

Jan Peliwo

SIEĆ TRANSPORTOWA I JEJ STRUKTURA PRZESTRZENNA W BADANIACH GEOGRAFICZNYCH

1. WPROWADZENIE

Do najbardziej znamienych cech zjawisk transportowych należy ich sieciowy charakter. Podstawą wszelkiej działalności transportowej są linie i punkty transportowe. W wyjątkowych wypadkach mamy do czynienia z jedną tylko, izolowaną linią obsługującą dany obszar (zdarza się to na najwcześniejszych etapach rozwoju zagospodarowania transportowego), najczęściej jednak pojedyncze linie łączą się ze sobą, tworząc sieć. Należy ona do najbardziej dostrzegalnych przejawów istnienia i funkcjonowania transportu. Wysokie koszty budowy oraz trwałość sieci powodują, że proces jej kształtowania powinien się opierać na racjonalnych przesłankach, uwzględniających w równym stopniu tak bieżące, jak i przyszłe potrzeby i warunki rozwojowe. Niewłaściwy, nie odpowiadający potrzebom kształt sieci powoduje powstawanie znacznych kosztów obciążających społeczeństwo i jego gospodare.

Ze względu na wagę zagadnienia, wielorakie aspekty problematyki sieci transportowych wchodzi w zakres zainteresowań nauk technicznych, ekonomicznych i społecznych, w tym również geografii. W obrębie tej ostatniej omawiana problematyka stanowi domenę dyscypliny zwanej geografią transportu. Obserwacja jej dotychczasowego dorobku pozwala na stwierdzenie, że szeroko rozumiane zagadnienia sieci należą do najczęściej podejmowanych problemów badawczych.

Do początków lat 60-tych badania koncentrowały się głównie na problematyce sieci w ujęciu regionalnym, następnie zaś punkt ciężkości przesunął się na metody ilościowe i modele. Zagadnienia teoretyczne, w mniejszym lub większym stopniu pojawiające się w poszczególnych pracach, w ostatnich latach zaczęły coraz częściej być przedmiotem oddzielnych opracowań.

Charakter teoretyczny ma również niniejszy artykuł. Pierwsza jego część stanowi refleksję na temat pojęcia sieci transportowej oraz róż-

nych aspektów, w jakich może ona być badana. Część druga natomiast jest poświęcona pojęciu struktury przestrzennej sieci, w szczególności określeniu elementów strukturę tę tworzących.

2. POJĘCIE SIECI TRANSPORTOWEJ

Sieć transportowa bywa najczęściej określana jako zbiór dróg i linii oraz punktów i węzłów transportowych. Składa się zatem z elementów punktowych i liniowych.

Mianem punktu transportowego określa się miejsce, w którym odbywa się przyjęcie do przewozu osób i ładunków oraz w którym opuszczają one środek transportu. Natomiast węzeł jest to punkt, w którym zbiegają się co najmniej trzy drogi lub linie (M. Potrykowski, Z. Taylor, 1982).

Pojęcie węzła transportowego rozumianego jako miejsce zbiegu linii (dróg) wymaga pewnego uściślenia. Węzeł jest szczególnym przypadkiem punktu transportowego, a więc miejsca, w którym rozpoczyna się lub kończy przewóz osób lub ładunków. Zatem punkt, w którym zbiegają się lub krzyżują linie transportowe nie będzie nazywany węzłem, jeżeli nie znajduje się w nim stacja, przystanek, port itp.

Takie ograniczenie zakresu pojęcia węzła nie jest wprawdzie całkowicie ścisłe z punktu widzenia nauk technicznych, odpowiada natomiast potrzebom nauk społecznych, badających transport pod kątem obsługi przezeń ludności i produkcji.

W świetle powyższych rozważań nasuwa się pytanie: jak należy zakwalifikować rozwidlenia lub skrzyżowania nie mające właściwości punktu transportowego.

W przypadku rozwidlenia za węzeł uważa się zawyczaj najbliższy punkt transportowy. Natomiast skrzyżowanie dróg w jednej płaszczyźnie (np. przejazd kolejowy) można potraktować na równi ze skrzyżowaniem różnopoziomowym, które w gruncie rzeczy nie jest przecież punktem przecięcia dróg.

Elementy liniowe sieci transportowej są określane najczęściej mianem dróg, linii lub szlaków. Pojęcia te nie są równoznaczne, przeciwnie, każde z nich jest związane z innym rodzajem sieci. Dlatego też analiza treści poszczególnych określeń stanowi punkt wyjścia do omówienia różnych aspektów, w których może być badana sieć transportowa.

