

EWA NOWAK

Akademia Świętokrzyska w Kielcach

ANALIZA DECYZYJNA I JEJ ZASTOSOWANIE W OKREŚLENIU PRIORYTETÓW ROZWOJU REGIONÓW

Abstract: Decision Analysis and its Application in Determining Development Priorities of Regions. In decision analysis, use was made of a multicriteria method of evaluating the development level of regions known as PROMETHEE (Preference Ranking Organisation Methods of Enrichment Evaluations). The method yields a variety of classifications depending on the weights assigned to the evaluation criteria.

Wstęp

W prezentowanej analizie decyzyjnej dokonuje się porównania klasyfikacji regionów według poziomu rozwoju z zastosowaniem różnych priorytetów rozwoju. Postępowanie badawcze poprzedzone jest wyborem cech określających poziom rozwoju regionów.

Dla przeprowadzenia oceny regionów przyjęto metodę PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHODS of ENRICHMENT EVALUATIONS) (Brans, Mareschal 1990, 1994; Brans i in. 1986; Kasprzak 1992, 1996; Lasek 1996; Nowak 2004). Metoda ta należy do metod analizy wielokryterialnej, umożliwia ocenę i klasyfikację województw ze względu na ich potencjał społeczno-gospodarczy oraz umożliwia wybór drogi postępowania uwzględniającej priorytety rozwoju.

Ocena poziomu rozwoju regionów odbywa się w warunkach niepewności. W tym przypadku przez niepewność rozumie się brak możliwości obiektywnego wyznaczenia zbioru cech dla oceny poziomu rozwoju, a także precyzyjnego określenia wagi tych cech. Takie elementy i aspekty niepewności w zagadnieniach analizy decyzyjnej mogą być ujęte za pomocą aparatu pojęciowego i matematycznego modelowania preferencji.

1. Sformułowanie zadania oceny

Do oceny województwa $r_i \in R$, gdzie r_i – oznacza i -te województwo, a R jest zbiorem województw, przeprowadzamy porównanie parami wszystkich województw z analizowanego zbioru R ze względu na każde kryterium oceny¹.

Poszczególnym kryteriom oceny przypisujemy wagi, jako miary względnej ważności kryteriów, takie że $w_j \geq 0$ i $\sum_{j=1}^k w_j = 1$, gdzie w_j oznacza

wagę przypisaną j -temu kryterium i $j = 1, 2, \dots, p$, a p jest liczbą rozpatrywanych kryteriów oceny województw w świetle przyjętych cech. Przedstawiony powyżej lub podobny sposób „ważenia” kryteriów jest stosowany w wielu dziedzinach.

Jeżeli uznamy, że wszystkie kryteria oceny poziomu rozwoju województw są jednakowo ważne – np. poziom zurbanizowania, przedsiębiorczości, nakłady inwestycyjne, to wagi dla tych kryteriów przyjmują jednakowe wartości. Będzie to oczywiście szczególnie przypadek ogólnej zasady przypisywania wag.

W przypadku przypisywania wag kryteriom istotny jest konkretny podmiot decyzyjny, który przypisuje wagi, np. samorząd województw, któremu zależy na pozyskiwaniu inwestorów i podniesieniu jakości życia mieszkańców, czy też inwestor, kierujący się najczęściej tylko chęcią dużego zysku.

Porównując województwa pod względem poszczególnych kryteriów trudno zwykle określić, jaka różnica w wielkościach oceny staje się już tak istotna, aby przesądzić o przewadze jednego województwa nad innym. Przykładowo, jeżeli rozpatrzmy cechę „poziom zurbanizowania”, to trudno jest orzec, które z województw: mazowieckie mające 64,65% ludności miejskiej, czy łódzkie, które ma 64,97% jest atrakcyjniejsze dla inwestora. Nie będzie takich wątpliwości w przypadku porównania woj. śląskiego (79,08% ludności mieszka w miastach) z woj. świętokrzyskim (45,88%). Zgodnie z założeniami metody PROMETHEE, przy ocenianiu, podmioty decyzyjne wyrażają swoje preferencje (priorytety), tak że można je ująć za pomocą pewnych funkcji², które nazwano funkcjami kryterialnymi oceny preferencji

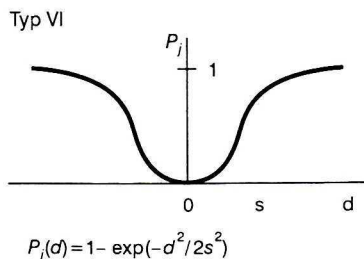
¹ Kryterium oznacza „miernik służący za podstawę ocen”. W tym kontekście kryterium powinno umożliwić przede wszystkim ocenę preferencji w związku z decyzją.

