

BADANIE PRZESTRZENNEJ JEDNORODNOŚCI ROZWOJU ZRÓWNOWAŻONEGO TRANSPORTU W UNII EUROPEJSKIEJ

DATA PRZESŁANIA: 24.09.2016 | DATA AKCEPTACJI: 12.12.2016 | KODY JEL: C38, O11, P36

Katarzyna Cheba

Wydział Ekonomiczny, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
e-mail: katarzyna.cheba@zut.edu.pl

STRESZCZENIE

Celem badań przedstawionych w opracowaniu jest analiza przestrzennej jednorodności (niejednorodności) rozwoju Unii Europejskiej w obszarze zrównoważonego transportu. Badanie jednorodności rozwoju Unii w tym obszarze przeprowadzone zostało przy użyciu rachunku wektorowego na podstawie danych dotyczących zrównoważonego transportu prezentowanych w bazie Eurostat. Pomiar zrównoważonego rozwoju jest zagadnieniem dość często przywoływanym w literaturze przedmiotu. Nadal jednak otwartą kwestią pozostają problemy związane z identyfikowaniem i pomiarem różnych obszarów tego rozwoju, w tym także dotyczące zrównoważonego transportu. Wyniki przeprowadzonych analiz potwierdziły znaczne zróżnicowanie krajów Unii Europejskiej w tym obszarze, co oznacza między innymi brak spójności i małą integrację podejmowanych działań w tym obszarze.

SŁOWA KLUCZOWE

zrównoważony transport, Unia Europejska, przestrzenna jednorodność rozwoju, rachunek wektorowy

WPROWADZENIE

Jednym z istotnych obszarów zrównoważonego rozwoju są zmiany obejmujące sektor transportowy, który jest silnie uwarunkowany zarówno społecznie, ekonomicznie, prawnie, jak i technologicznie. Jest on również silnie zintegrowany z pozostałymi dziedzinami gospodarki, komplementarny z innymi rodzajami działalności i jednocześnie powiązany z sektorami transportowymi sąsiednich krajów. Oznacza to, że duże przestrzenne zróżnicowanie (w opracowaniu rozpatrywane w układzie krajów Unii Europejskiej) wskaźników opisujących na przykład zrównoważony rozwój tego sektora będzie również rzutowało na zmiany zachodzące w pozostałych

obszarach zrównoważonego rozwoju. Interesująca wydaje się w związku z tym analiza wewnętrznego poziomu przestrzennej jednorodności (niejednorodności) Unii Europejskiej przeprowadzona przy użyciu wskaźników opisujących zrównoważony transport, prezentowanych w bazie Eurostat. Do badania przestrzennej jednorodności (niejednorodności) rozwoju różnych obszarów społeczno-gospodarczych można oprócz standardowych analiz wykorzystujących podstawowe charakterystyki opisowe posłużyć się także bardziej zaawansowanymi metodami analitycznymi, na przykład opisanym w literaturze przedmiotu rachunkiem wektorowym (Nermend, 2008). Analizy tego typu wpisują się w strategiczne cele rozwojowe Unii Europejskiej, w tym przede wszystkim dotyczące równomiernego rozwoju poszczególnych państw członkowskich Unii.

Celem artykułu jest analiza przestrzennej jednorodności (niejednorodności) rozwoju krajów Unii Europejskiej w obszarze zrównoważonego transportu przy użyciu rachunku wektorowego. Prezentowane opracowanie podzielone zostało na trzy części obejmujące: 1) teoretyczne podstawy pomiaru zrównoważonego rozwoju oraz możliwości wykorzystania w tym zakresie rachunku wektorowego; 2) wyniki badania przestrzennej jednorodności krajów Unii Europejskiej w obszarze zrównoważonego transportu oraz 3) wnioski i kierunki dalszych analiz.