Zazwyczaj przyjmuje się następujące znaczenie poszczególnych pojęć (np. S. Berezowski, 1975):

- droga: pas terenu wydzielony dla ruchu pojazdów i odpowiednio do niego dostosowany (określenie „pas terenu” nie jest tu zupełnie ścisłe, bowiem drogą jest również np. korytarz powietrzny lub tor wodny),
- linia: odcinek drogi, na którym odbywa się ruch konkretnego pojazdu na określonym dystansie,
- szlak: zespół linii łączących dane punkty transportowe lub ich zespoły.

Sieć transportowa, pojmowana jako sieć dróg, jest jednym z elementów zagospodarowania terenu, podsystemem systemu infrastruktury technicznej. Jej parametry informują o potencjalnych możliwościach w zakresie przewozu osób lub towarów, nie dają natomiast obrazu rzeczywistych stosunków transportowych. Te ostatnie zależą bowiem nie tylko od stanu sieci, ale przede wszystkim od sposobu jej wykorzystania. Dlatego też dla ukazania poziomu obsługi transportowej konieczna jest także analiza ruchu na drogach.

Jak wspomniano, drogę, po której odbywa się ruch konkretnego środka transportu w określonej relacji nazywamy linią. Nie jest to jednak definicja pełna. Dla oddania właściwego sensu pojęcia linii niezbędne jest dodanie warunku regularności ruchu, który jest właściwy transportowi publicznemu. Posługując się zatem pojęciem linii jako liniowego elementu sieci rozważamy sieć zorganizowanego transportu publicznego. Jest ona nierozłącznie związana z siecią dróg, która jest podstawą jej funkcjonowania, ale nie jest z nią identyczna — nie każda droga jest linią transportową.

Na różnicę pomiędzy oboma rodzajami sieci zwraca uwagę T. Lijewski (1977, s. 16): „(...) sieci transportowe można podzielić na sieci dysponujące trwałymi budowlami (sieć kolejowa, sieć dróg bitych i gruntowych, sieć gazociągów, sieć linii przemysłowych wysokiego napięcia) i sieci w sensie linii komunikacyjnych, zorganizowanych przez poszczególne rodzaje transportu (sieć autobusowa, sieć regularnych linii samochodowych do przewozu drobnicy, sieć żeglugi morskiej i śródlądowej, sieć linii lotniczych)”.

W powyższym rozróżnieniu pojawia się określenie „linia komunikacyjna”. W dotychczasowych rozważaniach posługiwaliśmy się terminami „transport”, „sieć transportowa” itp., toteż wprowadzenie określenia „komunikacja” może budzić obawy co do ścisłości terminologii. Dla usunięcia ewentualnych wątpliwości celowa będzie analiza treści obu pojęć oraz ustalenie ich wzajemnej relacji.

Terminy „transport” i „komunikacja” bywają niekiedy, a szczególnie bywały w przeszłości, używane wymiennie: przypisywano im tę sa-

mą treść. Obecnie jednak większość badaczy zajmujących się tą problematyką rozgranicza zakres obu pojęć. Niektórzy autorzy, w tej liczbie również geografowie, uważają komunikację za pojęcie szersze, obejmujące transport, czyli przemieszczanie osób i towarów, oraz łączność, czyli przekazywanie na odległość informacji (S. Berezowski, 1975; T. Lijewski, 1977; M. Potrykowski, Z. Taylor, 1982). Wyjątek stanowią prace w języku niemieckim, w których to, co w powyższym rozumieniu należy do geografii transportu, jest określane jako „Verkehrsgeographie”, czyli geografia komunikacji.

Niektórzy przedstawiciele nauk ekonomicznych (np. M. Madeyski, 1969) uważają, że zakresy obu pojęć krzyżują się, tj. istnieją dziedziny należące zarówno do transportu, jak i do komunikacji (np. regularne przewozy osób lub towarów), dziedziny będące tylko transportem (np. transport przesyłowy) oraz będące tylko komunikacją (np. telekomunikacja).

Niezależnie od tego, które z obu przedstawionych rozróżnień uznamy za poprawne, regularne przewozy pasażerskie i towarowe mieszczą się w zakresie zarówno pojęcia transportu, jak i komunikacji. Zastosowanie więc określenia „komunikacyjna” w stosunku do linii w znaczeniu sprecyzowanym wcześniej jest poprawne, na równi z zastosowaniem określenia „transportowa”.