² Funkcja kryterialna oznacza zwykle funkcję przyjmującą wartości rzeczywiste, zdefiniowaną na zbiorze X , która bezpośrednio odzwierciedla cenność lub wartość elementów X zgodnie z pewnym celem. Funkcja kryterialna często reprezentuje wartości subiektywne, w bardziej lub mniej arbitralnej skali.

(Brans i in. 1986; Vincke 1992; Lasek 1996). W naszym przypadku takimi funkcjami kryterialnymi oceny preferencji będą funkcje pozwalające wyrazić „intensywność”, z jaką podmiot decyzyjny preferuje województwo, założymy r_1 w porównaniu do województwa r_2 , ze względu na dane kryterium. Ta „intensywność” preferencji zależy od różnicy ocen między województwami ze względu na badane kryterium oceny.

Mogą być stosowane funkcje kryterialne oceny preferencji o różnych postaciach (Brans i in.1986; Kasprzak 2002). W sytuacji najprostszej (klasycznej w teorii decyzji), gdy orzeka się tylko dwie możliwości, mianowicie: zupełną, mocną preferencję lub indyferencję, czyli obojętność, brak preferencji – stosuje się modele dyskretne, w których zakłada się, że o preferencji lub indyferencji decydują pewne wartości progowe różnic ocen między analizowanymi wariantami. W sytuacji pozwalającej ujawnić preferencje w postaci określonej wielkości (siły) preferencji, zmieniającej się w sposób ciągły wraz ze zmianami różnic ocen między analizowanymi wariantami – stosuje się model ciągły, typ VI funkcji (Lasek 1996, s. 40) (ryc. 1).

Na ryc. 1 wielkość d , umieszczona na osi poziomej oznacza różnice w ocenach ze względu na badane kryterium. Wielkość P_j (oś pionowa) wskazuje na intensywność preferencji, a wielkość s (uśredniona wartość średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego) dla każdej cechy jest parametrem funkcji (wprowadza użytkownik metody), i które mają wpływ na kształt funkcji, a więc intensywność preferencji (Lasek1996; Nowak i in. 2003). Przy tak przyjętych założeniach, jeżeli różnica w ocenach, ze względu na badane kryterium, tj. wielkości d , są mniejsze od s , intensywność preferencji wzrasta wraz ze wzrostem różnic w ocenach d . Dla różnic w ocenach większych od s , tj. wielkościach d , przekraczających s , odczytywana jest zupełna preferencja. Jest



Ryc. 1. Model „ciągły” analizy preferencji

Źródło: Brans, Mareschal (1990, 1994).

to zgodne z zachowaniem się ludzi, którzy są skłonni zdecydowanie przedkładać jedną opcję nad inną, jeżeli różnica ich ocen jest dostatecznie duża, natomiast przy mniejszych różnicach ocen przyjmować natężenie preferencji rosnące proporcjonalnie do różnicy ocen.

Wyznaczone, na podstawie funkcji kryterialnych preferencji, wielkości intensywności preferencji (siły preferencji) dla poszczególnych województw pozwalają na skonstruowanie grafów³ uporządkowania województw, umożliwiających ich analizę z punktu widzenia uwzględnianych cech. Będą to tzw.: graf przewyższania (ang. *outranking graph*), graf porządku częściowego (ang. *partial ranking graph*) oraz graf porządku zupełnego (ang. *complete ranking graph*). Wierzchołkami tych grafów są analizowane województwa.

