

*Dr Małgorzata Stec*

*Mgr Agata Janas*

*Mgr Artur Kuliński*

Uniwersytet Rzeszowski

## **Grupowanie państw Unii Europejskiej ze względu na zasoby kapitału ludzkiego i intelektualnego**

### **WSTĘP**

Przedmiotem szczególnej uwagi ekonomistów na przestrzeni ostatniej dekady są zasoby kapitału ludzkiego oraz ich wpływ na wzrost gospodarczy. Obok ugruntowanych już koncepcji kapitału ludzkiego czy intelektualnego pojawiły się pojęcia blisko z nimi związane, jak np. pojęcie „gospodarki wiedzy”. W literaturze przedmiotu nie ma jednoznacznej definicji kapitału ludzkiego. Za tym pojęciem kryje się ogół zdolności uczestników życia gospodarczego oraz nagromadzonych przez nich wiedzy doświadczeń i umiejętności, które przysparzają im (lub stanowią potencjalne źródło) korzyści ekonomicznych<sup>1</sup>. Thomas A. Stewart definiuje kapitał intelektualny jako materiał intelektualny, który został sformalizowany, ujęty i zmuszony do działania w celu stworzenia majątku o wyższej wartości. Bez uwzględnienia wpływu kapitału intelektualnego na wzrost gospodarczy nie byłoby obecnie możliwości wyjaśnienia rozwoju wielu światowych gospodarek. Istotne znaczenie, zwłaszcza po rozszerzeniu Unii Europejskiej, ma także porównanie zasobów kapitału ludzkiego i intelektualnego w państwach do niej należących i określenie grup krajów o podobnym jego poziomie.

Celem artykułu jest więc grupowanie państw Unii Europejskiej ze względu na czynniki kształtujące jakość kapitału ludzkiego, ze szczególnym uwzględnieniem pozycji Polski. W analizie wykorzystano jedną z metod analizy skupień, a mianowicie metodę aglomeracji Warda (grupowanie drzewkowe) oraz narzędzie sztucznych sieci neuronowych typu SOM (*ang. Self-Organizing Map*), coraz częściej stosowane dla potrzeb klasyfikacji bezwzorcowej. Interesujące wydaje się także porównanie wyników grupowania przy użyciu obu procedur.

---

<sup>1</sup> L. Balcerowicz, *Państwo w przebudowie*, Wydawnictwo Znak, Kraków 1999, s. 118.

## OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH METOD GRUPOWANIA

Metoda Warda<sup>2</sup> należy do grupy procedur G. M. Lance'a, W. T. Williamsa i J. H. Warda. Punktem wyjścia jest macierz  $D$  euklidesowych odległości  $d_{ij}$  między klasyfikowanymi obiektami. Wszystkie te metody można opisać za pomocą centralnej procedury aglomeracyjnej, której algorytm jest następujący:

1. Każdy obiekt  $O_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) traktuje się jako grupę jednoelementową,
2. W macierzy odległości wyszukuje się wartość minimalną:  $d_{pq} = \min\{d_{ij}\}$
3. Obiekty  $O_p$  i  $O_q$  traktowane są jako grupy jednoelementowe,  $A_p$  i  $A_q$  łączy się w jedną grupę dwuelementową  $A_r$ :  $A_r = A_p \cup A_q$
4. Wyznacza się odległości  $d_{ir}$  nowo utworzonej grupy  $A_r$  od wszystkich pozostałych grup  $A_i$  stosownie do wybranej metody. Odległość  $d_{ir}$  wstawia się do macierzy  $D$  w miejsce  $p$ -tego wiersza i  $p$ -tej kolumny, eliminując jednocześnie wiersz  $i$  i kolumnę o numerze  $q$ .
5. Powtarza się kroki 2–4 aż do momentu, gdy wszystkie obiekty utworzą jedną grupę.

Ogólna formuła na przekształcenie macierzy odległości podczas łączenia grup  $A_p$  i  $A_q$  w nową grupę  $A_r$  dla hierarchicznych metod aglomeracyjnych działających według zasady centralnej procedury aglomeracyjnej ma następującą postać:

$$d_{ir} = a_p d_{ip} + a_q d_{iq} + b d_{pq} + c [d_{ip} - d_{iq}] \quad (1)$$

gdzie:

$d_{ir}$  – odległość między grupami  $A_i$  oraz  $A_r$

$d_{ip}$  – odległość między grupami  $A_i$  oraz  $A_p$

$d_{iq}$  – odległość między grupami  $A_i$  oraz  $A_q$

$d_{pq}$  – odległość między grupami  $A_p$  oraz  $A_q$

$a_p, a_q, b, c$  – parametry przekształcenia charakterystyczne dla różnych metod tworzenia grup.

Wartości parametrów przekształcenia  $a_p, a_q, b, c$  dla metody Warda są następujące:

$$a_p = \frac{N_i + N_p}{N_i + N_r} \quad a_q = \frac{N_i + N_q}{N_i + N_r} \quad b = \frac{N_i}{N_i + N_r}$$

$$c=0$$

Symbolami  $N_i, N_p, N_q$  oraz  $N_r$  oznaczono liczby elementów grup  $A_i, A_p, A_q$  oraz  $A_r$ .