PRZEGLĄD LITERATURY

Analizowany w opracowaniu problem badawczy dotyczący pomiaru jednorodności rozwoju Unii Europejskiej w obszarze zrównoważonego transportu wymaga odniesienia się do takich zagadnień, jak: zrównoważony transport oraz jego pomiar. Jednoznaczne zdefiniowanie pojęcia *zrównoważony transport* jest dość trudne. W literaturze przedmiotu można spotkać różne określenia: poza zrównoważonym transportem także *transport zrównoważony środowiskowo* czy *system zrównoważonego transportu*, które ze względu na niewielkie różnice traktuje się jednak jako synonimy (Bartniczak, 2013, s. 155–163). W większości definicji zrównoważonego transportu podkreśla się aspekty: ekonomiczne, społeczne i ekologiczne, a samo pojęcie *zrównoważonego transportu* odnosi się do pojęcia *zrównoważonego rozwoju*. Do podstawowych cech zrównoważonego transportu zalicza się przede wszystkim (Brzustewicz, 2013, s. 85–96): 1) dążenie do zaspokajania potrzeb w zakresie mobilności; 2) podejmowanie działań mających na celu poprawę jakości życia mieszkańców; 3) efektywne wykorzystanie dostępnych zasobów; 4) dbałość o zdrowie ludzkie i jakość środowiska; 5) przystępność cenową oraz wspieranie konkurencyjności gospodarki. Szczegółowy zakres celów i działań dotyczących zrównoważonego rozwoju, w tym także zrównoważonego transportu, określony został w długoterminowej Strategii Zrównoważonego Rozwoju Unii Europejskiej oraz w wielu innych unijnych dokumentach strategicznych, w tym między innymi w: Strategii Lizbońskiej, Strategii *Europa 2020* oraz w takich dokumentach, jak: Białe Księgi – zawierające propozycje kierunków zmian wspólnej polityki Unii Europejskiej na przykład w obszarze transportu czy klimatu oraz Zielone Księgi – tj. sektorowe dokumenty dotyczące wąskiego obszaru integracji Unii Europejskiej, zawierające wskazówki o charakterze ogólnym (*Wskaźniki...*, 2015). Oprócz konieczności identyfikacji zestawu wskaźników pozwalających na prowadzenie analiz porównawczych w tym obszarze ważnym zagadnieniem jest również sam pomiar zrównoważonego rozwoju dotyczący wyboru metod pozwalających oprócz bezpośredniego porównywania wartości uzyskanych wskaźników na bardziej zaawansowane analizy. Doświadczenia i praktyka krajów Unii Europejskiej w tym zakresie są znacznie zróżnicowane. Różnice w doborze wskaźników i sposobach ich pomiaru dotyczą wszystkich obszarów zrównoważonego rozwoju, w tym także obszaru zrównoważonego transportu. W literaturze przedmiotu zagadnieniem pomiaru zrównoważonego transportu zajmują się między innymi tacy autorzy, jak: Brzeziński i Rezwow (2007), Kassenberg (2008), Friedberg (2009), Borys (2009),

Przybyłowski (2011), Bartniczak (2013). Przykłady wykorzystania metod ilościowych do pomiaru zrównoważonego transportu można odnaleźć w literaturze przedmiotu w przypadku takich autorów, jak: Kennedy (2005), Anderson, Allen i Browne (2005), Wellar (2009). Kennedy (2005) zaproponował na przykład w swojej pracy pomiar zrównoważonego transportu na podstawie czterech tak zwanych filarów obejmujących: skuteczne zarządzanie transportem; sprawiedliwe, skuteczne i stabilne finansowanie inwestycji transportowych; strategiczne inwestycje transportowe oraz dbałość o środowisko. Z kolei Anderson i in. (2005) skupił swoją uwagę na transporcie towarowym, a w szczególności na sposobach i środkach poprawiających wpływ tego transportu na środowisko. Propozycję listy wskaźników mierzących zrównoważony transport przedstawili w swojej pracy na przykład Litman i Burwell (2006), natomiast Wellar (2009) zaprezentował obszerną listę propozycji wykorzystania różnego rodzaju metod do oceny zrównoważonego transportu miejskiego. W literaturze polskiej szczególnie cenne są prace autorstwa Borysa (2009). Wszyscy przywołani autorzy zwracają w swoich pracach uwagę, że pomiar wskaźnikowy cech opisujących zrównoważony transport jest zagadnieniem niezwykle trudnym, różnie prezentowanym w literaturze w zależności od rodzaju analizowanego środka transportu (transport miejski, towarowy, morski itp.) oraz celu prowadzonych analiz (analizy porównawcze, optymalizacyjne, aksjologiczne itp.). Szczególnie istotna jest tutaj możliwość prowadzenia analiz porównawczych na bazie wyselekcjonowanego zbioru wskaźników dostępnych na różnych poziomach agregacji danych.