Dla każdej pary województw r_1, r_2 , obliczany jest indeks preferencji π .

$$\pi(r_1, r_2) = \sum_{j=1}^k w_j P_j(r_1, r_2); \quad \sum_{j=1}^k w_j = 1,$$

gdzie $w_j, j = 1, 2, \dots, k$ są standaryzowanymi wagami analizowanych kryteriów, P_j oznacza intensywność preferencji dla r_1 w porównaniu do r_2 ze względu na j -te kryterium, a k jest liczbą wszystkich analizowanych kryteriów. Analogicznie do indeksu preferencji $\pi(r_1, r_2)$, obliczany jest indeks preferencji r_2 w stosunku do r_1 : $\pi(r_2, r_1)$. Obliczamy dwa indeksy preferencji, ponieważ ze względu na pewne kryteria r_1 ma „przewagę” nad r_2 , podczas gdy ze względu na inne kryteria r_2 może mieć „przewagę” nad r_1 . Na podstawie wielkości indeksów preferencji $\pi(r_1, r_2)$ i $\pi(r_2, r_1)$, obliczonych dla każdej pary województw konstruujemy graf przewyższania. W grafie tym węzłami są województwa, a łukami wielkości indeksów preferencji.

Na podstawie wielkości indeksów preferencji π dla każdego województwa, założmy r_1 , możemy obliczyć indeks $\phi^+(r_1)$, zwany „dodatnim przepływem przewyższania” (ang. *leaving flow* lub *positive outranking flow*), wyrażający stopień, w jakim województwo „przewyższa” wszystkie pozostałe (jest bardziej preferowany niż pozostałe), z uwzględnieniem wszystkich analizowanych kryteriów. Indeks ten jest obliczany jako

³ Matematycznym narzędziem modelowania i wyboru są grafy. Dany zbiór województw tworzy zbiór wierzchołków grafu. W wyniku porównań między województwami otrzymujemy graf porządkujący zbiór województw. Pary wierzchołków są uporządkowane tak, jak na to wskazuje kierunek strzałki umieszczonej na łuku. Mówimy o grafach porządkowych, jeżeli spełniają takie warunki, jak przechodność, antysymetria i spójność.

suma wszystkich wartości π , wielkości preferencji dla r_1 , obliczonych przy porównywaniu województwa r_1 z wszystkimi innymi województwami, uśredniony liczbą analizowanych województw. Możemy także obliczyć indeks $\phi^-(r_1)$, zwany „ujemnym przepływem przewyższania” (ang. *entering flow* lub *negative outranking flow*), który pozwoli z kolei wyrazić stopień, w jakim województwo, założmy nadal r_1 , jest „przewyższane” przez wszystkie pozostałe województwa (jest mniej preferowane niż inne województwa). Indeks ten jest sumą wszystkich π , obliczonych dla wszystkich województw, wyrażających ich przewagę nad r_1 i uśredniony liczbą analizowanych województw. Ten indeks wyraża więc na ile inne województwa są bardziej preferowane w stosunku do r_1 lub inaczej, na ile r_1 jest mniej preferowane, jeżeli weźmiemy pod uwagę wszystkie rozpatrywane kryteria.

Biorąc pod uwagę wartości ϕ^+ i ϕ^- dla danego województwa i porównując je z wartościami ϕ^+ i ϕ^- dla innego województwa możemy mieć do czynienia z różnymi sytuacjami:

- województwo, które ma wyższy wskaźnik ϕ^+ i niższy wskaźnik ϕ^- , co wskazuje, że oba wskaźniki potwierdzają jego przewagę, możemy stwierdzić, że jest on „bardziej preferowany” lub „przewyższa” województwo, z którym jest porównywany;
- oba wskaźniki ϕ^+ i ϕ^- są dla województw jednakowe, co wskazuje na relację indyferencji między nimi;
- wartości ϕ^+ i ϕ^- nie prowadzą do jednoznacznego wniosku, które województwo jest bardziej preferowane: to samo województwo może mieć wyższe ϕ^+ i wyższe ϕ^- ; sugeruje to nieporównywalność; może zachodzić przypadek, że jedno województwo jest wysoko oceniane ze względu na kryteria, pod względem których porównywane z nim województwo jest nisko cenione, i odwrotnie drugie województwo jest wysoko oceniane ze względu na kryteria, pod względem których pierwsze ma niskie oceny. Relacje między województwami, wynikające z różnych wartości ϕ^+ i ϕ^- , można zilustrować za pomocą tzw. grafu porządku częściowego, uwzględniającego relacje przewyższania, indyferencji i nieporównywalności.