Metoda Warda polega więc na łączeniu takich skupień  $A_p$  i  $A_q$ , które zapewniają minimum sumy kwadratów odległości od środka ciężkości nowego skupienia, które tworzą.

Metoda Warda dąży do uzyskania raczej małych skupień i jest uznawana za bardzo efektywną<sup>3</sup>. W wyniku analizy otrzymujemy dendrogram, będący graficzną interpretacją uzyskanych efektów. W zależności od przyjętych założeń badania, w tym zwłaszcza akceptowanej odległości taksonomicznej między obiektami ze względu na zaproponowany zestaw cech, możemy wyróżniać większe lub mniejsze skupienia, a co za tym idzie – mniejszą lub większą ich liczbę.

Kolejnym narzędziem zastosowanym dla potrzeb grupowania obiektów jest metoda sztucznych sieci neuronowych. Wielu naukowców, jak i praktyków dostrzegło w sieciach neuronowych obiecujące możliwości zastosowań w wielu dziedzinach, a szczególnie w ekonomii, finansach, medycynie, geologii i fizyce do realizacji różnych celów, zwłaszcza tych, gdzie mamy do czynienia z klasyfikacją, przewidywaniem, optymalizacją, sterowaniem, rozpoznawaniem, filtrowaniem lub kojarzeniem danych (sygnałów)<sup>4</sup>. Dla potrzeb klasyfikacji bezwzorcowej skonstruowano sieć typu SOM. Jest to jeden z najbardziej zaawansowanych modeli sieci neuronowych, który dostarcza topologicznego odwzorowania przestrzeni wielowymiarowej na dwuwymiarową mapę neuronów. Może ona być zastosowana do wizualizacji skupisk w zbiorze danych, zachowując nieliniowe relacje między jednostkami i lokując bliskie jednostki bliżej siebie. Podczas trenowania sieci SOM wagi neuronów modelowane są w taki sposób, by bardzo zbliżone do siebie przypadki reprezentował ten sam neuron, a podobne reprezentowane były przez neurony sąsiednie. Neuron, który ma najmniejszą odległość (2) od przedstawionego na wejściu wzorca wygrywa współzawodnictwo z innymi neuronami.

$$q = \sqrt{\sum_{k=0}^n (w_{ik} - x_{ik})^2} \quad (2)$$

gdzie:  $w_{ik}$  –  $k$ -ty element  $i$ -tego wektora wag

$x_{ik}$  –  $k$ -ty element  $i$ -tego wektora wejściowego (obiektu)

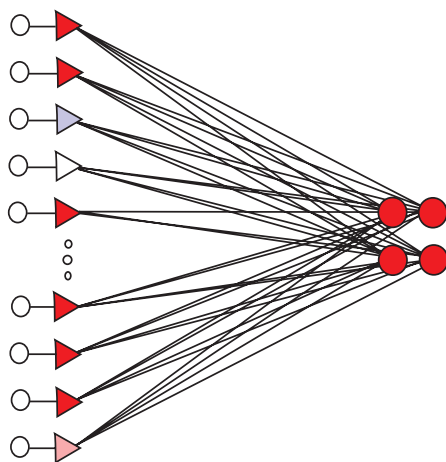
Neuron wygrywający wraz ze swoimi sąsiadami aktualizuje swoje wagi i zbliża się do najbliższego obiektu wejściowego. Proces kształtowania wag połączeń pomiędzy poszczególnymi neuronami (uczenia się sieci) prowadzi do odwzorowania struktury danych wejściowych na płaszczyźnie w postaci mapy topologicznej<sup>5</sup>.

<sup>2</sup> E. Nowak, *Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych*, PWE, Warszawa 1980, s. 80.

<sup>3</sup> T. Grabiński, A. Sokołowski, *Z badań nad efektywnością wybranych procedur taksonomicznych*, ZN AE w Krakowie nr 181/1984, s. 63–79.

<sup>4</sup> R. Tadeusiewicz, P. Lula, *STATISTICA Neural Networks*, StatSoft Polska, Kraków 1999.

<sup>5</sup> Dla potrzeb analizy wykorzystano pakiet *Statistica Neural Networks*.



