



ZNACZENIE LOGISTYKI MIEJSKIEJ W WYBRANYCH MIASTACH EUROPEJSKICH. ANALIZA PORÓWNAWCZA

Joanna Górniak

Uniwersytet Łódzki
Zakład Logistyki

Streszczenie: Celem artykułu jest analiza porównawcza 17 największych miast europejskich pod względem liczby ludności w zakresie rozwiązań logistyki miejskiej. Do badania wykorzystano metodę wielowymiarowej analizy porównawczej – analizę skupień – której głównym założeniem jest pogrupowanie obiektów (miast) pod względem cech diagnostycznych. Jako zmienne wykorzystano następujące wskaźniki: gęstość miejsc parkingowych w systemie *Park & Ride*, liczbę rowerów w systemie *bikesharing*, gęstość tras metra i tramwajów oraz występowanie stref ekologicznych w centrach miast.

Słowa kluczowe: logistyka miejska, miasta europejskie, analiza porównawcza, analiza skupień

DOI: 10.17512/znpcz.2016.4.1.14

Wprowadzenie

Miasto jest niezwykle specyficzną strukturą, która charakteryzuje się pewnym obszarem administracyjnym o dużej gęstości zaludnienia. W związku z rosnącą liczbą ludności, a co za tym idzie – zwiększającym się zatłoczeniem, miasta muszą zmagać się z negatywnymi skutkami tych zjawisk. Remedium na problemy występujące w miastach jest właśnie logistyka miejska oraz jej narzędzia. Współcześnie dziedzina ta sukcesywnie rozkwita. Wynika to nie tylko z dynamicznego rozwoju miast oraz ze skutków ich nadmiernego zatłoczenia, ale także z konieczności wprowadzania ciągłych (nowoczesnych) zmian, zachęt finansowych z Unii Europejskiej, a także wzrostu konkurencyjności i atrakcyjności miast.

Wszelkie działania logistyczne mają charakter wsparcia przestrzennego i czasowego procesów logistycznych, jak i pokonywania wszelkiego rodzaju barier, które pojawiają się w procesach przepływu potoków podróży i towarowych. Istotnym aspektem jest oddzielenie ruchu kołowego, pieszego i dostawczego od pozostałych przewozów samochodowych (Tundys 2013, s. 150). Wprowadzanie różnego rodzaju udogodnień w strukturze transportowej miast sprzyja ich efektywnemu funkcjonowaniu oraz optymalizacji w ramach przewozów osób, jak i towarów.

W artykule skupiono szczególną uwagę na zastosowaniu rozwiązań z zakresu logistyki miejskiej w miastach europejskich. Podmiotami badania jest 17 miast eu-

ropejskich największych pod względem liczby ludności. Celem jest pogrupowanie miast w ramach rozwiązań logistyki miejskiej zoperacjonalizowanych jako: gęstość miejsc parkingowych w systemie *Park & Ride*, liczba rowerów w systemie *bike-sharing* przypadająca na 1 000 osób, gęstość tras metra i tramwajów oraz występowanie stref ekologicznych w miastach. W związku z tym podjęto próbę porównania miast pod względem wymienionych wcześniej zmiennych. Celem przeprowadzenia badań posłużono się metodami wielowymiarowej analizy porównawczej.

Znaczenie logistyki miejskiej

Wzrost roli transportu towarowego i osobowego w miastach przyczynił się do zainteresowania ze strony samorządów lokalnych zagadnieniami logistyki miejskiej, co jednocześnie ma bardzo duży wpływ na konkurencyjność miasta czy nawet całego regionu (Kauf, Tłuczak 2014, s. 20). Z definicji logistyki miejskiej wynika, że jej głównym zadaniem jest planowanie, realizowanie i kontrolowanie przepływów na zewnątrz i skierowanych do miasta, w mieście i skierowanych na zewnątrz, przechodzących przez miasto oraz wewnątrz miasta. Tym procesom towarzyszy przepływ informacji, który ma na celu zaspokojenie potrzeb aglomeracji miejskiej w dziedzinie jakości gospodarowania, społecznej i rozwoju (Szymczak 2008, s. 26-27).

Rozbudowa oraz modernizacja infrastruktury logistycznej jest procesem bardzo długotrwałym i często wywołującym liczne kontrowersje. Jednak poprawa istniejącej infrastruktury oraz efektywniejsze jej wykorzystanie przyczynić się może do bardziej efektywnej optymalizacji procesów logistycznych, jak i ograniczenia kongestii transportowej (Szymczak 2008, s. 26-27). Zarządzanie infrastrukturą logistyczną jest niezwykle trudnym zadaniem. Wynika to między innymi z jej złożoności oraz długiego okresu tworzenia i użytkowania.