W przypadku wskaźników zrównoważonego rozwoju mierzonych na poziomie poszczególnych krajów członkowskich Unii Europejskiej podstawę do porównań stanowi obowiązujący w statystyce Unii system pomiaru prowadzony przy użyciu wskaźników (tzw. Sustainable Development Indicators), które prezentują w sposób hierarchiczny trzy poziomy różnych celów monitorowanych w ramach Strategii Zrównoważonego Rozwoju Unii Europejskiej (EU Sustainable Development Strategy). Ogólne cele związane z kluczowymi wyzwaniem Strategii Zrównoważonego Rozwoju (tzw. poziom pierwszy) monitorowane są przez tak zwane wskaźniki wiodące (*Headline Indicators*). Poziom drugi (niższy) reprezentuje 31 wskaźników dotyczących celów operacyjnych (*Operational Indicators*), natomiast trzeci (najniższy) poziom obejmuje 84 wskaźniki opisujące działania, które uszczegółwiają wskaźniki wiodące (*Explanatory Indicators*). Obszar zrównoważonego transportu opisuje łącznie 12 wskaźników (tab. 1).

Tabela 1. Wskaźniki zrównoważonego transportu Unii Europejskiej

Wskaźnik wiodący	Wskaźniki operacyjne	Wskaźniki wyjaśniające
Konsumpcja energii w transporcie w relacji do PKB (x_1)	Transport i mobilność	
	Podział zadań przewozowych: - w transporcie towarowym (x_2) - w transporcie pasażerskim (x_3)	- wolumen transportu towarowego w relacji do PKB (x_6) - wolumen transportu pasażerskiego w relacji do PKB (x_7) - konsumpcja energii w transporcie w zależności od rodzaju środka transportu (x_8)
	Wpływ transportu - emisja gazów cieplarnianych związana z transportem (x_4) - liczba ofiar śmiertelnych wypadków drogowych (x_5)	- średnia emisja CO ₂ na 1 km przebiegu dla nowych samochodów osobowych (x_9) - emisja tlenków azotu przez środki transportu (x_{10}) - emisja pyłu zawieszony przez środki transportu (x_{11})
Wskaźnik kontekstowy	- ceny w transporcie pasażerskim (x_{12})	

Źródło: Sustainable Development Indicators – Theme 7 Sustainable Transport, <http://ec.europa.eu/eurostat/web/sdi/indicators/sustainable-transport>.

W dalszej części opracowania wskaźniki te zostaną wykorzystane do oceny stopnia jednorodności (niejednorodności) rozwoju krajów Unii Europejskiej w obszarze zrównoważonego transportu.

MATERIAŁ BADAWCZY

Do badania jednorodności (niejednorodności) rozwoju w obszarze zrównoważonego transportu wykorzystano cechy zdefiniowane przez Eurostat, których szczegółowy wykaz przedstawiony został w tabeli 1. Znaczna część z tych wskaźników (cechy: $x_1, x_4, x_5, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}$), to destymulanty, co oznacza, że ich wyższe wartości wskazują na niższy poziom analizowanego zjawiska, czyli za pożądane uznaje się ich niższe wartości (Hellwig, 1968). Natomiast pozostałe cechy mają raczej charakter informacyjny, opisujący między innymi podział zadań przewozowych w transporcie towarowym lub pasażerskim (cechy: x_2 i x_3) oraz wolumen transportu towarowego lub pasażerskiego w relacji do PKB (cechy: x_6 i x_7). Podobna sytuacja dotyczy również cechy opisującej ceny w transporcie pasażerskim (x_{12}).

Pozyskane z bazy Eurostat dane obejmują ostatnie dostępne informacje pochodzące z 2013 roku dla następujących cech: x_3, x_4, x_7, x_{10} oraz z 2014 roku dla pozostałych. Dodatkowo część z nich przedstawiono w podziałach uwzględnionych w bazie Eurostat. Cecha opisująca konsumpcję energii w transporcie w zależności od rodzaju środka transportu (x_8) przedstawiona została w podziale na: transport drogowy (x_{8a}) i kolejowy (x_{8b}). W podobny sposób zaprezentowano cechy: x_{10} – emisja tlenków azotu przez środki transportu, która w bazie danych Eurostat prezentowana jest w podziale na: emisję w transporcie drogowym (x_{10a}) i pozadrogowym (x_{10b}), oraz x_{11} – emisja pyłu zawieszonego przez środki transportu w transporcie drogowym (x_{11a}) oraz w transporcie poza drogowym (x_{11b}), przy czym wskaźnik ten wyznaczony został na bazie danych dotyczących 27 krajów członkowskich (bez Grecji, dla której Eurostat nie podaje wartości wskaźnika).