Relacja preferencji porządku zupełnego i będący jej ilustracją graf relacji preferencji porządku zupełnego są tworzone na podstawie wielkości, zwanych przepływami przewyższania netto (ang. *net outranking flows*) ϕ i obliczanymi jako różnica między ϕ^+ i ϕ^- dla każdego analizowanego województwa. Jeżeli założymy, że r_1 jest dowolnym województwem należącym do analizowanego zbioru, to: $\phi(r_1) = \phi^+(r_1) - \phi^-(r_1)$ i określa o ile „zalety” województwa, mierzone wielkością ϕ^+ (gdy

$\phi^+(r_1) > 0$) przewyższają lub ustępują przed jego „wadami”, mierzonymi wielkością ϕ^- (wówczas $\phi(r_1) < 0$). Im większe ϕ , tym większy potencjał województwa. Jeżeli ϕ dla jednego województwa jest większe niż ϕ dla innego województwa, oznacza to preferencję (przewyższanie) tego pierwszego nad drugim. Jeżeli ϕ wyliczone dla dwóch województw jest równe, oznacza to indyferencję. W odróżnieniu od relacji preferencji porządku częściowego i grafu relacji preferencji porządku zupełnego nie rozpatruje się nieporównywalności. Są tu tylko dwie relacje, tj. preferencja (przewyższanie) i indyferencja w relacji preferencji porządku zupełnego i grafu relacji preferencji porządku zupełnego. Taką strukturę nazywamy porządkiem zupełnym.

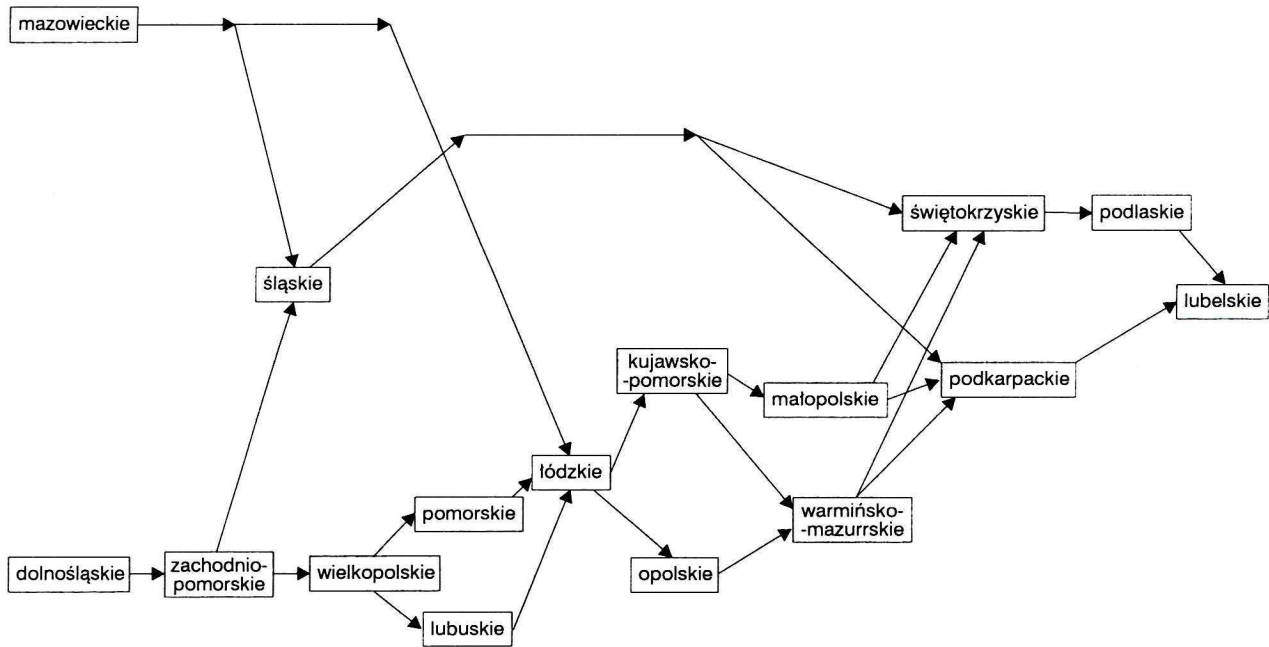
2. Wielokryterialna analiza regionalna

Jako kryteria oceny 16 województw przyjęto pięć następujących cech: stopień zurbanizowania, poziom rozwoju mierzony dochodem (PKB) na mieszkańca, podmioty gospodarcze na 1000 mieszkańców jako wskaźnik przedsiębiorczości, dochody budżetów gmin oraz wysokość nakładów inwestycyjnych na mieszkańca.