Należy pamiętać, iż infrastruktura logistyczna to:

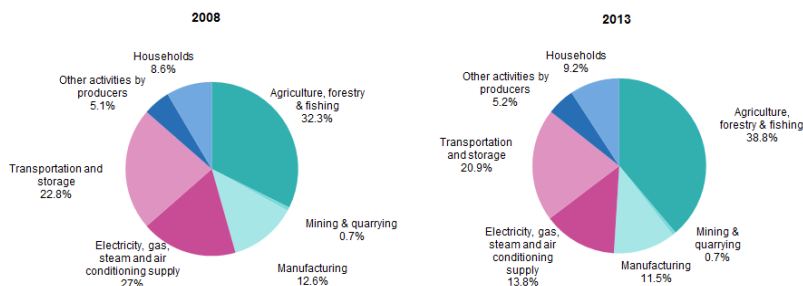
- infrastruktura transportowa, w skład której wchodzi: infrastruktura (drogi różnego rodzaju gałęzi transportu, stacje i węzły będące punktami transportowymi) oraz suprastruktura (środki transportowe różnych gałęzi transportu);
- infrastruktura procesów składowania, czyli: składy i magazyny mające za zadanie przechowywać zapasy;
- infrastruktura telekomunikacyjna oraz przesyłania danych;
- pozostałe, np. wszelkie tereny przeznaczone pod infrastrukturę logistyczną (Szymczak 2008, s. 21-22).

Efektywne wdrożenie koncepcji logistyki miasta wymaga przeprowadzenia szeregu analiz i zastosowania metod ilościowych, które pozwolą na racjonalizację i optymalizację przepływów, jak i lokalizacji elementów infrastruktury punktowej.

Problemy z zakresu logistyki miejskiej oraz sposoby ich rozwiązywania

Transport jest emitentem ogromnej ilości niebezpiecznych i szkodliwych substancji (por. *Rysunek 1*) oraz hałasu. W związku z rosnącym zatłoczeniem w aglomeracjach miejskich oraz negatywnymi skutkami z tym związanymi miasto

musi borykać się z wieloma problemami. Największe z nich to między innymi: dostarczanie towarów do miejsc przeznaczenia, wpływ na środowisko naturalne, bezpieczeństwo, płynność ruchu na drogach, jak i na wizerunek miasta, funkcje gospodarcze i społeczne.



Rysunek 1. Emisja szkodliwych substancji wg rodzajów działalności w latach 2008 i 2013

Źródło: ([http://ec.europa.eu/eurostat/...](http://ec.europa.eu/eurostat/))

Logistyka miejska dostarcza wielu ciekawych sposobów pozwalających na walkę z nadmiernym zatłoczeniem i jego skutkami. Rozwiązania dotyczą zarówno przewozów towarowych, jak i osobowych. Część z nich jest dedykowana osobom korzystającym z przestrzeni miejskiej (np. *Bike & Ride* czy *Kiss & Ride*). Natomiast rozwiązania w zakresie przewozu towarów mają za zadanie usprawnić przepływ ładunków do miasta i przez nie (np. miejskie centra dystrybucji, tramwaj towarowy, system nocnych dostaw), a jednocześnie ograniczyć nadmierne zatłoczenie, które jest odczuwalne przez osoby poruszające się po mieście. W dalszej części niniejszego punktu artykułu przedstawione zostaną przykładowe rozwiązania w zakresie logistyki miejskiej w ramach przewozu osób, jak i towarów.

Degradacja środowiska naturalnego jest coraz większa, a przyczynę tego stanowi rosnąca liczba środków transportu zarówno osobowego, jak i towarowego. Dlatego też proponuje się wdrażanie ekologicznych środków transportowych z tradycyjnym napędem spełniającym normy w dziedzinie czystości spalin, zastosowanie paliw z dodatkiem biokomponentów, sprężonego gazu ziemnego lub biogazu oraz gazu skroplonego CNG, w procesie spalania którego ograniczona zostaje emisja toksyn. Idąc dalej, należy wspomnieć o elektrycznych samochodach, które charakteryzują się tym, że posiadają napęd elektryczny, ponadto cechuje je niski poziom hałasu oraz, co najważniejsze, brak emisji gazów spalinowych. Przykładem może być system *carsharing*, który odnosi się do transportu osobowego, jednocześnie wpisuje się w nurt ekologicznego transportu miejskiego. Rozwiązanie to polega na krótkoterminowym wypożyczeniu i użytkowaniu samochodów w centrach miast. Pojazdy są napędzane ekologicznymi paliwami, zaś wszelkie miejsca par-

kingowe oraz postojowe znajdują się w punktach przesiadkowych. Warto zaznaczyć, iż liczba miast zaangażowanych w projekt oraz użytkowników korzystających z możliwości wypożyczania samochodów zwiększa się. W 2006 roku liczba członków systemu *carsharing* na świecie kształtowała się na poziomie 350 tys., w roku 2014 było to aż 4,94 mln. Na przestrzeni lat zauważono także wzrost liczby samochodów w systemie *carsharing* z 11,5 tys. w 2006 roku do 92,9 tys. w roku 2014 (raport ACEA 2014, s. 3).