ZASTOSOWANA METODA BADAWCZA I OTRZYMANE WYNIKI

Do badania przestrzennej jednorodności w obszarze zrównoważonego transportu Unii Europejskiej wykorzystano rachunek wektorowy. Teoretyczne podstawy rachunku wektorowego oraz propozycje jego zastosowania w zakresie badania poziomu rozwoju obiektów społeczno-gospodarczych przedstawiono w pracach: Nermend (2012), Nermend i Tarczyńska-Łuniewska (2013). Rachunek wektorowy oprócz informacji o poziomie rozwoju w analizowanym obszarze poszczególnych państw Unii Europejskiej dostarcza również informacji pozwalających na ocenę przestrzennej jednorodności (niejednorodności) rozwoju większych obszarów, na przykład regionów geograficznych Europy, czy też zidentyfikowanych na przykład ze względu na podobny poziom rozwoju grup krajów.

Obliczenia z wykorzystaniem miary wektorowej rozpoczyna się od wyznaczenia tak zwanych dwójek uporządkowanych, które wykorzystywane są w dalszych obliczeniach zamiast liczb rzeczywistych. Dwójki te tworzą: wartość średnia i odchylenie standardowe oraz wartość średnia i wariancja (. Kolejnym krokiem jest wyznaczenie przyrostów, na podstawie których prowadzone są dalsze obliczenia przy użyciu wzorów (Nermend, Tarczyńska-Łuniewska, 2013):

$$\begin{pmatrix} \Delta\eta_i & \Delta\sigma_i \\ j & j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \eta_i - \eta_0 & \sigma_i - \sigma_0 \\ j & j \end{pmatrix} \text{ oraz } \begin{pmatrix} \Delta\eta_i & \Delta\sigma_i^2 \\ j & j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \eta_i - \eta_0 & \sigma_i^2 - \sigma_0^2 \\ j & j \end{pmatrix},$$

gdzie:

η_i – wartość średnia i -tej zmiennej j -tego obiektu,

$\Delta\sigma_i$ – odchylenie standardowe i -tej zmiennej j -tego obiektu,

$\Delta\sigma_i^2$ – wariancja i -tej zmiennej j -tego obiektu,

$\eta_0, \sigma_0, \sigma_0^2$ – punkty odniesienia odpowiednio dla przyrostu wartości średniej, dla przyrostu odchylenia standardowego oraz dla przyrostu wariancji, w praktyce najczęściej przyjmowane jako zero.

Kolejny krok to normowanie wyznaczonych par wartości (dwojek uporządkowanych), które przeprowadza się w następujący sposób (Nermend, Tarczyńska-Łuniewska, 2013):

$$\begin{pmatrix} \Delta\eta'_i & \Delta\sigma'_i \\ j & j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\Delta\eta_i - \Delta\bar{\eta}_i}{\sigma_{\eta_i}} & \frac{\Delta\sigma_i}{\sigma_{\eta_i}} \\ j & j \end{pmatrix} \text{ oraz } \begin{pmatrix} \Delta\eta''_i & \Delta\sigma''_i \\ j & j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\Delta\eta_i - \Delta\bar{\eta}_i}{\sigma_{\eta_i}} & \frac{\Delta\sigma_i^2}{\sigma_{\eta_i}^2} \\ j & j \end{pmatrix},$$

gdzie:

$\Delta\bar{\eta}_i$ – wartość średnia wartości średnich,

σ_{η_i} – odchylenie standardowe wartości średnich,

$\sigma_{\eta_i}^2$ – wariancja wartości średnich.

Przed wyznaczeniem miary syntetycznej wyznacza się: 1) wzorzec ($\Delta\eta''_i$), który w opracowaniu ustalony został na podstawie wartości trzeciego kwartyla dla stymulant oraz pierwszego kwartyla dla destymulant oraz 2) antywzorzec ($\Delta\eta'_i$), w przypadku którego jako jego współrzędne przyjęto wartości pierwszego kwartyla dla stymulant oraz wartości trzeciego kwartyla dla destymulant. Wartości miary syntetycznej dla wartości średnich w oparciu o iloczyny skalarne wektorów reprezentujących obiekty i wektory wzorca i antywzorca wyznacza się na podstawie wzoru (Nermend, Tarczyńska-Łuniewska, 2013):

$$\Delta m_{snj} = \frac{\sum_{i=1}^M (\Delta\eta'_{ij} - \Delta\eta'_{iaw}) (\Delta\eta'_{iaw} - \Delta\eta'_{iaw})}{\sum_{i=1}^M (\Delta\eta'_{iaw} - \Delta\eta'_{iaw})^2}.$$

