

Iwona Gruszka

Akademia Ekonomiczna w Katowicach

ZBIORY PRZYBLIŻONE Z RELACJĄ DOMINACJI DLA WIELOKRYTERIALNEGO PROBLEMU KLASYFIKACJI PAŃSTW UNII EUROPEJSKIEJ POD WZGLĘDEM POZIOMU ROZWOJU GOSPODARCZEGO

1. Wstęp

W latach dziewięćdziesiątych profesorowie Greco, Matarazzo i Słowiński przedstawili rozszerzenie klasycznej analizy zbiorów przybliżonych zaproponowanej przez profesora Z. Pawlaka [Pawlak 1982; 1999], zastępując relację nierozróżnialności (zwrotna, symetryczna, przechodnia) relacją dominacji (zwrotna, przechodnia) [Greco, Matarazzo, Słowiński 1996; Greco, Matarazzo, Słowiński 1999]. Podejście to pozwala analizować wielokryterialne problemy klasyfikacji w sytuacji niespójności z relacją dominacji¹.

Niech obiektami poddanymi analizie będą kraje, dla których określany jest poziom rozwoju gospodarczego (klasyfikacja państw). Ponadto niech kraj A ma *a priori* niższy poziom rozwoju gospodarczego od kraju B. Niech jednym z kryte-

¹ Należy pamiętać, że istnieje wiele metod rozwiązywania problemu klasyfikacji, zwłaszcza statystycznych i rozmytych. Metody statystyczne (na zbiorach dokładnych) nie są jednak wystarczające w sytuacji niespójności z relacją dominacji. Wynika to z faktu, że jeżeli analizowany obiekt *a priori* należący do pewnej klasy decyzyjnej znajduje się odpowiednio daleko od skupienia większości obiektów tej klasy i odpowiednio blisko (lub wewnątrz) skupienia obiektów innej klasy, to traktowany jest jako błąd klasyfikacji, a nie jako niespójność z relacją dominacji. Podejścia rozmyte natomiast są wystarczające do analizy dyskutowanego problemu, ale są trudne ze względu na swoją parametryczność – od decydenta oczekuje się określenia stopni przynależności obiektów do klas. Ponadto zauważyć należy, że metody zarówno statystyczne, jak i rozmyte pozwalają na konstrukcję modeli, które nie są łatwo interpretowalne, a wręcz niemożliwe do interpretacji. Decydent bowiem nie myśli w kategoriach parametrów modelu statystycznego czy rozmytego, lecz w kategoriach przyczyna-skutek, którym podejścia przybliżone czynią zadość.

riów, pod względem którego oceniane są kraje, będzie stopa bezrobocia. Jeśli kraj A ma niższą stopę bezrobocia niż kraj B, ponadto pod względem pozostałych kryteriów ma oceny niegorsze niż kraj B, to z punktu widzenia poziomu rozwoju gospodarczego kraj A dominuje nad krajem B. Mamy zatem do czynienia z wielokryterialnym problemem klasyfikacji w sytuacji niespójności z relacją dominacji, a proponowane podejście pozwala na jego rozwiązanie.

W punkcie pierwszym artykułu przedstawiono podejście teorii zbiorów przybliżonych do analizy wielokryterialnego problemu klasyfikacji. Punkt drugi dotyczy natomiast aplikacji zaprezentowanego podejścia do klasyfikacji państw Europy pod względem poziomu rozwoju gospodarczego. Analiza zbiorów przybliżonych została przez autorkę przeprowadzona w systemie JAMM². Ostatnia część artykułu zawiera konkluzje oraz wskazania dotyczące dalszych kierunków badań.

2. Zbiory przybliżone z relacją dominacji dla wielokryterialnego problemu klasyfikacji*

Dany jest pewien skończony zbiór obiektów U , zwany uniwersum. Obiekty te są podzielone na niepuste, rozłączne, mnogościowo sumujące się do całego uniwersum podzbiory. Podzbiory te nazywane są klasami decyzyjnymi *a priori* zadanej przez decydenta partycji uniwersum U .