Bardzo ważnym elementem jest zastosowanie inteligentnych systemów transportowych, które stanowią zbiór różnorodnych technologii telekomunikacyjnych, informatycznych, automatycznych i pomiarowych oraz technik zarządzania stosowanych w transporcie celem zapewnienia większego bezpieczeństwa dla użytkowników ruchu, jak i ochrony środowiska naturalnego. Jako przykłady należy wskazać: sterowanie ruchem ulicznym, system zarządzania zdarzeniami, nadzór wideo czy zarządzanie informacją dla podróżnych i miejscami parkingowymi.

Narzędziem, które może przyczynić się do ograniczenia nadmiernego zatłoczenia, są obwodnice wokół miasta (śródmiejskie, miejskie i pozamiejskie), których głównym celem jest ominięcie obszaru miejskiego oraz odciążenie jego ulic od ruchu tranzytowego międzydzielnicowego, aglomeracyjnego, a także dalekobieżnego. Receptą na uciążliwość transportu towarowego mogą być: miejskie centra dystrybucji, tramwaje towarowe czy system nocnych dostaw. Miejski terminal przeladunkowy charakteryzuje się tym, że usytuowany jest relatywnie blisko obszaru, który obsługuje, skąd realizowane są skonsolidowane dostawy dla danego obszaru miejskiego. Wprowadzenie tramwaju towarowego na teren miasta ma na celu ograniczenie liczby samochodowych przewozów towarowych przez miasto, jednocześnie zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne, a także zdrowie i życie ludzi. System nocnych dostaw (jak sama nazwa wskazuje) polega na realizowaniu dostaw w centrum miasta w określonych porach nocnych. Miasta, które są nadmiernie zatłoczone w ciągu dnia, często wybierają to rozwiązanie, gdyż jest ono łatwe w implementacji.

W ramach działań infrastrukturalno-organizacyjnych w zakresie przepływów osób wyróżnić można systemy: *Park & Ride*, *Bike & Ride*, *Kiss & Ride*. Rozwiązania *Park & Ride* oraz *Bike & Ride* zachęcają do podróży multimodalnych, czyli korzystania z samochodu (w systemie *Park & Ride*) lub roweru (w przypadku *Bike & Ride*), następnie możliwości zostawienia wskazanych środków transportu na specjalnie przeznaczonych do tego parkingach dla samochodów lub/i rowerów. Najważniejszym elementem jest połączenie tychże parkingów z infrastrukturą punktową komunikacji publicznej, skąd podróżni mogliby kontynuować podróż do miejsca przeznaczenia w mieście. Z kolei rozwiązanie *Kiss & Ride* ma na celu zwiększenie bezpieczeństwa oraz ograniczenie kongestii transportowej głównie w pobliżu szkół i dworców. Ideą *Kiss & Ride* jest postawienie odpowiedniego znaku, który będzie wskazywał możliwość krótkiego postoju w danym miejscu w celu wysadzenia pasażera (Tundys 2013, s. 151-152).

Rozwiązaniem, które istotnie przyczynia się do ograniczenia ruchu w mieście, jest *carpooling* (czy też *vanpooling*). Polega ono na udostępnianiu miejsc w samochodach dla innych podróżnych. Najważniejszym efektem jest wykorzysta-

nie do podróży jednego samochodu, a nie czterech (w przypadku gdy liczba podróżnych wynosi 4 osoby). Rozwiązanie to dedykowane jest głównie osobom, które wspólnie dojeżdżają do pracy czy szkoły lub mają inny wspólny cel podróży.

W ramach zwiększenia konkurencyjności transportu miejskiego często przedsiębiorstwa transportu publicznego decydują się na wprowadzenie do swojej oferty autobusów na żądanie (tzw. giętka linia). Takie rozwiązanie wykorzystuje się głównie na obszarach miejskich o małej i średniej gęstości zaludnienia. Głównymi założeniami niniejszej koncepcji jest brak stałych tras oraz rozkładów jazdy. Obecnie system ten funkcjonuje między innymi w Krakowie.

Analiza porównawcza w wybranych miastach europejskich – badanie empiryczne

W niniejszym artykule przeprowadzona została analiza porównawcza największych, pod względem liczby ludności, miast europejskich w zakresie wykorzystywanych rozwiązań logistyki miejskiej (które opisano w poprzednim punkcie). Ze względu na utrudniony dostęp do tak szczegółowych danych wskaźniki wybrano w taki sposób, aby móc dokonać syntetycznej konfrontacji dla podmiotów badania.