Uznając poprawność obu określeń autor niniejszego artykułu skłania się raczej ku terminowi „linia komunikacyjna”, jako lepiej opisującemu funkcje spełniane przez nią. Przyjęcie definicji linii, w myśl której jest ona odcinkiem drogi, gdzie odbywa się regularny ruch w określonej relacji, sugeruje przede wszystkim funkcję powiązania czy połączenia, której bliższe jest pojęcie komunikacji. Natomiast pojęciu transportu odpowiadają raczej funkcje przenoszenia, przewożenia czy przemieszczania (A. Piskozub, 1982).

3. ZAGADNIENIE SIECI TRANSPORTOWEJ A GAŁĘZIOWE ZRÓŻNICOWANIE TRANSPORTU

Dotychczasowe rozważania dotyczyły sieci transportowej traktowanej ogólnie, bez określenia środka lub środków transportu, z którymi sieć jest związana. Takie rozważania są jednak niewystarczające, np. wtedy, gdy przedmiotem badania są zagadnienia transportowe konkretnego obszaru. Do wyjątków należą bowiem sytuacje, w których w o-

brębie danego kraju, jednostki administracyjnej czy regionu mamy do czynienia z funkcjonowaniem tylko jednej gałęzi transportu. Zazwyczaj drogi i linie poszczególnych gałęzi współwystępują na określonym obszarze, tworząc w rzeczywistości zbiór odrębnych sieci w mniejszym lub większym stopniu powiązanych i współdziałających ze sobą. Powstaje zatem problem, czy zespół wszystkich dróg (lub linii) danego obszaru należy uznać za jedną sieć transportową (komunikacyjną), czy też traktować poszczególne sieci odrębnie, uwzględniając ich wzajemne związki.

Zagadnienie to jest różnie rozstrzygane przez poszczególnych badaczy, jednak w większości prac z zakresu geografii transportu sieci poszczególnych gałęzi są wyraźnie rozróżniane, przy czym zwraca się jednocześnie uwagę na ich współdziałanie.

Ciekawie ujmuje to zagadnienie R. Domański (1963 B, s. 33). Wprowadza on pojęcie zespołu sieci komunikacyjnych, który: „(...) znaczy tyle, co zbiór różnych rodzajów dróg komunikacyjnych, tworzących razem całość ze względu na funkcjonowanie dla wspólnego celu (obsługa komunikacyjna obszaru lub kierunku), realizowanego poprzez ich uzupełnienie (komplementarność) lub zastępowanie się (substytucja) przy najniższych kosztach własnych”. W określeniu tym zwraca uwagę kompleksowe traktowanie sieci transportowej obszaru, przy jednoczesnym rozróżnieniu poszczególnych sieci gałęziowych wchodzących w skład zespołu. Jest to w pewnym sensie rozwiązanie kompromisowe w stosunku do przedstawionych wyżej rozwiązań ekstremalnych.

Rozstrzygnięcie czy należy traktować sieć transportową jako całość, bez wyróżnienia poszczególnych sieci gałęziowych, czy też rozróżnienie to przeprowadzić, czy wreszcie wybrać podejście pośrednie, powinno zależeć przede wszystkim od tego, jak zostanie określony przedmiot badania oraz jaki jest tego badania cel. Gdy przedmiotem analizy jest sieć pojmowana w sensie fizycznym, a więc taka, której elementami liniowymi są drogi, rozróżnienie poszczególnych sieci jest konieczne ze względu na ich odmienne właściwości techniczne i ekonomiczne. Nieco inaczej natomiast wygląda sytuacja wówczas, gdy przedmiotem badania jest sieć w jej aspekcie funkcjonalnym, np. sieć połączeń komunikacyjnych. Głównym zagadnieniem staje się wtedy liczba i jakość połączeń, a nie infrastruktura połączenia te zapewniająca. Oczywiście trudno byłoby badać, a w szczególności wyjaśniać sieć linii komunikacyjnych bez uwzględnienia warunkującej ją sieci drogowej, jednakże na niektórych szczeblach analizy badana może być właśnie sieć połączeń, bez rozróżniania rodzajów transportu. Elementami sieci są wtedy linie i szlaki zdefiniowane wcześniej jako zespoły linii.

4. SIEĆ TRANSPORTOWA A SYSTEM TRANSPORTOWY

Dążenie do jak najpełniejszego poznania wewnętrznych i zewnętrznych współzależności i powiązań zjawisk transportowych sprawiło, że zainteresowania badaczy zajmujących się tą problematyką zaczęły kierować się w stronę ujęć całościowych, obejmujących całą złożoność rozmieszczenia i funkcjonowania transportu.