Procedura rozwiązania zadania klasyfikacji województw metodą PROMETHEE przebiega według następujących etapów: wybór modelu preferencji decydenta (wybrano funkcję VI i parametr s jako uśrednioną sumę wartości średniej cechy i jej odchylenia standardowego), obliczanie indeksów preferencji dla każdej pary $\pi(r_1, r_2)$ oraz indeksów ϕ^+ , ϕ^- i ϕ , dokonanie porównań województw za pomocą grafów częściowego i zupełnego.

Przedstawiony na ryc. 2 graf odzwierciedla strukturę podobieństwa województw. Graf porządku częściowego pokazuje, że najwyższą pozycję zajmują woj. mazowieckie i dolnośląskie, od których można wyprowadzić ciąg podobieństw województw.

Województwa mazowieckie i śląskie zajmują wysokie pozycje w rankingach pod względem takich cech, jak nakłady inwestycyjne na mieszkańca oraz PKB na mieszkańca, natomiast wartości cech, odsetek ludności miejskiej i dochody budżetów gmin plasują na wysokiej pozycji woj. dolnośląskie, a na niskiej – woj. mazowieckie. Ze względu na dwie ostatnie cechy województwa te znajdują się na przeciwległych pozycjach w rankingu. Z grafu porządku częściowego odczytujemy, że są nieporównywalnymi. Następną pozycję zajmują województwa, zachodniopomorskie i śląskie, też wzajemnie nieporównywalne. Woj. śląskie jest

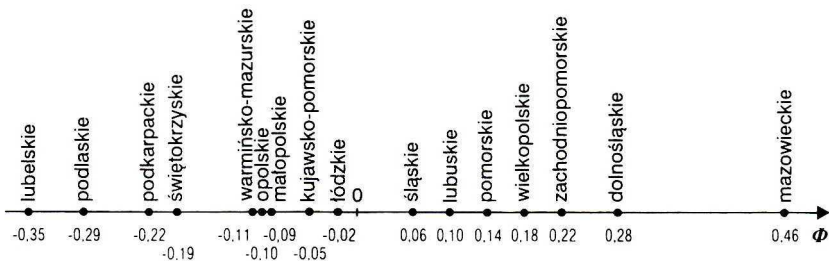


Ryc. 2. Graf porządku częściowego analizy województw
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie programu PROMCALC & GAIA.

nieporównywalne z woj. mazowieckim, dolnośląskim i zachodniopomorskim. Na piątej pozycji plasuje się woj. wielkopolskie (nieporównywalne ze śląskim i mazowieckim). Na szóstej i siódmej pozycji są woj. pomorskie i lubuskie, wzajemnie nieporównywalne, na ósmej – woj. łódzkie. Dziewiątą i dziesiątą pozycję zajmują woj. kujawsko-pomorskie i opolskie, również wzajemnie nieporównywalne. Jedenasta i dwunasta pozycja zajęta jest przez małopolskie i warmińsko-mazurskie, na trzynastej pozycji jest woj. świętokrzyskie, na czternastej – podkarpackie, na piętnastej – podlaskie i na ostatniej – lubelskie. Hierarchia województw nie ma charakteru rozłącznego. Ciągi podobieństwa przebiegają „krzyżując” się wzajemnie. W miarę posuwania się po krawędziach grafu mamy do czynienia ze zmniejszaniem potencjału rozwojowego i gospodarczego województw.