Charakterystyka podmiotów badania

W Tabeli 1 zestawiono podstawowe statystyki dla badanych miast europejskich, tj. liczba ludności, powierzchnia oraz miara wynikająca z dwóch wcześniejszych, czyli gęstość zaludnienia. Jak wspomniano wcześniej, do analiz wzięto pod uwagę 17 najbardziej zaludnionych miast Europy, począwszy od zaludnionego najmniej Birmingham (1 096 800 osób) do najbardziej – Londyn (8 477 600 osób). Wybrano miasta, których liczba ludności przekraczała 1 mln mieszkańców. Warto wskazać, iż największą gęstością zaludnienia cechuje się Bruksela (36 314 osób na km²), co głównie wynika z jej niewielkiego obszaru (nieco ponad 32 km²). Najmniejsza gęstość zaludnienia cechuje takie miasta jak: Hamburg, Rzym, Praga i Sofia. Poszczególne miasta charakteryzują się zupełnie inną specyfiką, każde z nich posiada indywidualną historię, która miała istotny wpływ na kształtowanie się tkanki miejskiej i struktury transportowej. Dlatego też bardzo trudno dokładnie oszacować czas powstania niniejszych miast.

Tabela 1. Zestawienie podstawowych statystyk dla 17 największych miast Europy w roku 2014

Lp.	Miasto	Liczba ludności (w osobach)	Powierzchnia (w km ²)	Gęstość zaludnienia (w os./km ²)
1.	Barcelona	1 602 386	101,9	15 725
2.	Berlin	3 421 829	891,0	3 840
3.	Birmingham	1 096 800	267,8	4 096
4.	Bruksela	1 183 841	32,6	36 314
5.	Budapeszt	* 1 735 711	525,2	3 305
6.	Bukareszt	2 103 346	228,0	9 225

Znaczenie logistyki miejskiej w wybranych miastach europejskich. Analiza porównawcza

7.	Hamburg	1 746 342	755,0	2 313
8.	Londyn	8 477 600	1 572,0	5 393
9.	Madryt	3 165 235	605,8	5 225
10.	Mediolan	3 207 006	181,8	17 640
11.	Monachium	1 407 836	310,4	4 536
12.	Paryż	** 2 240 681	105,4	21 259
13.	Praga	1 259 079	496,0	2 538
14.	Rzym	2 863 322	1 285,0	2 228
15.	Sofia	1 221 292	492,0	2 482
16.	Warszawa	* 1 724 404	517,0	3 335
17.	Wiedeń	* 1 741 246	414,6	4 200

Źródło: Opracowanie własne

Legenda: * – liczba ludności podana dla roku 2013, ** – liczba ludności podana dla roku 2012.

Charakterystyka przedmiotu badania

Zmienne, które można włączyć do analiz, to między innymi: liczba miejsc parkingowych w systemie *Park & Ride*, liczba miejsc parkingowych w systemie *Bike & Ride*, liczba rowerów w ramach systemu *bikesharing*, długość ścieżek rowerowych, liczba samochodów w systemie *carsharing*, długość tras komunikacji miejskiej (głównie metro, które nie podlega zjawisku kongestii transportowej, i tramwaje, które zdecydowanie rzadziej podlegają kongestii transportowej niż autobusy), długość obwodnic miejskich, występowanie stref ekologicznych, miejskich centrów dystrybucyjnych czy tramwajów towarowych. Jak widać, zakres zmiennych jest dość bogaty, zaś analizowane miasta charakteryzują się znaczną różnorodnością, dlatego dokonano ograniczenia zmiennych, które uwzględniono w badaniu. Ze względu na trudność w operacjonalizacji niektórych zmiennych nie uwzględniono wszystkich wcześniej wskazanych w dalszych analizach.

Dane zaczerpnięto z ogólnodostępnych źródeł i materiałów. W Tabeli 2 zaprezentowano zbiór zmiennych diagnostycznych, które wykorzystano w analizie, a mianowicie:

X_1 – gęstość miejsc parkingowych w systemie *Park & Ride* (szt./km²),

X_2 – wskaźnik liczby rowerów w ramach systemu *bikesharing* (szt./1000 mieszkańców),

X_3 – strefy ekologiczne w mieście (występuje – 1, nie występuje – 0),

X_4 – gęstość tras metra (km/km²),

X_5 – gęstość tras tramwajów (km/km²).

Zmienne X_1 , X_2 , X_4 i X_5 to zmienne ilościowe, natomiast zmienna X_3 posiada charakter jakościowej. Dlatego też zoperacjonalizowano niniejszą zmienną za pomocą dwóch wartości liczbowych: 1 oraz 0, gdzie 1 – oznacza występowanie zjawiska (w tym przypadku strefy ekologicznej w mieście), zaś 0 – brak zjawiska (strefy ekologicznej w mieście).