Ze względów algorytmicznych informacja o uniwersum obiektów U reprezentowana jest w formie tabeli nazywanej tablicą decyzyjną postaci $S = \langle U, Q, V, f \rangle$, gdzie:

- U – uniwersum,
- Q – skończony zbiór kryteriów taki, że: $Q = C \cup \{d\}$, gdzie zbiór C nazywany jest zbiorem kryteriów warunkowych, które dostarczają informacji na temat obiektów uniwersum, a d jest nazywane kryterium decyzyjnym, określającym numer klasy decyzyjnej *a priori* zadanej przez decydenta partycji uniwersum U ,
- V – zbiór wartości wszystkich kryteriów, tzn. $V = \bigcup_{q \in Q} V_q$,
- V_q – zbiór wartości kryterium q ,
- $f : U \times Q \rightarrow V$ – funkcja informacyjna taka, że $\forall x \in U \forall q \in Q f(x, q) \in V_q$.

Wiersze tablicy decyzyjnej odpowiadają obiektom uniwersum, a kolumny odpowiadają kryteriom Q . Na przecięciu i -tego wiersza oraz j -tej kolumny znajduje się wartość j -tego kryterium opisująca i -ty obiekt. Na podstawie informacji o obiektach, dostarczonej przez kryteria warunkowe, na uniwersum U konstruowana

² Implementacja systemu dokonana została w Instytucie Informatyki Politechniki Poznańskiej. System ten jest dostępny na stronie internetowej <http://idss.cs.put.poznan.pl/site/jamm.html> (nazwa systemu pochodzi od inicjałów imion autorów/programistów systemu).

* Rozdział opracowano na podstawie [Greco, Matarazzo, Słowiński 1996; 1999].

jest binarna relacja zwrotna i przechodnia nazywana relacją dominacji. Relacja ta jest matematyczną podstawą analizy zbiorów przybliżonych zaproponowanej przez Greco, Matarazzo i Słowińskiego.

Niech $x \in U$ będzie obiektem uniwersum U . Zbiorem C -dominującym obiekt x , oznaczenie $D_C^+(x)$, nazywamy zbiór tych obiektów y uniwersum U , na których kryteria warunkowe przyjmują nie gorsze wartości niż na obiekcie x , oznaczenie $yD_C x$. Zbiór ten ma zatem postać:

$$D_C^+(x) = \{y \in U : yD_C x\}.$$

Zbiorem C -zdominowanym przez obiekt x , oznaczenie $D_C^-(x)$, nazywamy zbiór tych obiektów y uniwersum U , na których kryteria warunkowe przyjmują nie lepsze wartości niż na obiekcie x , oznaczenie $xD_C y$. Zbiór ten ma zatem postać:

$$D_C^-(x) = \{y \in U : xD_C y\}.$$

Zbiory C -dominujące i C -zdominowane stanowią granule wiedzy o uniwersum i nazywane są zbiorami C -elementarnymi.

Niech ponadto $Y = \{Y_t, t \in T\}, T = 1, \dots, n$ będzie partycją uniwersum U na klasy decyzyjne takie, że każdy obiekt x uniwersum U należy do dokładnie jednej klasy decyzyjnej $Y_t \in Y$. Ponadto klasy decyzyjne stanowią uporządkowany zgodnie z preferencjami decydenta ciąg zbiorów, tzn. jeśli $r, s \in T, r > s$, to obiekty z klasy decyzyjnej Y_r są bardziej preferowane niż obiekty z klasy decyzyjnej Y_s .

Niespójność z relacją dominacji polega na tym, że obiekty oceniane wyżej przez warunkową część kryteriów są *a priori* przypisywane do niższych klas decyzyjnych niż obiekty oceniane niżej (i odwrotnie). Istnienie niespójności wymaga kumulacji klas decyzyjnych. Jest to możliwe dzięki ich preferencyjnemu porządkowi. Mianowicie:

1) skumulowana klasa decyzyjna w dół:

$$Y_t^{\leq} = \bigcup_{s \leq t} Y_s,$$

2) skumulowana klasa decyzyjna w górę:

$$Y_t^{\geq} = \bigcup_{s \geq t} Y_s.$$

Zadaniem analizy zbiorów przybliżonych jest wyrażenie skumulowanych klas decyzyjnych $Y_t^{\leq}$ oraz $Y_t^{\geq}$ za pomocą zbiorów C -elementarnych $D_C^+(x)$ oraz $D_C^-(x)$. Każda klasa decyzyjna, będąca sumą mnogościową zbiorów elementarnych, jest zbiorem dokładnym (*crisp*), w przeciwnym razie jest zbiorem przybliżonym (*rough*) i może być reprezentowana przez parę zbiorów dokładnych, zwanych C -dolnym i C -górnym przybliżeniem klasy decyzyjnej.