Do wyznaczenia wektorowej miary syntetycznej wykorzystuje się współczynnik rzutu. W związku z tym, że współczynnika tego nie można wyznaczyć dla odchyżeń standardowych i wariancji, zakłada się, że miary te wyznaczają hiperkulę wokół punktu określającego położenie obiektu w przestrzeni. Pozwala to na określenie maksymalnego możliwego odchylenia miary syntetycznej przy użyciu: 1) odchylenia standardowego współczynnika rzutu oraz 2) wariancji współczynnika rzutu zgodnie ze wzorami (Nermend, Tarczyńska-Łuniewska, 2013):

$$\text{a) } \frac{\Delta m_{smax}}{j} = \frac{\max_i(\Delta\sigma'_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^M (\Delta\eta'_{iaw} - \Delta\eta'_{iaw})^2}}, \quad \text{b) } \frac{\Delta m_{s\sigma^2max}}{j} = \frac{\sqrt{\max_i(\Delta\sigma_i'^2)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^M (\Delta\eta'_{iaw} - \Delta\eta'_{iaw})^2}}.$$

W celu określenia maksymalnego możliwego odchylenia miary syntetycznej z wyznaczonych w ten sposób wartości wybiera się wartość większą.

Kolejnym krokiem jest przyporządkowanie badanych obiektów do odpowiednich klas. Najczęściej stosowane rozwiązanie to podział zakresu wartości miary syntetycznej na cztery równe zakresy, których szerokość wyznacza się przy użyciu odchylenia standardowego. Przyrosty

odchylen standardowych i przyrosty wariancji można również wykorzystać do wyznaczenia maksymalnej wartości odchylenia standardowego. W pracach przywoływanych autorów proponuje się interpretację wyznaczonego w ten sposób odchylenia standardowego jako miary jednorodności rozwoju. Im niższa jest wartość tej miary, tym większa jest jednorodność i mniejsze różnice pomiędzy badanymi obiektami.

W związku z tym, że badanie przestrzennej jednorodności (niejednorodności) rozwoju wymaga określenia obszarów, dla których prowadzone będą dalsze analizy, ze względu na istnienie znacznych różnic rozwojowych pomiędzy państwami tak zwanej starej i nowej Unii, w pierwszej kolejności dokonano analizy zróżnicowania poziomu wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu w następującym podziale: tak zwane państwa starej Unii (EU-15: Belgia, Dania, Niemcy, Irlandia, Grecja, Hiszpania, Francja, Włochy, Luksemburg, Holandia, Austria, Portugalia, Finlandia, Szwecja i Wielka Brytania) oraz pozostałe państwa członkowskie (Bułgaria, Czechy, Estonia, Chorwacja, Cypr, Łotwa, Litwa, Węgry, Malta, Polska, Rumunia, Słowenia i Słowacja). Oceny podstawowych charakterystyk opisowych w tym układzie przedstawione zostały w tabeli 2. Pozyskane z bazy Eurostat dane obejmują ostatnie dostępne informacje pochodzące z 2013 roku dla następujących cech: x_3 , x_4 , x_7 , x_{10} oraz z 2014 roku dla pozostałych. Dodatkowo część z nich przedstawiono w uwzględnionych w bazie Eurostat podziałach. Cecha opisująca konsumpcję energii w transporcie w zależności od rodzaju środka transportu (x_8) przedstawiona została w podziale na: transport drogowy (x_{8a}) i kolejowy (x_{8b}). W podobny sposób zaprezentowano cechy: x_{10} – emisja tlenków azotu przez środki transport, która w bazie danych Eurostat prezentowany jest w podziale na: emisję w transporcie drogowym (x_{10a}) i pozadrogowym (x_{10b}), oraz x_{11} – emisja pyłu zawieszonego przez środki transportu w transporcie drogowym (x_{11a}) oraz w transporcie pozadrogowym (x_{11b}), przy czym wskaźnik ten wyznaczony został na podstawie danych dotyczących 27 krajów członkowskich (bez Grecji, dla której Eurostat nie podaje wartości wskaźnika).