Charakter analizowanych zmiennych to stymulanty¹; oznacza to, iż w przypadku tego rodzaju cech pożądane są wysokie wartości z punktu widzenia zjawiska złożonego. Tłumaczyć to można tym, że wzrost gęstości miejsc parkingowych w systemie *Park & Ride*, wskaźnika ilości rowerów w systemie *bikesharing*, gęstości tras metra i tramwajów, jak i występowanie stref ekologicznych jest działaniem oczekiwanym, które przyczynić się może do ograniczenia nadmiernej kongestii transportowej w miastach, negatywnego wpływu na środowisko naturalne, jak i całe otoczenie w mieście.

Tabela 2. Zbiór zmiennych diagnostycznych

Lp.	Miasto	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1.	Barcelona	b.d.	3,9316	0	1,2071	0,2944
2.	Berlin	6,1526	0,5845	1	0,1650	0,4826
3.	Birmingham	38,2338	0,3647	1	0,0784	0,0000
4.	Bruksela	52,1472	4,2235	0	1,1656	3,9264
5.	Budapeszt	7,4581	0,6626	1	0,0724	0,2989
6.	Bukareszt	b.d.	0,1664	0	0,3026	1,0570
7.	Hamburg	8,9669	1,0307	1	0,1391	0,0000
8.	Londyn	5,4860	1,3565	1	0,2494	0,0178
9.	Madryt	b.d.	0,4929	0	0,5348	0,0462
10.	Mediolan	b.d.	1,4500	1	0,5501	0,9351
11.	Monachium	35,4381	0,8524	1	0,3318	0,2448
12.	Paryż	55,4934	10,7110	1	2,0114	0,9867
13.	Praga	6,4435	0,7942	0	0,1310	0,2843
14.	Rzym	10,0233	0,2794	1	0,0467	0,0311
15.	Sofia	4,0650	b.d.	0	0,0793	0,6260
16.	Warszawa	8,2012	1,7107	0	0,0580	0,2534
17.	Wiedeń	15,0169	0,8615	0	0,1881	0,5355

Źródło: Opracowanie własne

Legenda: b.d. – brak danych.

Warto wskazać, iż każde z miast posiada dostęp do obwodnicy miejskiej mającej za zadanie ograniczyć nadmierny ruch tranzytowy w nim. Przykładowo Berlin posiada 11 obwodnic miejskich, natomiast Sofia czy Bukareszt po jednej. Berlin także ma dostęp do miejskiego centrum dystrybucyjnego. Ciekawym rozwiązaniem jest funkcjonowanie tramwaju towarowego w Paryżu czy Wiedniu.

Miasta europejskie w dużym zakresie propagują transport zrównoważony i ekologiczny, przykładowo:

- W Barcelonie i Berlinie wprowadzono samochody do przewozu towarów zasilane gazem ziemnym.
- W Sofii przekształcono autobusy transportu publicznego z diesla na napęd CNG.

¹ Stymulanty to zmienne, których wyższe wartości decydują o wyższej ocenie poziomu rozpatrywanego zjawiska w badanym obiekcie.

- W Bukareszcie i Rzymie sukcesywnie rośnie znaczenie tzw. czystego transportu.

Co więcej, warto wspomnieć, iż w Paryżu sukcesywnie główne place przywracane są pieszym, zaś w Londynie planuje się zbudować 43 km podziemnych autostrad.

Metoda badania

Narzędzie, jakie wykorzystano do przeprowadzenia badania, to wielowymiarowa analiza porównawcza, która pozwala na konfrontację obiektów (miast) opisywanych za pomocą wielu zmiennych diagnostycznych. Zakłada się, że liczba zmiennych powinna być większa niż dwie. Celem metody jest dokonanie transformacji wielowymiarowej przestrzeni zmiennych do jednowymiarowej. Jednocześnie następuje uporządkowanie obiektów ze względu na poziom badanego zjawiska.

W ramach niniejszej problematyki wyróżnić można:

- metody grupowania, które badają podobieństwo obiektów w zakresie badanego zjawiska;
- metody porządkowania, które szeregują obiekty pod względem poziomu zjawiska złożonego, w ramach tej struktury wyróżnia się porządkowanie liniowe (w podziale występują obiekty lepsze i gorsze) oraz nieliniowe (nie ma podziału na lepsze i gorsze obiekty).