C -dolnym przybliżeniem skumulowanej klasy decyzyjnej nazywamy połączenie tych zbiorów C -elementarnych, które zawierają się w klasie decyzyjnej. Jest to

więc zbiór tych obiektów uniwersum U , które na pewno znajdują się w klasie decyzyjnej:

- 1) dolne przybliżenie skumulowanej klasy decyzyjnej w dół $Y_t^{\leq}$:

$$\underline{CY}_t^{\leq} = \{x \in U : D_C^-(x) \subseteq Y_t^{\leq}\},$$

- 2) dolne przybliżenie skumulowanej klasy decyzyjnej w górę $Y_t^{\geq}$:

$$\underline{CY}_t^{\geq} = \{x \in U : D_C^+(x) \subseteq Y_t^{\geq}\}.$$

C-górnym przybliżeniem skumulowanej klasy decyzyjnej nazywamy połączenie tych zbiorów elementarnych, które mają niepusty przekrój z klasą decyzyjną. Jest to więc zbiór tych obiektów uniwersum U , które być może należą do klasy decyzyjnej:

- 1) górne przybliżenie skumulowanej klasy decyzyjnej w dół:

$$\overline{CY}_t^{\leq} = \bigcup_{x \in Y_t^{\leq}} D_C^-(x),$$

- 2) górne przybliżenie górnej skumulowanej klasy decyzyjnej w górę:

$$\overline{CY}_t^{\geq} = \bigcup_{x \in Y_t^{\geq}} D_C^+(x).$$

Ponadto dla skumulowanych klas decyzyjnych wyznaczane są zbiory C-brzegowe. Zbiory C-brzegowe odpowiednio dla skumulowanej klasy decyzyjnej w dół i w górę wyrażają się następującymi wzorami:

$$BN_C(Y_t^{\leq}) = \overline{CY}_t^{\leq} - \underline{CY}_t^{\leq},$$

$$BN_C(Y_t^{\geq}) = \overline{CY}_t^{\geq} - \underline{CY}_t^{\geq}.$$

Zbiór C-brzegowy jest różnicą pomiędzy górnym i dolnym przybliżeniem skumulowanej klasy decyzyjnej, a jego licznosc jest miarą niepewności informacji na temat przybliżanej klasy decyzyjnej. Miarą jakości przybliżenia partycji uniwersum Y jest współczynnik zwany w skrócie jakością przybliżenia partycji:

$$\gamma_C(Y) = \frac{\left| U - \bigcup_{t \in T} BN_C(Y_t^{\leq}) \right|}{|U|} = \frac{\left| U - \bigcup_{t \in T} BN_C(Y_t^{\geq}) \right|}{|U|},$$

gdzie: $|\bullet|$ – licznosc zbioru. Współczynnik ten przyjmuje wartości z przedziału $[0; 1]$ i określa jakość informacji w systemie decyzyjnym. Im większą zatem przyjmuje wartość, tym lepiej.

Z przybliżeń skumulowanych klas decyzyjnych indukowane są reguły decyzyjne tworzące model decyzyjny. W systemie JAMM do generowania modelu decyzyjnego służy algorytm DOMLEM (*learning from examples module based on dominance principles*) [Stefanowski 2001]. Ogólna idea algorytmu polega na znajdowaniu reguł, które opisują jak największą liczbę obiektów z rozpatrywanego zbioru, którym jest dolne przybliżenie skumulowanej klasy decyzyjnej lub zbiór

brzegowy. Jeśli reguła pokrywa wszystkie obiekty ze zbioru, to algorytm kończy działanie, gdyż opis rozpatrywanego zbioru już został znaleziony, a jeśli nie, to szukane są następne reguły pokrywające pozostałe obiekty z rozpatrywanego zbioru. Ponieważ algorytm uruchamiany jest dla określonych wcześniej dolnych przybliżeń skumulowanych klas decyzyjnych lub zbiorów brzegowych, reguły decyzyjne mogą przybierać postaci takie, jak:

1) reguła pewna (przybliżona) typu D_z indukowana z dolnego przybliżenia (zbioru brzegowego) skumulowanej klasy decyzyjnej Y_t^z :

$$f(x, c_1) \geq v_{c_1} \wedge \dots \wedge f(x, c_r) \geq v_{c_r} \rightarrow x \geq t,$$

2) reguła pewna (przybliżona) typu D_z indukowana z dolnego przybliżenia (zbioru brzegowego) skumulowanej klasy decyzyjnej Y_t^z :

$$f(x, c_1) \leq v_{c_1} \wedge \dots \wedge f(x, c_r) \leq v_{c_r} \rightarrow x \leq t'',$$

gdzie:

– $f(x, c_i)$ – wartość funkcji informacyjnej będąca wartością kryterium warunkowego c_i przyjętą na obiekcie x ,

– v_{c_i} – wartość w zbiorze wartości kryterium warunkowego c_i ³.