Rysunek 1. Widok sieci neuronowej typu SOM  
o czterech neuronach w warstwie wyjściowej

## WYBÓR ZMIENNYCH DIAGNOSTYCZNYCH

Wydaje się, że czynniki o największym znaczeniu dla wzrostu kapitału ludzkiego i intelektualnego, a w konsekwencji wzrostu gospodarczego są związane w głównej mierze z aspektami edukacji, kształcenia, doskonalenia zawodowego, wynalazczości, sytuacją na rynku pracy czy z wyposażeniem w infrastrukturę teleinformatyczną. Nie bez znaczenia pozostają także warunki bytowe ludności, w tym zwłaszcza opieka zdrowotna oraz uwarunkowania o charakterze demograficznym. Ostatecznie do analizy państw Unii Europejskiej ze względu na zasoby kapitału ludzkiego i intelektualnego wybrano zestaw 15 zmiennych reprezentujących wyżej wymienione aspekty:

- $X_1$  – 18-latkowie kontynuujący naukę w % wszystkich 18-latków, 2002,
- $X_2$  – Uczniowie szkół średnich uczący się języka angielskiego jako j. obcego w % uczniów, 2001,
- $X_3$  – Ludność w wieku 25–64 lat, posiadająca co najmniej wykształcenie średnie w % ludności, 2002,
- $X_4$  – Przeciętne roczne wydatki publiczne na szkolnictwo wyższe w przeliczeniu na 1 studenta (wg Parytetu Siły Nabywczej w euro), 2001,
- $X_5$  – Studenci szkół wyższych na 1000 ludności, 2000/2001,
- $X_6$  – Nakłady na działalność badawczą i rozwojową w % PKB, 1999,
- $X_7$  – Wynalazki zgłoszone, 2000,
- $X_8$  – Zatrudnienie w sektorach usług bazujących na wiedzy specjalistycznej (*ang. knowledge-intensive service sectors*) w % zatrudnienia ogółem, 2002,

- $X_9$  – Ludność pracująca (w wieku 25–64 lat) biorąca udział w różnych formach edukacji, szkoleniach itp. (*ang. life-long learning*), 2002,  
 $X_{10}$  – Bezrobocie długoterminowe (powyżej 12 miesięcy) w % ludności aktywnej zawodowo, 2002,  
 $X_{11}$  – Różnica między przeciętną płacą brutto kobiety i mężczyzny za przepracowaną godzinę (w % przeciętej płacy brutto mężczyzny za przepracowaną godzinę), 2001,  
 $X_{12}$  – Odsetek gospodarstw domowych posiadających dostęp do internetu, 2001,  
 $X_{13}$  – Zgony niemowląt na 1000 urodzeń żywych, 2001,  
 $X_{14}$  – Przyrost naturalny na 1000 ludności, 2001,  
 $X_{15}$  – Saldo emigracji ludności (na 1000 mieszkańców), 2001.  
Wartości zaproponowanych zmiennych zawiera tabela 1.

Tabela 1

Wartości zmiennych dla państw rozszerzonej Unii Europejskiej

|            | $X_1$ | $X_2$       | $X_3$ | $X_4$   | $X_5$  | $X_6$ | $X_7$  | $X_8$ | $X_9$ | $X_{10}$ | $X_{11}$ | $X_{12}$ | $X_{13}$ | $X_{14}$ | $X_{15}$ |
|------------|-------|-------------|-------|---------|--------|-------|--------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1          | 2     | 3           | 4     | 5       | 6      | 7     | 8      | 9     | 10    | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       |
| Austria    | 69,1  | <b>96,9</b> | 78,2  | 10 765  | 326    | 1,8   | 1284   | 6,59  | 7,5   | 0,9      | 20       | 46,2     | 4,8      | 0,1      | 2,2      |
| Belgia     | 86,6  | 94,1        | 60,3  | 10 671  | 350    | 2,0   | 1615   | 6,68  | 6,5   | 3,5      | 12       | 34,7     | 5,0      | 1,1      | 3,5      |
| Cypr       | 23,2  | 89,8        | 66,5  | 16 809  | 157    | 1,42  | 7      | 1,11  | 3,7   | 0,8      | 26       | 20       | 4,9      | 4,7      | 6,6      |
| Czechy     | 87,5  | 96,6        | 87,8  | 5128    | 253    | 1,42  | 139    | 8,93  | 5,9   | 3,7      | 26       | 11       | 4,0      | -1,6     | -0,8     |
| Dania      | 78,2  | 91,0        | 80,0  | 13 654  | 357    | 2,1   | 1062   | 6,31  | 18,4  | 0,9      | 15       | 58,9     | 4,9      | 1,3      | 2,2      |
| Estonia    | 77,0  | 90,9        | 87,5  | 5385    | 423    | 0,5   | 16     | 3,41  | 5,2   | 5,0      | 24       | 9,8      | 8,8      | -4,3     | 0,1      |
| Finlandia  | 89,3  | 99,5        | 74,7  | 9070    | 540    | 3,2   | 1777   | 7,38  | 18,9  | 2,3      | 17       | 48,1     | 3,2      | 1,4      | 1,2      |
| Francja    | 80,2  | 99,3        | 64,1  | 8041    | 344    | 2,2   | 8384   | 6,82  | 2,7   | 3,0      | 14       | 26,2     | 4,6      | 4,2      | 1,0      |
| Grecja     | 75,9  | 94,3        | 52,7  | 3944    | 477    | 0,7   | 64     | 2,20  | 1,2   | 5,1      | 18       | 11,7     | 5,9      | -0,2     | 3,1      |
| Hiszpania  | 68,7  | 95,5        | 41,6  | 7105    | 457    | 0,9   | 989    | 5,35  | 5,0   | 3,9      | 17       | 23,4     | 3,9      | 1,3      | 10,6     |
| Holandia   | 76,8  | 98,2        | 67,6  | 8147,55 | 315    | 2,0   | 3629   | 4,06  | 16,4  | 0,7      | 19       | 58,5     | 5,3      | 3,9      | 3,5      |
| Irlandia   | 78,4  | 90,81       | 60,3  | 9281    | 435    | 1,2   | 360    | 6,85  | 7,7   | 1,3      | 17       | 46,2     | 5,8      | 7,3      | 11,8     |
| Litwa      | 85,2  | 73,7        | 84,8  | 3355    | 391    | 0,4   | 5      | 2,64  | 3,3   | 7,3      | 16       | 3,2      | 7,8      | -2,5     | -0,7     |
| Luksemburg | 70,3  | 93,1        | 61,6  | 8147,55 | 360,09 | 1,42  | 87     | 1,22  | 7,7   | 0,7      | 17       | 43,6     | 5,9      | 4,0      | 7,5      |
| Łotwa      | 76,6  | 89,2        | 82,6  | 8147,55 | 435    | 0,2   | 9      | 1,91  | 8,2   | 5,7      | 16       | 2,3      | 11,0     | -5,7     | -2,2     |
| Malta      | 56,6  | 80,7        | 69,84 | 6293    | 190    | 1,42  | 7      | 5,80  | 4,4   | 3,2      | 10       | 11,14    | 4,8      | 2,3      | 5,9      |
| Niemcy     | 85,7  | 92,0        | 83,0  | 9807    | 253    | 2,4   | 25 072 | 11,36 | 5,8   | 4,1      | 21       | 37,9     | 4,3      | -1,1     | 3,3      |
| Polska     | 85,0  | 90,1        | 80,8  | 3580    | 459    | 0,4   | 118    | 5,80  | 4,3   | 10,8     | 15       | 7,7      | 7,7      | 0,1      | -0,4     |