Z kolei analiza skupień ma na celu porównanie i klasyfikację obiektów opisywanych za pomocą wielu cech. Generalnie za pomocą tejże metody można utworzyć grupy najbliższej sobie „położonych” obiektów, czyli najbardziej podobnych. Istotą działań jest przede wszystkim wskazanie, czy otrzymane skupienia wykazują pewną prawidłowość, redukcja zbioru danych, a także może to być wstęp do prowadzenia dalszych analiz wielowymiarowych, a w szczególności do modelowania ekonometrycznego.

Wyróżnić można występowanie różnych typów metod analizy skupień. W artykule zastosowano metody aglomeracji, dążąc do uzyskania skupień obiektów podobnych do siebie względem badanych cech dotyczących problematyki logistyki miejskiej.

Procedura i wyniki badania

Pierwszym etapem prowadzonych analiz było zbadanie stopnia skorelowania pomiędzy zmiennymi diagnostycznymi oraz współczynnika zmienności dla cech. Zakłada się, iż nie powinny być one ze sobą zbyt silnie skorelowane, bowiem wysoki stopień korelacji powoduje, że zmienne są nośnikami podobnych informacji (Ostasiewicz 1998, s. 116). Z kolei zmienność badana współczynnikiem zmienności powinna być wysoka. W przypadku badanych cech współczynnik korelacji kształtował się na poziomie około 0,6, zaś współczynnik zmienności oparty na odchyleniu standardowym wynosił więcej niż 80%. Wartości pozwalają na prowadzenie dalszych analiz.

Drugim etapem było dokonanie normalizacji zmiennych diagnostycznych, co wynika z faktu, iż poszczególne zmienne charakteryzują się zróżnicowanymi jed-

nostkami. Istotą tego zadania jest doprowadzenie do wzajemnej porównywalności zmiennych. W przykładzie normalizację przeprowadzono za pomocą standaryzacji. Wynikiem jest macierz cech diagnostycznych przekształcona w macierz znormalizowanych cech diagnostycznych.

Tabela 3. Znormalizowana macierz cech diagnostycznych

Lp.	Miasto	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1.	Barcelona	-0,81029	0,845136	-1,02899	1,434833	-0,31800
2.	Berlin	-0,47547	-0,44188	0,914659	-0,48946	-0,11514
3.	Birmingham	1,270357	-0,52639	0,914659	-0,64932	-0,63533
4.	Bruksela	2,027515	0,957375	-1,02899	1,358344	3,596831
5.	Budapeszt	-0,40442	-0,41186	0,914659	-0,66051	-0,31312
6.	Bukareszt	-0,81029	-0,60263	-1,02899	-0,23528	0,504005
7.	Hamburg	-0,32232	-0,27029	0,914659	-0,53731	-0,63533
8.	Londyn	-0,51174	-0,14502	0,914659	-0,33365	-0,61613
9.	Madryt	-0,81029	-0,47711	-1,02899	0,193491	-0,58551
10.	Mediolan	-0,81029	-0,10910	0,914659	0,221605	0,372585
11.	Monachium	1,118222	-0,33887	0,914659	-0,18137	-0,37142
12.	Paryż	2,209607	3,451879	0,914659	2,920078	0,428229
13.	Praga	-0,45964	-0,36123	-1,02899	-0,55213	-0,32892
14.	Rzym	-0,26483	-0,55919	0,914659	-0,7079	-0,60178
15.	Sofia	-0,58907	-0,66662	-1,02899	-0,64774	0,039437
16.	Warszawa	-0,36399	-0,00882	-1,02899	-0,68697	-0,36221
17.	Wiedeń	0,006917	-0,33538	-1,02899	-0,44672	-0,05818

Źródło: Obliczenia własne wykonane w programie STATISTICA

Następnie obliczono odległość pomiędzy poszczególnymi obiektami. Jako miara odległości posłużyła odległość euklidesowa:

$$\text{Odległość}(x,y) = \{\sum_i (x_i - y_i)^2\}^{1/2} \quad (1)$$

która jest odległością geometryczną w przestrzeni wielowymiarowej. Co istotne – odległość tę oblicza się na podstawie danych surowych, a nie standaryzowanych (StatSoft 2006). Wyniki zgromadzone w macierzy służą do kolejnego etapu: grupowania obiektów.