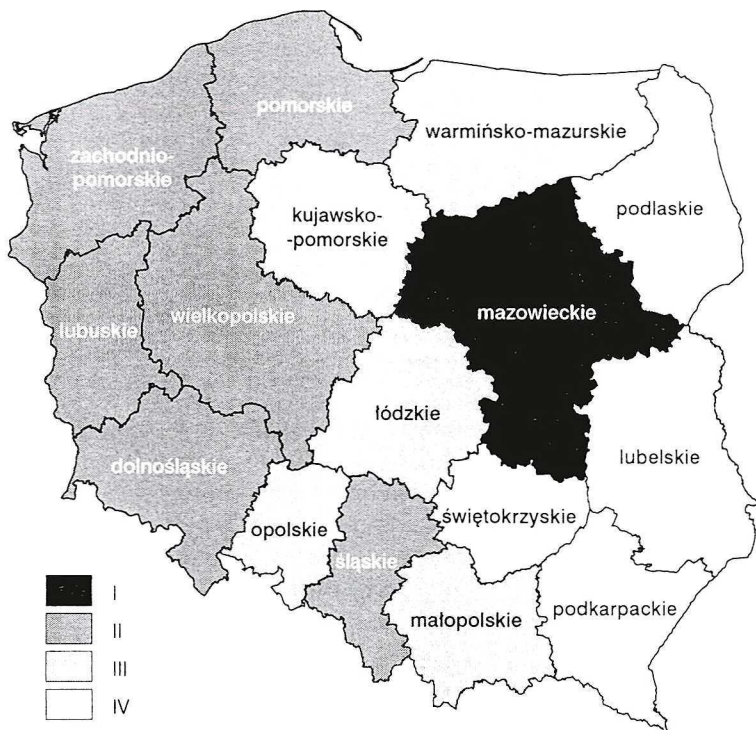
Relacje preferencji porządku zupełnego i graf tych relacji są określone na podstawie wielkości zwanych przepływami przewyższenia netto (*net outranking flows*), obliczonymi jako różnica między ϕ^+ i ϕ^- dla każdego analizowanego województwa. W odróżnieniu od relacji preferencji porządku częściowego i grafu tych relacji w grafie relacji porządku zupełnego nie rozpatruje się nieporównywalności. Są tu tylko dwie relacje, tj. preferencji (przewyższenia) i indyferencji. Taką strukturę nazywamy porządkiem zupełnym (ryc. 3). Województwa o podobnej wielkości ϕ są oceniane jako województwa o podobnym poziomie rozwoju.

Wartości wskaźnika preferencji ϕ (ryc. 3) pozwoliły uporządkować województwa od „najwyżej rozwiniętego” do „najgorszego” na podstawie wszystkich badanych cech. Analizując rozkład wartości wskaźnika ϕ oraz graf porządku zupełnego dla województw można uzyskać klasy podobnie ocenianych województw. Wyróżniono cztery klasy poziomu rozwoju (ryc. 4).



Ryc. 3. Odwzorowanie grafu porządku zupełnego na osi liczbowej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie programu PROMCALC & GAIA.