| 1               | 2    | 3            | 4    | 5              | 6   | 7           | 8    | 9    | 10   | 11   | 12 | 13           | 14  | 15   | 16  |
|-----------------|------|--------------|------|----------------|-----|-------------|------|------|------|------|----|--------------|-----|------|-----|
| Portugalia      | 60,5 | <i>90,81</i> | 20,6 | 6750           | 378 | 0,8         | 41   | 3,33 | 2,9  | 1,8  | 10 | 23,4         | 5,0 | 0,7  | 5,7 |
| Słowacja        | 63,8 | 95,9         | 85,8 | 4895           | 266 | 0,4         | 37   | 8,20 | 9,0  | 12,2 | 20 | <i>11,14</i> | 6,2 | -0,2 | 0,2 |
| Słowenia        | 83,8 | 95,6         | 76,8 | <i>8147,55</i> | 460 | 0,6         | 50   | 9,22 | 9,1  | 3,4  | 11 | 24           | 4,2 | -0,5 | 2,5 |
| Szwecja         | 93,6 | 99,8         | 81,4 | 13793          | 403 | 3,8         | 3203 | 7,27 | 18,4 | 1,0  | 18 | 64,3         | 3,2 | -0,2 | 3,2 |
| Węgry           | 73,3 | 60,6         | 71,4 | 6934           | 324 | <i>1,42</i> | 187  | 8,50 | 3,2  | 2,4  | 19 | <i>11,14</i> | 8,1 | -3,5 | 1,0 |
| Wielka Brytania | 56,9 | <i>90,81</i> | 81,7 | <i>8147,55</i> | 345 | 1,9         | 7657 | 6,71 | 22,3 | 1,1  | 21 | 46,5         | 5,5 | 1,2  | 3,1 |
| Włochy          | 73,2 | 81,0         | 44,3 | 7691           | 313 | 1,0         | 4431 | 7,37 | 4,60 | 5,3  | 6  | 32,9         | 4,3 | -0,1 | 2,2 |

Źródło: EUROSTAT<sup>6</sup>, *Rocznik Statystyki Międzynarodowej 2003*, GUS, Warszawa 2003.

Należy zauważyć, że poza kryterium merytorycznym, o wyborze zmiennych do analizy zadecydowały: odpowiednio wysoki współczynnik zmienności (większy od 0,2), niewysoka wzajemna korelacja zmiennych (współczynnik korelacji mniejszy od 0,8), a także kryterium dostępności informacji statystycznej.

W przypadku niedostępności danych w badanym okresie zastępowano je danymi z najbliższego okresu (wartości te w tabeli 1 pogrubiono). Natomiast w przypadku całkowitej niedostępności danych dla potrzeb badania zastąpiono je średnimi wartościami danej zmiennej dla pozostałych przypadków (wartości te odznaczono w tabeli 1 kursywą).

Należy dodać, że przy korzystaniu z odległości euklidesowej wszystkie zmienne muszą być mierzone w tych samych jednostkach miary lub wartości cech muszą być normalizowane.