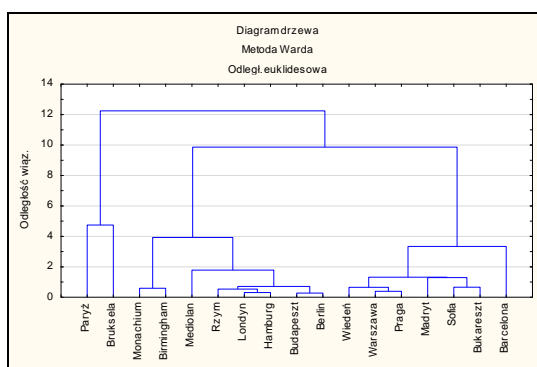
Ostatnim etapem analiz jest budowa drzewa połączeń, zwanego dendrytem, który stanowi graficzną ilustrację sposobu i hierarchii łączenia obiektów ze względu na ich podobieństwo. Oprócz odległości ekonomicznych (o których wspomniano wcześniej), należy wziąć pod uwagę metody łączenia lub wiązania, inaczej ujmując sposób grupowania obiektów. W niniejszym przykładzie grupowania dokonano na podstawie odległości euklidesowej, jako miary odległości, oraz metody Warda, jako metody aglomeracji. Metoda Warda służy do oszacowania odległości pomiędzy skupieniami, wykorzystując podejście analizy wariancji. Zmierza do minimalizacji sumy kwadratów odchyień dowolnych dwóch skupień, które mogą zostać ufarmo-

wane na każdym etapie analizy. Ogólnie jest traktowana jako bardzo efektywna, chociaż zmierza do tworzenia skupień o małej wielkości (StatSoft 2006).

Wyniki wcześniej omówionych działań przedstawia się na dendrogramie. Analizując poszczególne elementy, odcina się te ramiona dendrytu, które znajdują się powyżej ustalonej wartości progowej. Połączenie najbliższej określonej wartości, ale nieprzekraczające jej, wyznaczają szukane skupienia optymalne (Młodak 2006, s. 72). Istotą dendrogramu jest pokazanie podobieństwa pomiędzy obiektami włączonymi do drzewa w kolejnych etapach a obiektami włączonymi do niego wcześniej. Obiekty włączone do drzewa we wcześniejszych etapach są najbardziej podobne.

Z dendrytu można odczytać między innymi następujące informacje:

- W jakiej kolejności dokonywano połączenia obiektów.
- Jakie skupienia łączono w n -tym grupowaniu.
- W zależności od wybranej odległości można ustalić dowolną liczbę grup.
- Jaka jest liczebność i skład poszczególnych grup (Młodak 2006, s. 72).



Rysunek 2. Dendryt grupujący miasta europejskie pod względem cech diagnostycznych z zakresu rozwiązań logistyki miejskiej

Źródło: Obliczenia własne wykonane w programie STATISTICA

Analizując zbudowany dendryt (por. Rysunek 2), zauważyć można, że na najniższym poziomie wiązania występują zaledwie dwa skupienia miast podobnych do siebie pod względem badanych cech, są to: Londyn i Hamburg oraz Budapeszt i Berlin. Na poziomie odległości wiązania około 1,0 (oznaczone na osi Y) wyróżnić można cztery skupienia, a mianowicie:

- Monachium i Birmingham,
- Rzym, Londyn, Hamburg, Budapeszt i Berlin;
- Wiedeń, Warszawa, Praga;
- Sofia i Bukareszt.

Pozostałe miasta na wskazanym poziomie odległości nie wykazywały podobieństwa pod względem cech diagnostycznych w stosunku do innych miast. Co istotne, warto zwrócić uwagę, że na początkowym etapie podobieństwa tworzy się

wiele małych skupień, które dopiero w późniejszym czasie analiz łączy się w większe skupienia.

Na poziomie odległości wiązania około 2,0 wyróżnić można trzy nieco bardziej liczne skupienia miast w ramach analizowanej problematyki:

- Monachium i Birmingham (które wykazywały już podobieństwo we wcześniejszym etapie);
- Mediolan, Rzym, Londyn, Hamburg, Budapeszt i Berlin (także wykazywały już podobieństwo we wcześniejszym etapie);
- Wiedeń, Warszawa, Praga, Madryt, Sofia i Bukareszt (nowe skupienie).

Paryż, Bruksela oraz Barcelona na wskazanym poziomie wiązania nie wykazały podobieństwa do innych jednostek, co oznacza, że charakteryzowały się nieco odmiennymi wartościami cech diagnostycznych.

Ponadto na poziomie odległości wiązania około 4,5–5 wyłoniły się trzy skupienia:

- Paryż i Bruksela;
- Monachium, Birmingham, Mediolan, Rzym, Londyn, Hamburg, Budapeszt i Berlin;
- Wiedeń, Warszawa, Praga, Madryt, Sofia, Bukareszt i Barcelona.

Dopiero na wysokości wiązania około 10,0 wyłoniły się dwa główne skupienia:

1. Paryż oraz Bruksela,
2. pozostałe miasta, które w poprzednim etapie podzielone były na dwie części.

Wszystkie analizowane miasta wykazały podobieństwo względem badanych cech diagnostycznych dopiero na wysokości wiązania około 12,0.