Podstaw do sformułowania i wyjaśnienia różnorodnych aspektów działania transportu traktowanego nie jako konglomerat zjawisk, a raczej jako logiczna całość rządząca się określonymi prawami, dostarcza podejście systemowe. U jego źródeł znajduje się tzw. ogólna teoria systemów sformułowana przez L.von Bertalanffy'ego.

Wraz z pojawieniem się i upowszechnieniem ujęć systemowych w geografii transportu stworzono wiele definicji pojęcia systemu transportowego. Krytyczny ich przegląd zawiera artykuł F. Tomali (1966). Przedmiotem naszych rozważań będzie natomiast wzajemna relacja pojęć „sieć transportowa” i „system transportowy”.

W licznych definicjach o charakterze bardziej ogólnym relacja ta nie jest w ogóle precyzowana. Np. F. Voigt (1960, s. 35) przez system transportowy rozumie jedynie „(...) współpracę różnych środków transportowych na określonym obszarze”. W podobnym duchu są sformułowane definicje L. Hofmana (1963) i A. Piskozuba (1973). Kładą one nacisk na współdziałanie różnorodnych gałęzi i środków transportu wchodzących w skład systemu oraz na relacje systemu z otoczeniem, nie zawierają natomiast wyszczególnienia jego elementów. W tych natomiast definicjach, które wyszczególnienie to zawierają, sieć transportowa jest traktowana jako jeden z elementów systemu transportowego. Podkreślane jest przy tym zazwyczaj jej podstawowe znaczenie w tym systemie (np. F. Tomala, 1966; M.E. Eliot Hurst, 1973).

Przejrzysty schemat obrazujący składniki systemu transportowego, relacje zachodzące pomiędzy nimi oraz między systemem a otoczeniem przedstawił M.E. Eliot Hurst (1974, s. 289). W tym ujęciu system transportowy składa się z szeregu wzajemnie od siebie uzależnionych podsystemów. Są nimi:

- 1) przestrzeń ruchu (część środowiska, w której zachodzą procesy transportowe),
- 2) drogi (routes),
- 3) podsystemy operacyjne (M. Potrykowski, Z. Taylor, 1982) — rozkłady jazdy, taryfy itp.,
- 4) poziom obsługi,
- 5) przepływy transportowe.

Schemat uwzględnia ponadto wpływ decyzji (głównie politycznych

i gospodarczych oddziałujących bezpośrednio i pośrednio na funkcjonowanie systemu.

W tak rozumianym systemie transportowym sieć mieści się wraz ze środkami i urządzeniami transportowymi w podsystemie drugim. Trzeba przy tym zaznaczyć, że zastosowany przez autora na określenie tego podsystemu rzeczownik „routes” (ang.: marszruty, trasy, drogi, szlaki, trakty) nie w pełni oddaje jego treść. Biorąc pod uwagę, że chodzi tu o zespół różnego rodzaju urządzeń technicznych, będących podstawą funkcjonowania transportu, korzystniej byłoby zastosować np. termin „infrastruktura”.

W przedstawionej koncepcji systemu transportowego sieć jest zatem jednym z jego podsystemów, przy czym, co wyraźnie podkreślono, podsystem ten ma szczególnie istotne znaczenie. Polega ono na stwarzaniu warunków, a jednocześnie i ograniczeń funkcjonowania pozostałych podsystemów.

To, że w systemie transportowym sieć odgrywa rolę podstawową oraz ma najbardziej trwałą spośród innych podsystemów charakter powoduje, że niekiedy utożsamia się oba pojęcia. Przedstawiona powyżej hierarchiczna struktura systemu transportowego uzasadnia nieścisłość takiego podejścia. Trzeba przy tym wyraźnie odgraniczyć dwie sprawy: sprowadzanie systemu transportowego tylko do sieci oraz analizę sieci w kategoriach systemu. To drugie jest całkowicie poprawne, bowiem każdy podsystem (a jest nim sieć) jest jednocześnie systemem. Z określeniem sieci jako systemu spotykamy się np. w pracach K.J. Kansky'ego (1963), M. Slenczka (1971) oraz W. Ratajczaka (1980).

5. POJĘCIE STRUKTURY PRZESTRZENNEJ SIECI I JEGO ZAKRES

Jak wspomniano wcześniej, sieci transportowe są przedmiotem badań różnych nauk: technicznych, ekonomicznych i społecznych, z których każda rozpatruje je z określonego, właściwego sobie punktu widzenia. W przypadku geografii przedmiotem zainteresowania jest problematyka przestrzenna sieci najczęściej sprowadzana do zagadnienia jej przestrzennej struktury.