W systemie JAMM dla każdej reguły decyzyjnej określany jest współczynnik stanowiący stopień pewności klasyfikacji wiadomego obiektu do klasy decyzyjnej. Obiekt klasyfikowany jest do tej klasy decyzyjnej, dla której wartość współczynnika jest największa. Szczegóły algorytmiczne klasyfikacji obiektów można znaleźć w pracach [Gruszka 2006; Stefanowski 2001].

3. Klasyfikacja państw Unii Europejskiej pod względem poziomu rozwoju gospodarczego

Obecnie, w dobie jednoczącej się Europy, jedną z najistotniejszych kwestii jest ekonomiczna charakterystyka państw członkowskich i kandydujących oraz ich klasyfikacja w zależności od poziomu rozwoju gospodarczego. Podstawą klasyfikacji jest wiedza na temat wartości kryteriów makroekonomicznych przyjmowanych

³ Lewe strony reguł decyzyjnych są koniunkcjami warunków nazywanych warunkami *C*-elementarnymi, a prawe strony są dysjunkcjami warunków nazywanych warunkami *d*-elementarnymi. Szczegóły algorytmiczne indukcji reguł decyzyjnych można znaleźć w pracy [Stefanowski 2001]. Zauważyć należy, że nie jest możliwe odróżnienie reguł pewnych od przybliżonych na podstawie ich konstrukcji. Identyfikacja reguły jest możliwa dopiero po weryfikacji zbioru obiektów uniwersum, które spełniają warunkowe części reguły. Jeśli warunkowa część reguły decyzyjnej jest spełniona tylko przez obiekty należące *a priori* do klasy decyzyjnej wskazywanej przez decyzyjną część reguły, to jest to reguła pewna. Jeśli natomiast warunkowa część reguły decyzyjnej spełniona jest nie tylko przez obiekty *a priori* należące do klasy decyzyjnej wskazywanej przez decyzyjną część reguły, to jest to reguła przybliżona.

przez państwa w poszczególnych okresach. Rzeczywiste dane o wartościach makro wskaźników są publikowane przez Eurostat (http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/statistical_en.htm).

W systemie decyzyjnym obiektami są państwa rozważone z osobna w poszczególnych okresach ewaluacji ekonomicznej, mianowicie⁴:

1. Włochy, Francja, Luksemburg, Belgia, Niemcy, Holandia, Dania, Irlandia, Wielka Brytania, Grecja, Hiszpania, Portugalia, Austria, Finlandia, Szwecja: 1960, 1965 oraz corocznie w przedziale czasowym 1970-2005 (w latach 1961-1990 w odniesieniu do Niemiec dane dotyczą Republiki Federalnej Niemiec).

2. Polska, Czechy, Estonia, Cypr, Łotwa, Litwa, Węgry, Malta, Słowacja, Słowenia, Bułgaria, Rumunia, Turcja, Chorwacja oraz corocznie w przedziale czasowym 1991-2005.

Ponadto w systemie decyzyjnym znajdują się kryteria warunkowe i jedno kryterium decyzyjne. Ze względu na te kryteria w poszczególnych okresach ocenione zostały poszczególne obiekty. Kryteria szczegółowo oznaczają, co następuje.