W celu doprowadzenia różnoimiennych cech do ich wzajemnej porównywalności dokonujemy normalizacji zmiennych zgodnie z formułą standaryzacji<sup>7</sup>:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S(x_j)} \quad (3)$$

gdzie:

( $i=1, \dots, m$ ), ( $j=1, \dots, n$ )

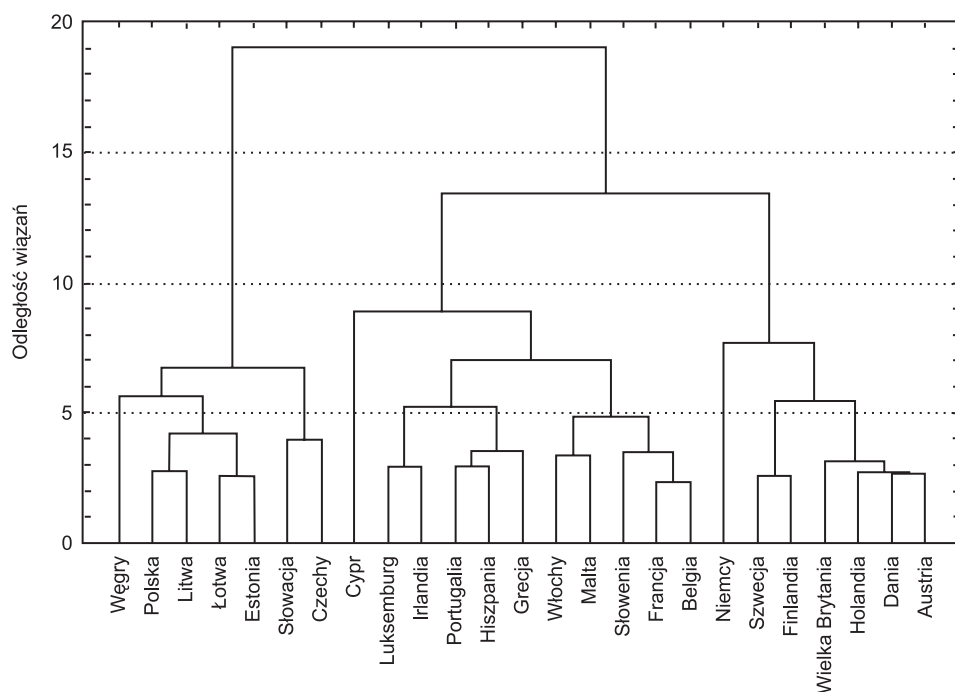
$$\bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ij}, \quad S(x_j) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}$$

<sup>6</sup> <http://europa.eu.int/comm/eurostat/newcronos/queen/display.do?screen=welcome&open=/&product=YES&depth=2&language=en>.

<sup>7</sup> Inne formuły normalizacji zmiennych to np.: rangowanie, przekształcenie ilorazowe czy unitaryzacja.

## GRUPOWANIE PAŃSTW UNII EUROPEJSKIEJ ZA POMOCĄ WYBRANYCH METOD

Wynikiem przeprowadzenia grupowania metodą Warda jest dendrogram zaprezentowany na rys. 2. W zależności od rozpatrywanej odległości między obiektami wyróżniamy mniejszą lub większą liczbę skupień. Z reguły w grupowaniu należy uwzględnić postulat, aby podział końcowy był w pewnym sensie ekonomiczny, tj. liczba wyróżnionych podzbiorów niezbyt duża, same podzbiory dobrze wyseparowane i wewnętrznie spójne<sup>8</sup>. Biorąc za podstawę podziału bliskie sąsiedztwo obiektów (w metodzie Warda) czy większy wymiar mapy topologicznej (sieci neuronowe) uzyskujemy podzbiory państw bardzo do siebie podobnych, ale równocześnie niektóre państwa tworzą skupienia jednoelementowe, co pogarsza efektywność grupowania i nie zawsze znajduje dostateczne uzasadnienia w tak daleko idącej odmienności. Ostatecznie zostaną omówione trzy podziały uwzględniające różne odległości wiązań z liczbą skupień dwa, trzy i siedem.



Rysunek 2. Grupowanie państw Unii Europejskiej metodą Warda

<sup>8</sup> J. Kolonko, *Analiza dyskryminacyjna i jej zastosowania w ekonomii*, PWN, Warszawa 1980, s. 8.