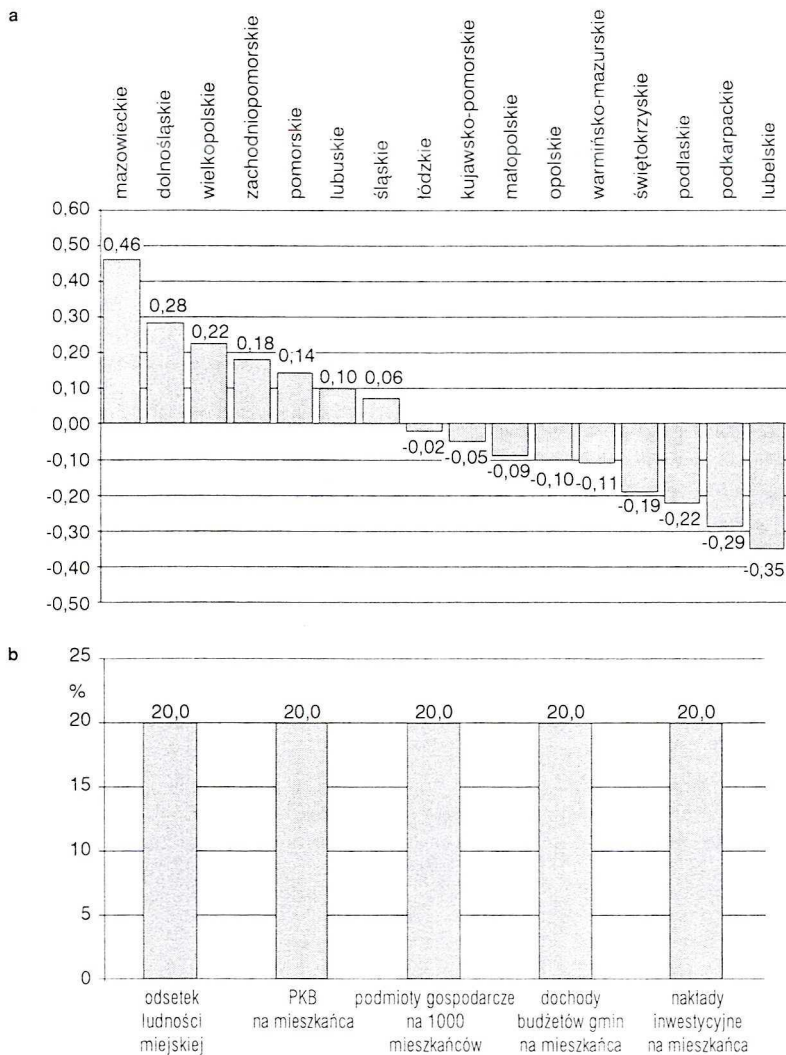


Ryc. 4 Klasy poziomu rozwoju regionalnego otrzymane metodą PROMETHHE

Proponowana metoda umożliwia analizę uporządkowania województw pod względem poziomu rozwoju, jeżeli będziemy zmieniać wagę kryteriów.

W sytuacji pierwszej, przedstawionej na ryc. 5, województwa są uporządkowane od najlepiej do najgorzej ocenianego (porządek zupełny), gdy pięciu kryteriom przypisano równe wagi.

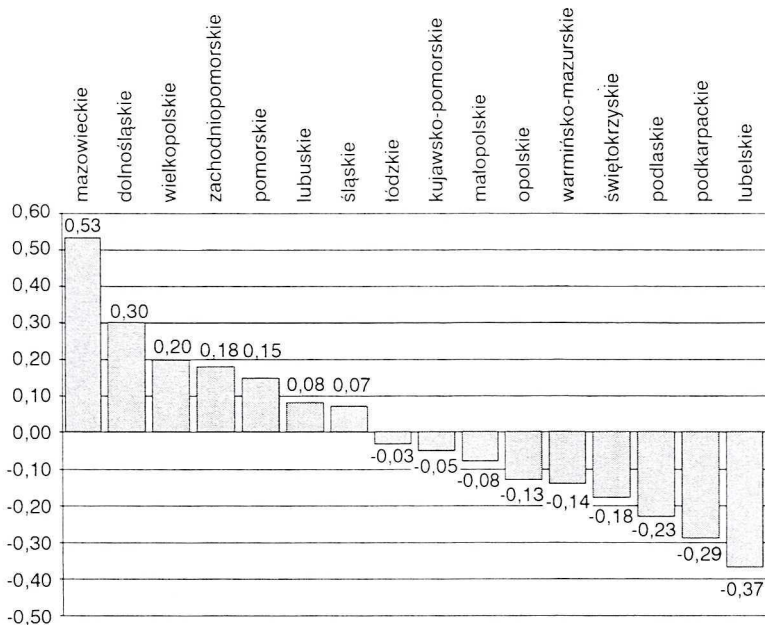
W sytuacji drugiej, przedstawionej na ryc. 6, zwiększa się wagę przypisaną do cechy: nakłady inwestycyjne na mieszkańca, tak aby była większa niż wagi przypisane pozostałym kryteriom. Na skutek modyfikacji wag zmieniają się wartości funkcji preferencji N , co odzwierciedlają zmiany wysokości słupków w górnej części ryc. 6. Zmienia się nieznacznie uporządkowanie województw. Woj. mazowieckie i dolnośląskie utrzymują się na pierwszej i drugiej pozycji, ale z pozycji czwar-