W licznych pracach poświęconych temu zagadnieniu treść i zakres pojęcia struktury przestrzennej bywają różnie określone, często także autorzy nie wyjaśniają bliżej, co rozumieją pod tym terminem. Sytuacja taka panuje również w innych dziedzinach geografii, toteż pożyteczne wydaje się podjęcie próby uściślenia znaczenia i zakresu omawianego pojęcia.

Przeglądu różnych sposobów rozumienia i stosowania pojęcia struk-

tury przestrzennej dokonali F.E. Horton i D.R. Reynolds (1971). Wskazują oni na rozpowszechnione w geografii stosowanie tego terminu do uproszczonego opisu zjawisk występujących w przestrzeni, takich jak układ, dystans czy morfologia. Często także stawiany jest znak równości pomiędzy strukturą przestrzenną a rozmieszczeniem lub lokalizacją. Z określeniem struktury jako układu części składowych spotykamy się również w pracach poświęconych systemom transportowym (np. R. Domański, 1963B.; Z. Taylor, 1979). Takie podejście uwzględnia jedną tylko stronę zagadnienia — wzajemne usytuowanie elementów sieci w przestrzeni. Pominięty zostaje natomiast problem wzajemnych relacji obiektów, bez analizy których niemożliwe jest wyjaśnienie genezy i funkcjonowania układu.

Na konieczność uwzględnienia wzajemnych relacji pomiędzy elementami tworzącymi strukturę zwraca uwagę podejście systemowe.

A.D. Hall (1968, s. 442) określa strukturę systemu jako „(...) sposób, w jaki jego części są powiązane ze sobą i uzależnione od ogólnego charakteru systemu”. Analizę treści pojęcia struktury na gruncie teorii systemów przeprowadzają również J.B. Racine i H. Reymond (1977). Za jej składniki uważają oni układ, czyli elementy i ich rozmieszczenie oraz relacje zachodzące pomiędzy elementami. Relacje te wyjaśniają istnienie układu. Takie określenie analizowanego terminu pozwala na sprecyzowanie relacji zachodzących pomiędzy pojęciem struktury a pojęciami układu i rozmieszczenia. W świetle powyższych rozważań utożsamianie tych pojęć nie jest ścisłe, struktura jest bowiem pojęciem nadrzędnym.

K.J. Kansky (1963) definiując pojęcie struktury w odniesieniu do sieci i systemów transportowych podkreśla fakt, iż jest ona systemem relacji przestrzennych pomiędzy elementami sieci (systemu). W definicji tej na uwagę zasługuje stwierdzenie, że są to relacje zachodzące tak pomiędzy poszczególnymi elementami, jak i między elementami a siecią jako całością.

K.J. Kansky określając strukturę sieci precyzuje ponadto, co uważa za jej elementy. Są nimi źródła ruchu, drogi, po których ten ruch się odbywa, oraz miejsca przeznaczenia. To, że elementy sieci zostały tak właśnie zróżnicowane, ma istotne znaczenie, uwypukla bowiem funkcjonalny aspekt struktury.

6. ELEMENTY STRUKTURY PRZESTRZENNEJ SIECI I METODY ICH BADANIA

Przyjęcie proponowanego wyżej zakresu pojęcia struktury przestrzennej sieci pozwala na określenie kierunków kompleksowego jej ba-

dania. Przedmiotem takiego badania powinny być poszczególne elementy sieci, ich rozmieszczenie oraz zespół formalnych i funkcjonalnych relacji pomiędzy nimi. Cechą kompleksowej analizy sieci powinno być rozpatrywanie jej elementów we wzajemnym powiązaniu, przy jednoczesnym podkreśleniu indywidualności oraz zróżnicowań ilościowych i jakościowych.

Elementami sieci transportowej są punkty transportowe (wśród nich węzły) oraz drogi (linie, szlaki), zaś podstawowymi charakterystykami je opisującymi — hierarchia i rozmieszczenie (lokalizacja względem siebie).

Hierarchia węzłów transportowych może być rozpatrywana z punktu widzenia cech techniczno-ekonomicznych bądź też ze względu na rolę i miejsce węzłów w sieci. W ujęciu pierwszym cechami różnicującymi są m.in.: liczba i znaczenie linii zbiegających się w węzle oraz natężenie ruchu na nich, wielkość przewozów i przeładunków, liczba i wartość sprzedawanych biletów, wielkość zatrudnienia, powierzchnia terenów transportowych (S. Berezowski, 1971, M. Zięba, 1977).