W podziale państw na dwa skupienia metodą Warda (odległość wiązania na poziomie 15) uzyskujemy grupowanie w dużej mierze przebiegające na linii geopolitycznego podziału na „dotychczasowych” i „nowych” członków Unii Europejskiej (rys. 2). W skład pierwszego skupienia (A) wchodzi siedem z dzieśięciu „nowych” członków – bez Cypru, Słowenii i Malty, które wraz z państwami byłej „piętnastki” utworzyły drugie skupienie (B) (rys. 2). Wydaje się to logiczne ze względu na krótki okres udziału nowych krajów w Unii Europejskiej. Natomiast trzy kraje: Cypr, Słowenia i Malta, utworzyły wspólną grupę z dotychczasowymi krajami Unii i mają szansę w niedługim czasie osiągnąć poziom „starych” członków tej organizacji w zakresie cech charakteryzujących zasoby kapitału ludzkiego i intelektualnego. W podziale państw na dwa skupienia, Polska znalazła się w grupie B wraz z Czechami, Estonią, Litwą, Łotwą, Słowacją i Węgrami. Skupienie to wyróżnia niekorzystna sytuacja w dziedzinie edukacji i doskonalenia zawodowego (wyższe wartości zmiennych  $X_2$ ,  $X_4$ ,  $X_9$ ), niższe nakłady na badania i rozwój ( $X_6$ ), niższa wynalazczość ( $X_7$ ), gorsze wyposażenie w infrastrukturę teleinformatyczną ( $X_{12}$ ) oraz niekorzystna sytuacja na rynku pracy ( $X_8$ ,  $X_{10}$ ,  $X_{11}$ ) i sytuacja demograficzna ( $X_{13}$ ,  $X_{14}$  i  $X_{15}$ ).

Podobne wyniki (jak w metodzie Warda) w grupowaniu państw ze względu na zasoby kapitału ludzkiego i intelektualnego uzyskano przy użyciu sztucznych sieci neuronowych typu SOM z dwoma neuronami w warstwie wyjściowej (tabela 2). Skupienie A zawiera 17 krajów, zaś B – 8 powiększone zostało jedynie o Grecję. Grupowanie państw przy użyciu obu zaproponowanych metod jest więc prawie identyczne.

W podziale państw na trzy skupienia (tabela 2) (odległość wiązania na poziomie 10) wyróżnić można skupienie  $A_1$ , które tworzą: Austria, Dania, Finlandia, Holandia, Niemcy, Szwecja, Wielka Brytania oraz skupienie  $A_2$  składające się z: Belgii, Cypru, Hiszpanii, Francji, Grecji, Irlandii, Luksemburga, Malty, Portugalii, Słowenii, Włoch. Natomiast skład grupy  $A_3$  pokrywa się ze skupieniem B (metoda Warda) w klasyfikacji uzyskanej przy najwyższej odległości wiązania. Pozycja Polski (skupienie  $A_3$ ) w obydwu klasyfikacjach w zakresie omawianej problematyki pozostaje bez zmian i jest porównywalna z pozycją Czech, Estonii, Litwy, Łotwy, Słowacji i Węgier (metoda Warda) oraz Grecji (metoda SOM). Klasyfikacja państw do trzech skupień owocuje natomiast dodatkowym podziałem skupienia A na dwie wyraźnie różniące się podgrupy  $A_1$  i  $A_2$ . Skupienie  $A_1$  to podgrupa o korzystniejszej sytuacji: na rynku pracy ( $X_8$ ,  $X_{11}$ ), w dziedzinie edukacji i nauki ( $X_1$ – $X_4$ ,  $X_6$ ), na gruncie wynalazczości ( $X_7$ ) i dostępu do Internetu ( $X_{12}$ ). Jednocześnie omawiane skupienie charakteryzuje gorsza sytuacja demograficzna ( $X_{14}$ ,  $X_{15}$ ). Z tej analizy wyłania się ostatecznie bardziej sprzyjający obraz w zakresie poruszanej problematyki w skupieniu  $A_1$  w porównaniu z państwami skupienia  $A_2$  i tym bardziej skupienia  $A_3$ .

W porównaniu z metodą Warda, grupowanie państw metodą SOM (trzy neurony w warstwie wyjściowej) dało prawie identyczne rezultaty. Jedynie Grecja zaliczona została do skupienia  $A_3$ .

Tabela 2

Grupowanie państw do dwóch (A, B) i trzech ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ) skupień wg zaproponowanych metod

| Metoda | SKUPIENIE A                                                                  |                                                                                                                     | SKUPIENIE B                                                                   |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|        | Skupienie $A_1$                                                              | Skupienie $A_2$                                                                                                     | Skupienie $A_3$                                                               |
| Warda  | Austria, Dania, Finlandia, Holandia, Niemcy, Szwecja, Wielka Brytania<br>(7) | Belgia, Cypr, Hiszpania, Francja, <b>Grecja</b> , Irlandia, Luksemburg, Malta, Portugalia, Słowenia, Włochy<br>(11) | Czechy, Estonia, Litwa, Łotwa, Polska, Słowacja, Węgry<br>(7)                 |
| SOM    | Austria, Dania, Finlandia, Holandia, Niemcy, Szwecja, Wielka Brytania<br>(7) | Belgia, Cypr, Hiszpania, Francja, Irlandia, Luksemburg, Malta, Portugalia, Słowenia, Włochy<br>(10)                 | Czechy, Estonia, <b>Grecja</b> , Litwa, Łotwa, Polska, Słowacja, Węgry<br>(8) |

Źródło: opracowanie własne.

Bardziej szczegółowe podziały w ramach grupy 25 państw, wymagają przemyślenia z punktu widzenia wspomnianego kryterium ekonomiczności. W niniejszym opracowaniu zostanie zaproponowany jeszcze jeden podział krajów UE, mianowicie podział na siedem skupień przy odległości wiązania na poziomie 6 z omówieniem pozycji Polski w takiej klasyfikacji.