Miernikiem poziomu rozwoju gospodarczego państw jest wielkość produktu krajowego brutto. Miernik ten jest zagregowanym kryterium i istnieje kilkadziesiąt kryteriów warunkowych – wskaźników makroekonomicznych, które wyjaśniają jego poziom (listy kryteriów warunkowych publikowane są na stronach internetowych Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju, Banku Światowego, Światowej Organizacji Handlu). W analizie uwzględnione zostały następujące kryteria warunkowe: inwestycje, konsumpcja, eksport, import oraz stopa bezrobocia⁵. W stosunku do pierwszych trzech kryteriów warunkowych preferencje rosną wraz ze wzrostem wartości tych kryteriów, a w stosunku do ostatnich dwóch – przeciwnie. Kryterium decyzyjne natomiast określa przynależność państwa do klasy decyzyjnej państw o podobnym poziomie rozwoju gospodarczego. Podział państw Europy ze względu na poziom rozwoju gospodarczego na państwa wysoko rozwinięte (H – *high income*), średnio wysoko rozwinięte (UM – *upper middle income*) oraz średnio nisko rozwinięte (LM – *lower middle income*) każdego roku określany jest przez Bank Światowy⁶. Ponieważ od państw oczekuje się wysokiego poziomu rozwoju gospodarczego, w stosunku do przyjętego kryterium decyzyjnego preferencje rosną wraz ze wzrostem jego wartości.

System decyzyjny zawiera 780 obiektów (15 państw pomnożono przez 38 okresów ewaluacji ekonomicznej oraz 14 państw pomnożono przez 15 okresów ewaluacji ekonomicznej).

⁴ Dane na temat wartości kryteriów warunkowych dla poszczególnych państw w poszczególnych okresach zaczerpnięte zostały z publikacji serwisu Eurostat Komisji Europejskiej i są dostępne na stronie internetowej http://europa.eu.int/comm/economy_finance/publications/statistical_en.htm.

⁵ Metodologia wyliczania wartości poszczególnych makroekonomicznych kryteriów warunkowych określona została w Europejskim Systemie Obliczeń (European System of Accounts – ESA 95) i korzysta z niej serwis Eurostat Komisji Europejskiej.

⁶ Informacje o apriorycznym podziale państw Europy na klasy decyzyjne znajdują się na stronie internetowej Banku Światowego <http://www.worldbank.org> w sekcji Home/Data/Country Classification.

Celem analizy zbiorów przybliżonych jest indukcja modelu decyzyjnego pozwalającego na klasyfikację państw Europy na rok 2006 na podstawie informacji o przewidywanych wartościach kryteriów warunkowych w odniesieniu do poszczególnych państw w roku 2006. Możliwość klasyfikacji nowych obiektów pozwala kontrolować zmiany w poziomie rozwoju gospodarczego poszczególnych państw, co pozwala na zauważenie momentu i charakteru tych zmian (spadek/wzrost), zwłaszcza najmłodszych członków Unii Europejskiej (w tym Polski) oraz krajów kandydujących.

Jakość przybliżenia partycji państw Europy wynosi 0,91.

Skonstruowany model decyzyjny składa się z 92 reguł decyzyjnych. Rozkład reguł decyzyjnych przedstawia się następująco:

1) skumulowana klasa decyzyjna $Y_{LM}^{\leq} = Y_{LM}$ – istnieje 25 reguł decyzyjnych opisujących tę skumulowaną klasę decyzyjną,

2) skumulowana klasa decyzyjna $Y_{UM}^{\leq} = Y_{LM} \cup Y_{UM}$ – istnieje 27 reguł decyzyjnych opisujących tę skumulowaną klasę decyzyjną,

3) skumulowana klasa decyzyjna $Y_H^{\geq} = Y_H$ – istnieje 27 reguł decyzyjnych opisujących tę skumulowaną klasę decyzyjną,

4) skumulowana klasa decyzyjna $Y_{UM}^{\geq} = Y_{UM} \cup Y_H$ – istnieje 13 reguł decyzyjnych opisujących tę skumulowaną klasę decyzyjną.

Tabela 1. Klasyfikacja państw Europy dotycząca roku 2006 w systemie JAMM

Lp.	Państwo	BŚ-2006	2006	Lp.	Państwo	BŚ-2006	2006	Lp.	Państwo	BŚ-2006	2006
1	Włochy	H	H	11	Hiszpania	H	H	21	Litwa	UM	H
2	Francja	H	H	12	Portugalia	H	LM	22	Węgry	UM	H
3	Luksemburg	H	H	13	Austria	H	H	23	Malta	H	H
4	Belgia	H	H	14	Finlandia	H	H	24	Słowacja	UM	H
5	Niemcy	H	H	15	Szwecja	H	H	25	Słowenia	H	H
6	Holandia	H	H	16	Polska	UM	LM	26	Bułgaria	LM	LM
7	Dania	H	H	17	Czechy	UM	H	27	Rumunia	LM	LM
8	Irlandia	H	H	18	Estonia	UM	H	28	Turcja	UM	LM
9	Wielka Brytania	H	H	19	Cypr	H	H	29	Chorwacja	UM	LM
10	Grecja	H	LM	20	Łotwa	UM	H				

Źródło: opracowanie własne.