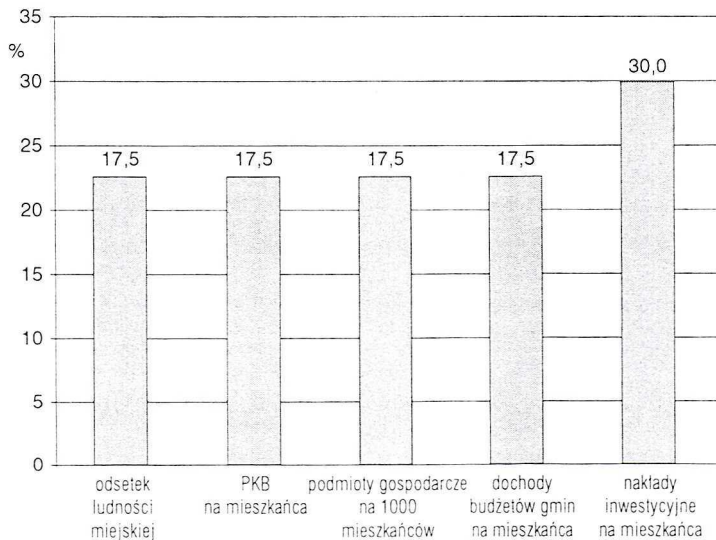
Ryc. 5. Klasyfikacja województw w przypadku jednakowych wag

tej na trzecią przesuwa się woj. wielkopolskie, woj. zachodniopomorskie z pozycji trzeciej spada na pozycję czwartą, pozostałe woj. zostają na takich samych pozycjach, jak w poprzednim uporządkowaniu. W podobny sposób, w zależności od potrzeb, możemy zmieniać wagi innych

a



b



Ryc. 6. Klasyfikacja województw w przypadku zmienionych wag

kryteriów, a zmiany w uporządkowaniu możemy śledzić na „bieżąco” posługując się programem Promcalc & Gaia. Możemy również analizować grafy uporządkowań województw po zmianie wag.

Literatura

- Brans J.P., Mareschal B., 1990, *The Promethee Methods for MCDM. The PROMCALC, GAIA and Bankadvisor Software*, [w:] *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. Bana e Costa, A. Carlos (red.). Springer, s. 216-252.
- Brans J.P., Mareschal B., 1994, *The PROMCALC and GAIA Decision Support System*. *Decision Support Systems* 12 (4), s. 297-310.
- Brans J.P., Mareschal B., Vincke P., 1984, *PROMETHEE: A New Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis*, [w:] *Operational Research '84*, J. P. Brans (red.). INFORS, Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland, s. 477-490.
- Brans J.P., Vincke P., Mareschal B., 1986, *How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method*. *European Journal of Operational Research* 24, s. 228-238.
- Kasprzak T., (red.) 1996, *PROMETHEE – metoda wspomaganie decyzji kredytowych*. Wydział Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warszawskiego.
- Kasprzak T., 1992, *Systemy złożonych relacji preferencyjnych w decyzjach wielokryterialnych. Metody ELECTRA*, [w:] *Systemy wspomaganie decyzji wielokryterialnych*, Kasprzak T. (red.). Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Kasprzak T., 2002, *Modelowanie preferencji – podstawy relacji przewyższania*, [w:] *Metody analiz porównawczych kondycji ekonomicznej przedsiębiorstw*, M. Lasek (red.). *Studia Informatyki Gospodarczej*, Wyd. Nowy Dziennik i Katedra Informatyki Gospodarczej i Analiz Ekonomicznych WNE UW, Warszawa.
- Lasek M., 1996, *Wielokryterialna ocena kondycji ekonomicznej firm – klientów banku*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Nowak E., 2003, *Analiza porównawcza atrakcyjności turystycznej powiatów województwa świętokrzyskiego za pomocą graficznego modelowania opartego na technice GAIA (Geometrical Analysis of Interactive Assistance)*, [w:] *Problemy interpretacji wyników metod badawczych stosowanych w geografii społeczno-ekonomicznej i gospodarce przestrzennej*, Rogacki H. (red.). Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań, s. 279-289.
- Nowak E., Lasek M., Pęczkowski M., 2003, *Analiza atrakcyjności turystycznej powiatów województwa świętokrzyskiego za pomocą metody PROMETHEE*. *Turyzm* 13/1, s. 81-104.
- Nowak E., 2004, *Metody klasyfikacji w badaniach geograficznych (analiza porównawcza)*. Bogucki Wyd. Naukowe, Kielce–Poznań 2004.
- Rocznik statystyczny województw 2003*, GUS, Warszawa.
- Vincke P., 1992, *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons, London.