Określenie miejsca i roli poszczególnych węzłów w całościowo traktowanej sieci jest związane z topologicznym jej ujęciem. Ujęcie to zwraca uwagę na układ połączeń pomiędzy węzłami, pomija natomiast zagadnienia odległości metrycznych oraz kierunków przepływów (w grafach nieskierowanych). W wyniku tego poszczególne węzły (wierzchołki grafu) charakteryzowane są poprzez analizę ich połączeń z węzłami pozostałymi.

Najprostszą miarą grafową różnicującą wierzchołki jest ich stopień, tj. liczba zbiegających się w wierzchołku krawędzi. Próbę zwiększenia wartości informacyjnej tej charakterystyki podjął W. Ratajczak (1980). Jako kryterium porządkowania wierzchołków grafu przyjmuje on rodzaj i liczbę funkcji transportowych pełnionych przez nie w sieci. Funkcje te dzieli na podstawowe (definiowane jako wielkość przyjęć i nadań danego wierzchołka do pozostałych, bezpośrednio z nim połączonych) i dodatkowe (wielkość nadań i przyjęć realizowana w wyniku tranzytowego położenia wierzchołka). Autor dowodzi, że ogólna liczba wszystkich funkcji wierzchołka wynosi $2p^2$ (gdzie p jest stopniem wierzchołka). Należy zauważyć, że zmienną różnicującą węzły jest w tym przypadku, tak jak poprzednio — stopień wierzchołka. Nowa miara ma więc ten sam ładunek informacji, bardzo zresztą ograniczony w związku z nieuwzględnieniem wielkości i kierunków rzeczywistych przepływów. Uwzględnienie tych parametrów (por. np. J.D. Nystuen i M.F. Dacey, 1961) jest jednak bardzo często niemożliwe, ze względu na brak odpowiednich danych.

Spośród innych miar grafowych umożliwiających porządkowanie wie-

rzchołków należy wymienić liczbę asocjacji, tj. największe oddalenie topologiczne danego wierzchołka od wszystkich pozostałych, oraz dostępność topologiczną (A. Shimbel, 1953), która jest sumą oddaleń danego wierzchołka od wszystkich pozostałych. Z. Taylor (1979) proponuje ponadto zastosowanie do pomiaru dostępności wierzchołków tzw. wskaźnika S-I (J.K. Ord, 1967).

Klasyfikacje węzłów dokonywane tak za pomocą liczby asocjacji, jak i różnych odmian dostępności topologicznej mają wspólną cechę, którą jest skupianie się poszczególnych klas w strefach koncentrycznych w stosunku do punktów centralnych (tj. mających najniższe liczby asocjacji). Jest to zatem specyficzny rodzaj hierarchii, oparty na jednostronnym kryterium i w ograniczonym stopniu różnicujący węzły.

Klasyfikacja liniowych elementów sieci transportowej może być przeprowadzona z analogicznych, jak w przypadku węzłów, punktów widzenia.

Ze względu na ich techniczno-ekonomiczne właściwości klasyfikację dróg (linii, szlaków) można oprzeć na takich parametrach, jak klasa techniczna, przepustowość, wielkość ruchu i przewozów, ponadto funkcje i znaczenie w systemie transportowym państwa, regionu itp.

Rozważając natomiast topologiczne właściwości sieci, hierarchię jej poszczególnych odcinków można stworzyć w oparciu o miarę dyspersji, tj. sumę dostępności topologicznych wszystkich wierzchołków. Próbę taką przeprowadził Z. Taylor (1979) porządkując projektowane nowe odcinki sieci według wielkości redukcji dyspersji, wywołanej ewentualnym ich wprowadzeniem. Procedurę tę można z powodzeniem zastosować do ustalenia hierarchii dróg istniejących badając wpływ, jaki ma na wzrost dyspersji sieci usunięcie poszczególnych jej odcinków. W podobny sposób można wykorzystać pojęcie spójności sieci, analizując wpływ wprowadzenia lub likwidacji poszczególnych odcinków na jej wielkość (szerzej o spójności w dalszej części artykułu).

R. Domański (1963 B. s. 33) analizując pojęcie struktury przestrzennej zespołów sieci komunikacyjnych, wśród jej cech konstytucjonalnych wymienia, obok hierarchii dróg, także ich wymiary liniowe i lokalizację względem siebie. Cechy te przedstawiają zbiór relacji formalnych, opisujących rozmieszczenie elementów.