Jakość modelu decyzyjnego mierzona testem walidacji krzyżowej wynosi 72%. Ze względu na ograniczone ramy pracy autorka prezentuje tylko wyniki klasyfikacji państw Europy dotyczącej 2006 r. oraz porównanie z przewidywaniami Banku Światowego (tab. 1)⁷. W tabeli tej w kolumnie o nazwie „2006” przedstawiono wyniki wiadomej klasyfikacji, a w kolumnie o nazwie „BŚ-2006” przedstawiono przewidywania Banku Światowego.

⁷ Informacje na temat przewidywań Banku Światowego odnośnie do klasyfikacji państw publikowane są na stronie internetowej <http://www.worldbank.org> w sekcji Home/Data/Country Classification.

Zwraca uwagę rozbieżność rezultatów w kolumnach. Rozbieżności te dotyczą aż jedenastu państw, mianowicie: Grecji, Portugalii, Polski, Czech, Estonii, Łotwy, Litwy, Węgier, Słowacji, Turcji oraz Chorwacji. Na korzyść prezentowanego podejścia przemawia fakt, że jedynie w przypadku Grecji oraz Portugalii rozbieżności te są ekstremalne, tzn. według Banku Światowego oba państwa powinny należeć do klasy państw wysoko rozwiniętych, podczas gdy zgodnie z prezentowanym podejściem – do klasy państw średnio nisko rozwiniętych.

4. Zakończenie

Użyteczność podejścia teorii zbiorów przybliżonych z relacją dominacji do omawianego problemu polega na możliwości oddzielenia w nieparametryczny sposób i na opisanu w postaci modelu decyzyjnego tego, co w uniwersum państw Europy jest pewne (w sensie poziomu rozwoju gospodarczego), od tego, co niepewne czy wręcz niemożliwe. Pojawia się jednak potrzeba pewnych modyfikacji algorytmicznych podejścia w celu osiągnięcia większej zbieżności z przewidywaniami instytucji zajmujących się badaniem poziomu rozwoju gospodarczego. Autorka prowadzi badania w tym kierunku, a proponowane zmiany algorytmiczne zaprezentowane zostaną w pracy [Caballero i in. 2007].

Literatura

- Caballero R., Gruszka I., Molina J., Słowiński R., Trzaskalik T. (2007), *Tabu Search Approach to Discretisation of Evaluation Space for Dominance-Based Rough Set Method Applied to Multicriteria Classification* (w przygotowaniu).
- Greco S., Matarazzo B., Slowinski R. (1996), *Rough Approximation of a Preference Relation by Dominance Relation*, ICS Research Report 16/96, 13.
- Greco S., Matarazzo B., Slowinski R. (1999), *The Use of Rough Sets and Fuzzy Sets in MCDM, Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory, and Applications*, Kluwer Academic Publishers Boston/Dordrecht/London.
- Gruszka I. (2006), *Zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych w wielokryterialnych problemach klasyfikacji*, praca doktorska, AE, Katowice.
- Pawlak Z. (1982), *Rough Sets*, „International Journal of Computer and Information Sciences” 11, 15.
- Pawlak Z. (1999), *Rough Classification*, „International Journal of Human Computer Studies” 51, 14.
- Stefanowski J. (2001), *Algorytmy indukcji reguł decyzyjnych w odkrywaniu wiedzy*, „Rozprawy” 361, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.

THE ROUGH SETS APPROACH BASED ON DOMINANCE RELATION TO MULTICRITERIA CLASSIFICATION OF EU COUNTRIES BY ECONOMIC DEVELOPMENT

Summary

The rough sets approach based on dominance relation was introduced by Greco, Matarazzo and Slowinski. The dominance relation permits to describe the approximations of the a priori known decision classes. On the base of the approximations the decision model is induced. The decision model contains the decision rules of “if ... then ...” terms. This model permits to describe by a nonparametric way what is certain, uncertain or even impossible in the data base. Furthermore the model is easy to interpret and permits to support the classification process of new objects.

The approach is used to multi-criteria EU countries classification problem by economic development.