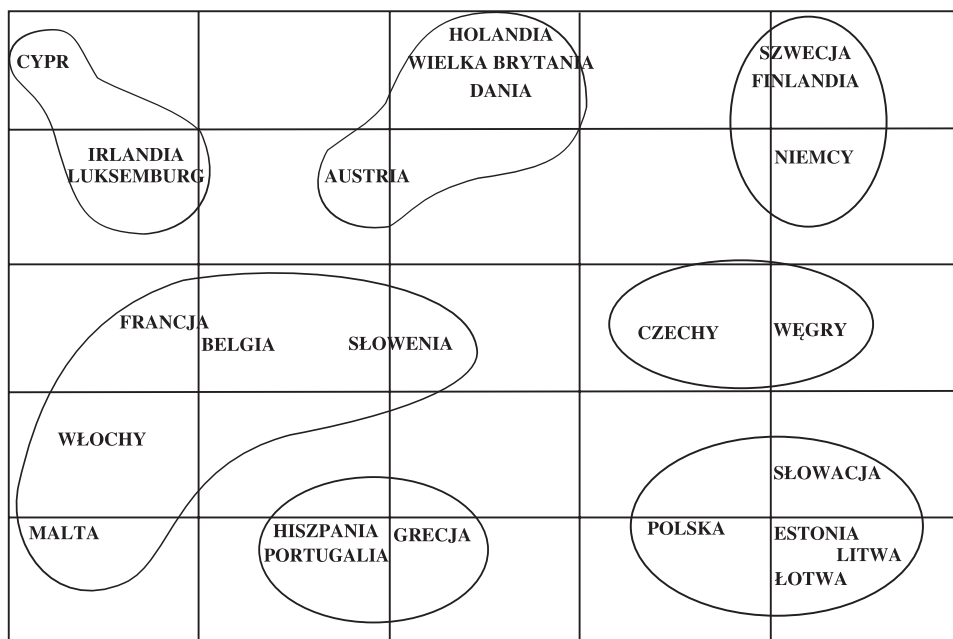
Tabela 3

Grupowanie państw do siedmiu skupień wg zaproponowanych metod

| Skupienie | Metoda Warda                                                                  | SOM                                            |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| I         | Estonia, Litwa, Łotwa, Polska, <b>Węgry</b>                                   | Estonia, Litwa, Łotwa, Polska, <b>Słowacja</b> |
| II        | Czechy, <b>Słowacja</b> ,                                                     | Czechy, <b>Węgry</b>                           |
| III       | Cypr                                                                          | Cypr, <b>Irlandia, Luksemburg</b>              |
| IV        | Grecja, Hiszpania, <b>Irlandia, Luksemburg</b> , Portugalia                   | Grecja, Hiszpania, Portugalia                  |
| V         | Belgia, Francja, Malta, Słowenia, Włochy                                      | Belgia, Francja, Malta, Słowenia, Włochy       |
| VI        | Niemcy                                                                        | <b>Finlandia</b> , Niemcy, <b>Szwecja</b> ,    |
| VII       | Austria, Dania, <b>Finlandia</b> , Holandia, <b>Szwecja</b> , Wielka Brytania | Austria, Dania, Holandia, Wielka Brytania      |

Źródło: opracowanie własne.

Grupowanie członków UE do siedmiu skupień jest dalszą bardziej szczegółową dyskryminacją dużych skupień A i B. I tak, w ramach krajów grupy B (a tym samym skupienia  $A_3$ ) wyróżnić można skupienie I, którego trzon stanowią Estonia, Litwa, Łotwa i Polska oraz skupienie II, gdzie bezsprzecznie należą Czechy oraz w zależności od metody Węgry (SOM) lub Słowacja (metoda Warda) (tabela 3, rys. 3). Gdyby Czechy, Słowacja i Węgry zostały wspólnie zakwalifikowane do skupienia nr II, to w porównaniu ze skupieniem nr I wyróżniałyby je: wyższe wydatki na 1 studenta ( $X_4$ ), niższa liczba studentów ( $X_5$ ) a także wysokie zatrudnienie w sektorach *knowledge-intensive* ( $X_8$ ). Czechy i Słowacja mają ponadto wyższy odsetek osób pracujących, które doskonalały swoje umiejętności ( $X_9$ ) oraz niższą liczbę zgonów niemowląt ( $X_{13}$ ), zaś o przypisaniu Węgier do wspólnego skupienia z Czechami zadecydowała wyższa wynalazczość ( $X_7$ ) oraz niższe bezrobocie ( $X_{10}$ ). Bez względu na ostateczną kwalifikację państw do skupienia nr II, niezaprzeczalny jest fakt, że państwa tworzące rdzeń skupienia nr I (Estonia, Litwa, Łotwa i Polska) to kraje o najgorszej pozycji wśród członków UE ze względu na rozpatrywany zestaw cech, zaś Słowacja, Węgry i przede wszystkim Czechy to państwa, które wyróżniają się pozytywnie w skupieniu B czy  $A_3$ .



