrzyskie	
	śląskie		warmińsko- -mazurskie	zachodniopomorskie	
	świętokrzyskie		wielkopolskie		
	warmińsko- -mazurskie				
	wielkopolskie				

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS [*Wykorzystanie technologii...* 2008].

ty uzyskane w wyniku zastosowania podejścia pesymistycznego, które jest podejściem bardziej rygorystycznym, można zauważyć, że zbiór obiektów został rozdzielony pomiędzy trzy klasy. Najwięcej województw zaklasyfikowano do grupy najsłabszej, czyli pierwszej, siedem obiektów zawierała klasa druga, natomiast w klasie trzeciej znalazło się tylko jedno województwo. Porównując wyniki uzyskane w konsekwencji zastosowania dwóch różnych procedur rozdziału obiektów do grup, można stwierdzić, że struktura poszczególnych klas jest zdecydowanie odmienna. Podejście optymistyczne proponowało zaklasyfikowanie województw tylko do dwóch lepszych klas, pomijając klasę najniższą. Natomiast podejście pesymistyczne najwięcej obiektów umieściło w klasie pierwszej, w tym dwa województwa: łódzkie i małopolskie, które w poprzednim ujęciu znajdowały się w skupieniu trzecim. Na zaklasyfikowanie województw łódzkiego i małopolskiego do skrajnych klas miało wpływ położenie wartości kryteriów i przyjęte wartości współczynników wagowych. W badaniu kontrolnym, przy założeniu zachowania równości wag dla poszczególnych kryteriów ( $w_j=1$ ), oceny pesymistyczne i optymistyczne dla obu województw znalazły się w sąsiednich klasach (łódzkie – klasy 1 i 2; małopolskie – klasy 2 i 3).

W ujęciu zarówno pesymistycznym, jak i optymistycznym występują obiekty, które można określić mianem stabilnych, czyli zdecydowanie przynależnych do swoich grup, niezależnie od zastosowanej procedury. Wśród nich znajdują się województwa: mazowieckie (klasa 3), podlaskie, pomorskie, śląskie, świętokrzyskie (klasa 2). Decydent ma możliwość wyboru pomiędzy podejściem pesymistycznym a optymistycznym, które mają charakter uzupełniający, wszystko zależy od jego preferencji.

## 5. Podsumowanie

Metoda ELECTRE TRI służy do podziału zbioru wariantów decyzyjnych na podzbiory (klasy), przy czym zakłada się, że klasy są porównywalne w sensie preferencji, tzn. można porównać każde dwie klasy i stwierdzić, że jedna klasa jest lepsza od drugiej lub odwrotnie. Zastosowanie metody ELECTRE TRI wymaga od analityka dużej wiedzy odnośnie do badanego problemu decyzyjnego. Dotyczy to m.in.: określenia profili separujących klasy, nadania wag kryteriom oraz wyznaczenia progów. Wiedza ta ma wpływ na kształtowanie się końcowych wyników klasyfikacji. Metoda ELECTRE TRI może służyć do celów poznawczych jako narzędzie badania złożonej oceny rzeczywistości społeczno-gospodarczej, która uwzględnia trudne analityczne problemy.

Przed przystąpieniem do zasadniczych badań klasyfikacyjnych wiele uwagi poświęcono na przygotowanie całego modelu. Zastosowanie metody ELECTRE TRI pozwoliło spojrzeć na zaangażowanie przedsiębiorstw w technologie ICT z subiektywnego punktu widzenia. Posługiwanie się tą metodą jest zdeterminowane preferencjami decydenta, znajomością problematyki i ustawieniami parametrów wstępnych badania. Do decydenta należy też wybór końcowego rozwiązania spośród rezultatów otrzymanych w wyniku zastosowania procedur: optymistycznej i pesymistycznej.

## Literatura

- Dias L., Mousseau V., *IRIS: A DSS for multiple criteria sorting problems*, „Journal of Multi-Criteria Decision Analysis” 2003 no 12.
- Doumpos M., Zopounidis C., *Multi-criteria classification methods in financial and banking decision*, „International Transactions in Operational Research” 2002 no 9.
- Dziechciarz J. (red.), *Ekonometria. Metody, przykłady, zadania*, AE, Wrocław 2003.
- Figueira J.R., Greco S., Roy B., *ELECTRE methods with interaction between criteria: An extension of the concordance index*, „European Journal of Operational Research” 2009 no 199.
- [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcrgus/PUBL\\_NTS\\_wykorzystanie\\_tech\\_infor-telekom\\_2008.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcrgus/PUBL_NTS_wykorzystanie_tech_infor-telekom_2008.pdf).
- La Gauffre P., Haidar H., Poinard D., Laffréchine K., Baur R., Schiatti M., *A multicriteria decision support methodology for annual rehabilitation programs for water networks*, „Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering” 2007 no 22.
- Merad M.M., Verdel T., Roy B., Kouniali S., *Use of multi-criteria decision-aids for risk zoning and management of large area subjected to mining-induced hazards*, „Tunnelling and Underground Space Technology” 2004 no 19.
- Nowak E., *Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych*, PWE, Warszawa 1990.
- Roy B., Słowiński R., *Handing effects of reinforced preference and counter-veto in credibility of outranking*, „European Journal of Operational Research” 2008 no 188.
- Roy B., *The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods*, „Theory and Decision” 1991 31 (1).



*Spółeczeństwo informacyjne w Polsce. Wyniki badań statystycznych z lat 2004-2006*, GUS, Warszawa 2008.

*Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach, gospodarstwach domowych i przez osoby prywatne w 2008 r.*, GUS.

## **THE CLASSIFICATION OF VOIVODSHIPS ACCORDING TO THE LEVEL OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY USE IN ENTERPRISES**

**Summary:** In the article, the results of classification research of Polish voivodships according to the level of information and telecommunication technology use in enterprises in 2008 were presented. In the studies, ELECTRE TRI method was used that is an example of multicriteria method that supports decisions used in classification of decision variants and which is based on the exceeding relation.