Badania rozmieszczenia, w przeciwieństwie do omówionych wcześniej badań poszczególnych elementów, mają charakter bardziej całościowy. Tradycyjnie używaną miarą, charakteryzującą rozmieszczenie sieci, jest jej gęstość. Wartość tej miary jest jednak ograniczona, opisuje ona bowiem jedynie zróżnicowanie natężenia zjawisk transportowych w przyjętych jednostkach podstawowych, nie ujmuje natomiast

zróznicowania tych zjawisk wewnątrz jednostek. Co najważniejsze zaś, nie mówi nic o lokalizacji elementów sieci względem siebie.

T. Lijewski (1977), analizując właściwości wskaźników gęstości, rozumianych jako stosunek długości dróg (linii) do powierzchni, liczby ludności itd., zwraca uwagę na jeszcze jeden mankament tego typu miar. Nie informują one mianowicie o rzeczywistej dostępności transportu publicznego, która nie zależy od gęstości dróg czy linii, ale od rozmieszczenia stacji, przystanków, punktów ładunkowych itp.

Zespół relacji formalnych pomiędzy elementami sieci w przejrzysty sposób opisują różnego rodzaju miary topologiczne. Obszerny ich przegląd zawiera praca K.J. Kansky'ego (1963). Miary te ukazują stopień wzajemnych powiązań pomiędzy wierzchołkami, a więc spójność sieci. Ze względu na to, że zmiennymi, w oparciu o które oblicza się różne odmiany wskaźników spójności, są jedynie: liczba wierzchołków, krawędzi oraz izolowanych podgrafów, miary te cechuje ograniczony ładunek informacji, właściwy, jak już wspomniano, ujęciu grafowemu.

Dla wyeliminowania tego mankamentu K.J. Kansky zaproponował szereg wskaźników, uwzględniających m.in. metryczną długość sieci, wielkość przewozów itp. Są one jednak rzadko stosowane.

Próby praktycznego zastosowania wskaźników spójności wskazują na jeszcze jedną ich wadę, wynikającą również z wąskiego zakresu zmiennych wyjściowych. Jest nią niejednoznaczne różnicowanie grafów o całkowicie odmiennej strukturze. Z. Taylor (1979) przeprowadza krytykę tych wskaźników na przykładzie sieci transportowej Poznania wskazując, że dla bardzo niekiedy różnych struktur wartości poszczególnych miar są zbliżone lub nawet jednakowe. Ten sam autor zwraca również uwagę na to że, żaden ze wskaźników spójności nie reaguje na wszystkie cechy grafu.

Powyższych wad pozbawiony jest wspomniany już wcześniej tzw. wskaźnik S-I (J.K. Ord, 1967), oparty na trzech pierwszych momentach centralnych rozkładu częstości odległości topologicznych. Pozwala on przedstawić poszczególne grafy w postaci punktów na płaszczyźnie, umożliwiając ich dogodne porównywanie. Charakterystyczną cechą wskaźnika jest to, że nadaje się on przede wszystkim do porównań, i to porównań raczej większej liczby sieci, ponieważ jego współrzędne obliczone dla jednego tylko grafu nie informują jednoznacznie o strukturze.

Jak już wcześniej wspomniano, zbiór elementów wraz z ich rozmieszczeniem określa sięg mianem układu (J.B. Racine, H. Reymond, 1977). Problematyka układu sieci była i jest chętnie podejmowana w badaniach geograficznych, przy czym szczególną popularność zyskały sobie modele geometryczne sieci. Obszerne omówienie dotychczasowych osiągnięć

w tym zakresie zawierają prace K. Dziewońskiego (1984), R. Domańskiego (1963A, 1963B), J. Paryska (1970) oraz M. Potrykowskiego i Z. Taylora (1982).

Określenia układu sieci dokonuje się często drogą porównania z modelami geometrycznymi, najczęściej z szachownicowym i trygonalnym lub heksagonalnym. Poglądową metodę takiego porównania przedstawia Z. Wasiutyński (1959). Polega ona na analizie statystycznej takich cech, jak liczba obszarów administracyjnych o wspólnych granicach, liczba dróg zbiegających się w poszczególnych węzłach oraz zbieżność kierunków dróg z kierunkami sieci regularnej (trójkątnej). Wadą tej metody jest brak sprecyzowanych kryteriów uznawania układów za podobne oraz pewna dowolność, wynikająca z możliwości różnego ustalania orientacji układu regularnego.