Reasumując, należy zauważyć, iż badane miasta europejskie wykazują dość duże zróżnicowanie pod względem wybranych cech diagnostycznych. Warto nadmienić, iż Warszawa wykazuje większe podobieństwo do takich miast jak: Wiedeń, Praga, Sofia, Bukareszt czy Madryt, gdzie w przypadku czterech pierwszych dodatkowo są one podobne pod względem powierzchni (około 400-500 km²), jak i liczby ludności (1,2-1,7 mln osób). Miasta, które nieco odstawały (wykazywały mniejsze podobieństwo) w stosunku do pozostałych, to: Paryż i Bruksela. Taki stan można tłumaczyć tym, iż miasta te posiadają najmniejszą powierzchnię w porównaniu z pozostałymi analizowanymi miastami (Bruksela zaledwie 32 km², Paryż nieco ponad 100 km²). Wnioskować można, że stan ludnościowy, jak i powierzchniowy miast ma duży wpływ na wdrażanie rozwiązań w zakresie logistyki miejskiej.

Podsumowanie

Logistyka miejska jest bardzo ważnym elementem efektywnego funkcjonowania współczesnych miast oraz ich sukcesywnego rozwoju. Przyczyną tego jest rosnące zatłoczenie w miejskich korytarzach transportowych, a w konsekwencji pogarszająca się jakość życia ludzi oraz degradacja środowiska naturalnego. Dlatego też implementacja rozwiązań logistyki miejskiej, zarówno dotyczących przepływów osób, jak i towarów, jest niezwykle ważnym aspektem w strukturze miejskiej. Co więcej, miasta mają możliwość ubiegania się o różnego rodzaju finansowanie w ramach funduszy europejskich, które propagują zrównoważoną działalność.

Na podstawie przeprowadzonego badania dla 17 największych miast europejskich w ramach funkcjonujących rozwiązań z zakresu logistyki miejskiej stwierdzić można, iż istnieje zróżnicowanie obiektów pod względem tejże problematyki. Pozytywnym aspektem jest fakt, iż każde z analizowanych miast wprowadza zrównoważone rozwiązania na swoich obszarach, co pozwala na podwyższanie konkurencyjności i atrakcyjności w stosunku do innych obszarów.

Zastosowanie wielowymiarowej analizy porównawczej do pogrupowania największych miast europejskich pod względem cech diagnostycznych dostarcza informacji na temat podobieństwa pomiędzy obiektami w ramach problematyki. Przy wykorzystaniu analizy skupień ostatecznie badane miasta europejskie zostały podzielone na dwa główne skupienia oraz miasta odstające od pozostałych względem cech diagnostycznych. W ramach tych skupień wyróżnić można miasta, w których poziom rozwoju rozwiązań logistyki miejskiej był wyższy i niższy. Wyższy poziom osiągały przykładowo takie miasta jak: Londyn, Berlin, Rzym, zaś niższy: Bukareszt czy Sofia. Wynika to przede wszystkim z poziomu rozwoju wskazanych miast, zarówno w zakresie ekonomicznym, społecznym, jak i komunikacyjnym.

Literatura

1. ACEA (2014), *Carsharing: Evaluation, Challenges, Opportunities*, London, https://www.acea.be/uploads/publications/SAG_Report_-_Car_Sharing.pdf (dostęp: 17.06.2016).
2. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/b/bd/Acidifying_potential_emissions%2C_analysis_by_economic_activity%2C_EU-28%2C_2008_and_2013.png (dostęp: 21.04.2016).
3. Kauf S., Tłuczak A. (2014), *Logistyka miasta i regionu. Metody ilościowe w decyzjach przedsiębiorstwa*, Difin, Warszawa.
4. Młodak A. (2006), *Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej*, Difin, Warszawa.
5. Ostasiewicz W. (1998), *Statystyczne metody analizy danych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław.
6. StatSoft (2006), *Elektroniczny Podręcznik Statystyki PL*, Kraków, <http://www.statsoft.pl/textbook/stathome.html> (dostęp: 21.04.2016).
7. Szoltysek J. (2009), *Podstawy logistyki miejskiej*, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice.
8. Szymczak M. (2008), *Logistyka miejska*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań.
9. Tundys B. (2013), *Logistyka miejska. Teoria i praktyka*, Difin, Warszawa.

THE SENSE OF THE CITY LOGISTICS IN SELECTED EUROPEAN CITIES. COMPARATIVE ANALYSIS

Abstract: The aim of this study is comparative analysis of 17 major European cities to population in the field good practices of urban logistics. The analysis will be measured by comparative analysis – cluster analysis – which main objective is to group objects (cities) according to diagnostic features. The variables use to analysis: density of places parking in *Park & Ride* system, number of bikes in the system *bikesharing*, density of routes trams and buses, ecological zone in center cities.

Keywords: urban logistics, European cities, comparative analysis, cluster analysis