Tabela 2. Charakterystyki opisowe wybranych wskaźników zrównoważonego transportu Unii Europejskiej

Zmienna	Charakterystyki opisowe	Unia Europejska	
		UE-15	Pozostałe państwa członkowskie
1	2	3	4
X_1	Średnia	93,55	91,63
	Min./Max	86,60/100,40	77,40/103,70
	Vs [%]	4,22	9,38
	Q1/Q3	91,35/96,30	84,00/9850
X_2	Średnia	79,53	75,40
	Min./Max	51,70/ 99,00	41,30/100,00
	Vs [%]	19,44	19,81
	Q1/Q3	65,35/94,15	66,20/79,80
X_3	Średnia	82,96	80,82
	Min./Max	77,40/89,10	67,50/91,40
	Vs [%]	3,94	7,14
	Q1/Q3	80,55/85,45	77,80/83,90
X_4	Średnia	50,94	9,49
	Min./Max	6,31/159,27	0,52/43,99
	Vs [%]	98,16	116,01
	Q1/Q3	13,78/91,44	2,83/10,06

1	2	3		4	
X_6	Średnia Min./Max Vs [%] Q1/Q3	79,15 47,40/99,30 15,68 73,50/87,10		99,22 38,10/147,10 32,83 80,00/130,20	
X_7	Średnia Min./Max Vs [%] Q1/Q3	97,65 84,30/134,00 11,54 90,60/100,85		87,45 55,60/118,20 19,70 79,00/96,70	
X_8	Średnia Min. Max Vs [%] Q1 Q3	X_{8a}	X_{8b}	X_{8a}	X_{8b}
		16 546,93	336,97	3198,35	89,79
		2069,80	14,60	172,30	0,00
		52 694,00	1336,40	15 043,60	324,20
		96,00	107,00	118,09	106,94
		4411,05	73,85	901,30	24,50
X_9	Średnia Min./Max Vs [%] Q1/Q3	119,86		130,23	
		107,30/132,50		115,10/140,90	
		7,13		6,10	
		112,2/128,00		128,30/135,80	
X_{10}	Średnia Min. Max Vs [%] Q1 Q3	X_{10a}	X_{10b}	X_{10a}	X_{10b}
		175 382,67	32 862,80	45 658,00	4647,92
		23 206,00	576,00	524,00	842,00
		530 194,00	86 097,00	253 035,00	15 107,00
		96,91	85,99	138,74	90,43
		46 057,00	10 779,00	11 940,00	1700,00
X_{11}	Średnia Min. Max Vs [%] Q1 Q3	X_{11a}	X_{11a}	X_{11b}	X_{11b}
		9065,00	1743,43	2925,85	209,38
		1028,00	8,00	321,00	13,00
		29 514,00	6001,00	18 693,00	982,00
		98,09	103,61	159,38	126,32
		2771,50	451,75	699,00	33,00
X_{12}	Średnia Min./Max Vs [%] Q1/Q3	100,99		99,83	
		97,19/111,58		98,10/101,35	
		3,77		1,04	
		98,31/102,33		98,92/100,68	

Źródło: obliczenia własne na podst. danych Eurostat, gdzie: Min. – wartość minimalna, Max – wartość maksymalna, Vs – współczynnik zmienności, Q1 – pierwszy kwartyl, Q3 – trzeci kwartyl

Zebrane informacje pozwalają na sformułowanie kilku istotnych wniosków. W przypadku 5 z 12 analizowanych cech, tj.: x_1 – konsumpcja energii w transporcie w relacji do PKB, x_2 – podział zadań przewozowych w transporcie towarowym, x_3 – podział zadań przewozowych w transporcie pasażerskim, x_7 – wolumen transportu pasażerskiego w relacji do PKB oraz x_{12} – ceny w transporcie pasażerskim, różnice wartości średnich pomiędzy analizowanymi grupami były niewielkie. Na podobnym poziomie kształtowały się również wartości minimalne i maksymalne. Oznacza to znaczne podobieństwo rozwoju w tych obszarach pomiędzy państwami członkowskimi Unii Europejskiej.

Natomiast zupełnie inną sytuację odnotowano w przypadku pozostałych analizowanych wskaźników. Różnice zarówno pomiędzy wartościami średnimi, minimalnymi i maksymalnymi wartościami oraz także w wielu przypadkach ocenami współczynników zmienności okazały się znaczne. Z kolei w przypadku wskaźników opisujących: emisję gazów cieplarnianych związaną z transportem (x_4), konsumpcję energii w transporcie w zależności od rodzaju środka transportu (x_8), emisję tlenków azotu przez środki transport (x_{10}) bardzo duże różnice występują nie tylko pomiędzy grupami, ale także wewnątrz nich.