Rysunek 3. Grupowanie państw do siedmiu skupień metodą SOM  
(mapa topologiczna o wymiarach 5x5)

Metoda Warda okazuje się być bardziej wrażliwa na wartości skrajne, gdyż w podziale na siedem skupień proponuje aż dwa skupienia jednoelementowe – dla Cypru i dla Niemiec. Jednakże różnice w grupowaniu obiektów dotyczyły państw, które ze względu na zestaw cech zajmowały pozycje odległe od centrów zaproponowanych skupień i tym samym odmienne ich grupowanie jest dopuszczalne i uzasadnione. W większości przypadków zaproponowane metody pozwoliły osiągnąć podobne wyniki, przy czym zbieżność ta była tym większa, im mniejszą liczbę skupień braliśmy pod uwagę.

## PODSUMOWANIE

Inwestycje w kapitał ludzki i intelektualny stanowią obecnie ważny czynnik wzrostu gospodarczego. W państwach Unii Europejskiej poziom tych zasobów jest znacznie zróżnicowany, co ma negatywny wpływ na całą organizację. Celowe więc wydaje się wyróżnienie państw o podobnym poziomie kapitału ludzkiego i intelektualnego, aby poprzez zwiększenie inwestycji w krajach znacznie ograniczonych w te zasoby, zmniejszyć dystans rozwojowy krajów Unii.

W pracy dokonano więc grupowania państw Unii Europejskiej ze względu na zasoby kapitału ludzkiego i intelektualnego wykorzystując dwie metody: Warda i stosunkowo jeszcze mało rozpowszechnioną metodę sztucznych sieci neuronowych. Zaproponowany w analizie zestaw cech diagnostycznych zawierał 15 zmiennych, które po weryfikacji merytorycznej i statystycznej stanowiły podstawę klasyfikacji państw. W zależności od odległości wiązania wyróżniono podział państw na dwa, trzy i siedem skupień. Skład poszczególnych grup uzyskany przy zastosowaniu obu metod jest bardzo zbliżony, co wskazuje na możliwość wykorzystywania w tego typu badaniach jednej z nich. Polska w zakresie zasobów kapitału ludzkiego i intelektualnego ma poziom zbliżony do Czech, Estonii, Litwy, Łotwy, Słowacji i Węgier. Wydaje się, że obecnie tylko trzy kraje spośród dziesięciu, które przystąpiły do Unii Europejskiej w maju 2004 roku, tj. Cypr, Słowenia i Malta, mają szansę dorównać do poziomu państw byłej „piętnastki”. Pozostałe państwa, w tym Polska, muszą ponieść jeszcze znaczne nakłady na rozwój kapitału ludzkiego i intelektualnego.

## LITERATURA

- Balcerowicz L., *Państwo w przebudowie*, Wydawnictwo Znak, Kraków 1999.  
Domański R. S., *Kapitał ludzki i wzrost gospodarczy*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.

- Grabiński T., Sokołowski A., *Z badań nad efektywnością wybranych procedur taksonomicznych*, ZN AE w Krakowie nr 181/1984, s. 63–79.
- Kolonko J., *Analiza dyskryminacyjna i jej zastosowania w ekonomii*, PWN, Warszawa 1980.
- Migdał-Najman K., Najman K., *Zastosowanie sieci neuronowej typu SOM w badaniu różnicowania powiatów*, „Wiadomości Statystyczne” nr 4/200.
- Nowak E., *Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych*, PWE, Warszawa 1977.
- Pluta W., *Wielowymiarowa analiza porównawcza w badaniach ekonomicznych*, PWE, Warszawa 1977.
- Tadeusiewicz R., Lula P., *STATISTICA Neural Networks*, StatSoft Polska, Kraków 1999.

## **Grouping the Countries of European Union with Regard to the Human Capital Resources**

### *Summary*

Among many matters discussed now concerning the human capital issues, the authors focused their attention on the existence of inner homogenic groups created by 25 EU countries from the point of view of selected characteristics describing the quality of human capital. The issue of clustering objects was dealt with by using methods of the Ward's Amalgamation (Tree Clustering) and Neural Networks of SOM type.

In the analysis there were identified two, three and seven clusters (depending on the linkage distance – Ward Amalgamation). The most explicit division is the one into two clusters of countries, which is in majority of cases about the same as political division of the countries of „previous” and „new” members. Next, the division into three or seven clusters seems to result mainly from the further divisions within the two large clusters (A and B). Comparing with the class A, the class B (with Poland, Czech Republic, Estonia, Latvia, Lithuania, Slovakia and Hungary) is a group of much worse position with regard to the range of suggested variables. In relation to the conducted analysis, as interesting question is, whether the divisions based on a distance in development have a chance of being blurred after the 1<sup>st</sup> of May 2004.

As to the conclusion of methodological nature, what is worth emphasizing is the high effectiveness of employing Kohonen Networks and large conformity between the results reached with SOMs and Ward's Amalgamation clustering.