Największe wartości wskaźników dotyczą w przypadku państw EU-15 takich krajów, jak: Niemcy, Hiszpania, Francja, Włochy i Wielka Brytania, oraz Polski, Czech i Rumuni w przypadku pozostałych państw członkowskich. W związku z tym, że wskaźniki te nie są przedstawiane w postaci wskaźników natężenia (np. w przeliczeniu do liczby samochodów, liczby mieszkańców czy też w relacji do PKB), zdecydowano o ich przeliczeniu ich w stosunku do liczby mieszkańców danego kraju. Do ostatecznego zbioru zmiennych będącego podstawą dalszych analiz przyjęto następujące zmienne: $x_1, x_4, x_{8a}, x_{8b}, x_9, x_{10a}, x_{10b}, x_{11}$. Ze zbioru tego wyeliminowane zmienne o charakterze informacyjnym: $x_2, x_3, x_6, x_7, x_{12}$ oraz zmienną x_5 , dla której brakowało informacji dla wszystkich analizowanych krajów członkowskich Unii Europejskiej.

Ze względu na bardzo duże zróżnicowanie wskaźników w prezentowanym podziale na tak zwane stare państwa Unii Europejskiej oraz nowe państwa członkowskie zdecydowano, że przed wykonaniem obliczeń z wykorzystaniem rachunku wektorowego państwa członkowskie Unii zostaną podzielone na grupy krajów o podobnym poziomie rozwoju w obszarze zrównoważonego transportu. Do grupowania krajów członkowskich Unii Europejskiej wykorzystano analizę skupień metodą k -średnich.

Celem analizy skupień jest wyodrębnienie ze zbioru danych obiektów podobnych do siebie, a następnie łączenie ich w grupy. Segmentację analizowanych krajów przeprowadzono przy użyciu uogólnionej metody k -średnich dostępnej w programie STATISTICA Data Miner, która dzięki mechanizmowi V -krotnego testu krzyżowego pozwala na automatyczną identyfikację optymalnej liczby segmentów (w tym przypadku grup krajów). Dostępny w programie STATISTICA algorytm pozwolił na wyodrębnienie trzech następujących skupień (ze względu na diametralnie różne wyniki niż w przypadku pozostałych krajów Unii Europejskiej Luksemburg został wyłączony z dalszych analiz):

- skupienie 1: Cypr, Słowenia, Belgia, Dania, Niemcy, Irlandia, Francja, Austria, Finlandia, Szwecja;
- skupienie 2: Bułgaria, Czechy, Chorwacja, Malta, Rumunia, Grecja Hiszpania, Włochy, Holandia, Portugalia i Wielka Brytania;
- skupienie 3: Estonia, Łotwa, Litwa, Węgry, Polska, Słowacja.

Dla wyodrębnionych w ten sposób skupień dokonano analizy ich jednorodności, wykorzystując w tym celu rachunek wektorowy. Wyniki tego etapu badania przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Podział Europy na klasy – podsumowanie

Skupienie	Podział regionów Europy na klasy ze względu na jednorodność
1	Klasa III – 100% i więcej
2	Klasa II – 45–100%
3	Klasa I – do 45%

Źródło: obliczenia własne, gdzie: stosunek maksymalnych wielkości przyrostów odchyłeń standardowych do szerokości klasy

PODSUMOWANIE

Mimo podziału krajów Unii Europejskiej na skupienia charakteryzujące się podobnym poziomem wskaźników opisujących zrównoważony transport widoczne jest znaczne zróżnicowanie wskaźników opisujących ten obszar badania. Najmniejszą przestrzenną niejednorodnością charakteryzowały się kraje zaklasyfikowane do skupienia 3. Skupienie to tworzy 6 tak zwanych nowych krajów członkowskich Unii Europejskiej. Ponad dwukrotnie wyższy poziom miary opisującej niejednorodność rozwoju krajów Unii Europejskiej w obszarze transportu odnotowano w przypadku skupienia 2. Natomiast najwyższą niejednorodnością charakteryzowały się kraje zaklasyfikowane do skupienia 3. W skupieniu 2 znalazły się zarówno kraje tak zwanej Starej, jak i nowej Unii. Z kolei skupienie 3 utworzyły poza Cyprem i Słowenią przede wszystkim kraje określane jako tak zwane stare państwa członkowskie. Otrzymane wyniki potwierdzają znaczną niejednorodność rozwoju krajów członkowskich Unii Europejskiej w obszarze zrównoważonego transportu. Zastosowanie rachunku wektorowego do badania jednorodności (niejednorodności) rozwoju Unii w obszarze zrównoważonego transportu pozwoliło na dokonanie analiz wskaźników opisujących ten obszar w układzie przestrzennym. Analiza pojedynczych wskaźników badanych w podziale na tak zwane stare i nowe państwa członkowskie Unii Europejskiej pokazała, że poziomu rozwoju charakteryzowanych krajów w tym obszarze nie należy interpretować w odniesieniu do tego dość powszechnie przywoływanego podziału. W wyniku zastosowania analizy *k*-średnich wyodrębniono bowiem dodatkowe skupienie, do którego zaklasyfikowano zarówno państwa członkowskiej „starej”, jak i „nowej” Unii Europejskiej.

W związku z tym, że na zmiany zachodzące w różnych obszarach rozwoju społeczno-gospodarczego Unii Europejskiej, w tym także zrównoważonego rozwoju, istotny wpływ miały lata kryzysu gospodarczego (2007–2008), interesującym kierunkiem badań będą również analizy dotyczące jednorodności rozwoju wskaźników opisujących ten obszar, uwzględniających zmiany w czasie.

LITERATURA

- Anderson, S., Allen, J., Browne, M. (2005). Urban Logistics – How Can it Meet Policy Makers' Sustainability Objectives? *Journal of Transport Geography*, 13 (1), 71–81.
- Bartniczak, B. (2013). Zrównoważony transport na poziomie regionalnym jako przedmiot pomiaru wskaźnikowego. W: M. Michałowska (red.), *Współczesne uwarunkowania rozwoju transportu w regionie* (s. 155–163). Katowice: Wyd. UE w Katowicach.
- Borys, T. (2009). Pomiar zrównoważonego rozwoju transportu. W: D. Kielczewski, B. Dobrzańska (red.), *Ekologiczne problemy zrównoważonego rozwoju* (s. 56–68). Białystok: WSE w Białymstoku.
- Brzeziński, A., Rezwow, M. (2007). *Zrównoważony transport – ekologiczne rozwiązania transportowe*. Pobrane z: <http://www.transeko.pl/publikacje.html> (15.08.2012).
- Brzustewicz, P. (2013). Zrównoważone rozwiązania w transporcie miejskim – kierunki rozwoju. *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Zarządzanie XL*, 413, 85–96.
- Friedberg, J. (2009). Uwarunkowania transportowe zrównoważonego rozwoju metropolii. W: K. Kamieniecki (red.), *Jak zapewnić rozwój zrównoważony na terenach zurbanizowanych? Metropolie* (s. 85–96). Warszawa: Instytut na rzecz Ekorozwoju.
- Hellwig, Z. (1968). Zastosowanie metody taksonomicznej do typologiczne go podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju oraz zasoby i strukturę wykwalifikowanych kadr. *Przegląd Statystyczny*, 4, 33–45.

- Kassenberg, A. (2008). *Wpływ transportu na zmiany klimatu. Forum Zrównoważonego Transportu Miejskiego*. Warszawa: Instytut Spraw Obywatelskich.
- Kennedy, C. (2005). The Four Pillars of Sustainable Urban Transportation. *Transport Reviews*, 25 (4), 393–414.
- Litman, T., Burwell, D. (2006). Issues in Sustainable Transportation. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6 (4), 331–347.
- Nermend, K. (2008). *Rachunek wektorowy w analizie rozwoju regionalnego*. Szczecin: Wyd. Naukowe US.
- Nermend, K., Tarczyńska-Łuniewska, M. (2013). Badanie jednorodności przestrzennej i czasowej rozwoju obiektów społeczno-gospodarczych. *Przegląd Statystyczny*, 60 (1), 85–100.
- Przybyłowski, A. (2011). Strategia zrównoważonego rozwoju transportu w polityce Unii Europejskiej. *Ekonomia i Środowisko*, 39, 63–75.
- Wellar, B. (2009). *Sampler of Commentaries on Methods and Techniques that Could be Used in Making Decisions about Identifying, Adopting or Implementing Sustainable Transport Practices*. Research Report 3, Transport Canada Project.
- Wskaźniki zrównoważonego rozwoju Polski* (2015). Katowice: Urząd Statystyczny.

The Study of Spatial Uniformity of Development of Sustainable Transport Indicators in European Union

- ABSTRACT** | The aim of the research presented in the paper is to analyze the spatial homogeneity (heterogeneity) of development of European Union in the field of sustainable transport. The examination of the spatial uniformity in this area has been carried out on the basis of the vector calculus. In the conducted research the data for sustainable transport presented in the Eurostat database has been used. The measurement of sustainable development is quite often presented in the literature. Still an open question there are problems related to the identification and measurement of the different areas of this development. The study focused on the area of sustainable transport. The results of the analysis confirmed a significant diversification of the EU in this area.
- KEYWORDS** | sustainable development, the European Union, vector calculus, spatial uniformity

Translated by Katarzyna Cheba