R.K. Semple i L.H. Wang (1971) proponują, aby porównywać sieć rzeczywistą z teoretycznymi modelami Christallera i Löschera za pomocą porównania entropii obu układów. Zaletą tej metody jest ilościowe przedstawienie stopnia podobieństwa obu sieci. Pewną trudność natomiast może sprawiać skonstruowanie schematu sieci modelowej, oparte go na węzłach sieci rzeczywistej.

Odmienny w stosunku do wyżej omówionych metod charakter ma procedura, którą przedstawiają E.I. Taaffe i H.L. Gauthier jr. (1973). Wyróżniają oni trzy podstawowe typy sieci ze względu na kształt: rdzeniowy (spinal), kratowy (grid) i delta. Każdemu z nich odpowiadają określone przedziały wartości grafowych wskaźników spójności α i γ (por. K.J. Kansky, 1963). Obliczając wartości tych wskaźników dla konkretnej sieci można ją zakwalifikować do jednego z wyróżnionych typów.

Zaletą przedstawionej metody jest to, że każdą sieć można jednoznacznie zaliczyć do określonego typu, obliczając jedynie wartości dwóch prostych wskaźników. W obu natomiast procedurach omówionych wcześniej trzeba *a priori* określić, do jakiego modelu najbardziej podobna jest sieć badana, co powoduje konieczność poszukiwań metodą prób i błędów.

Rozmieszczenie i układ sieci są opisywane, jak już wspomniano, przez zespół powiązań formalnych pomiędzy jej elementami. Pełny obraz struktury przestrzennej sieci daje jednak dopiero uwzględnienie istniejących powiązań funkcjonalnych. W przypadku sieci transportowej są nimi powiązania komunikacyjne, przejawiające się w ruchu środków transportu, oraz przepływy pasażerów i ładunków.

Relacje formalne zachodzące pomiędzy elementami sieci informują jedynie o jej stanie fizycznym w danym momencie, natomiast dopiero powiązania funkcjonalne są przejawem rzeczywistych związków spo-

lecznych i gospodarczych. Dlatego też prawidłowe kształtowanie i prognozowanie sieci jest możliwe dopiero po ich uwzględnieniu.

Analiza powiązań zachodzących w sieci stanowi również podstawę jej systematyzacji. Przykładem jest tu praca M. Slenczka (1971), który na podstawie relacji zarówno formalnych, jak i funkcjonalnych przeprowadził rejonizację sieci transportowej byłego województwa opolskiego. Miarami powiązań formalnych są w tej pracy odległości pomiędzy miejscowościami mierzone po ortodromie i wzdłuż dróg, natomiast powiązania funkcjonalne opisują tzw. wskaźniki ewakuacji, obliczane w oparciu o liczbę mieszkańców poszczególnych węzłów, zdolność przewozową i przeciętną prędkość środków transportu oraz odległość.

Powiązania funkcjonalne w sposób zasadniczy wzbogacają obraz struktury przestrzennej sieci, jednakże w wielu przypadkach pomiar ich jest znacznie utrudniony ze względu na brak danych, w szczególności dotyczących przepływów pasażerów i ładunków.

7. ZAKOŃCZENIE

Struktura przestrzenna sieci — tradycyjny przedmiot badań geografii transportu — należy w dalszym ciągu do kluczowych zagadnień tej dyscypliny. Trzeba przy tym zauważyć, że większość prac poświęconych tej problematyce obejmuje tylko wybrane jej aspekty. Do rzadkości natomiast należą prace kompleksowo ujmujące strukturę sieci.

Podstaw do rozwinięcia kompleksowych badań sieci dostarcza coraz częściej stosowane podejście systemowe. Analiza sieci w kategoriach systemowych zwraca większą uwagę na powiązania, w szczególności powiązania o charakterze funkcjonalnym. Wymaga to rozwinięcia badań nad zagadnieniami ruchu środków transportu, jego kierunków, rozmiarów, organizacji itp. W związku z tym celowe wydaje się w szerszym niż dotychczas zakresie podejmowanie badań sieci rozumianych jako sieci połączeń komunikacyjnych (np. sieć autobusowa). Dotychczas bowiem znacznie częściej przedmiot badań stanowiły sieci w sensie infrastrukturalnym (np. sieć drogowa), zaś aspekt funkcjonowania komunikacji traktowany był drugoplanowo bądź też wręcz pomijany. Wśród pojawiających się coraz częściej prac podejmujących zagadnienia sieci w ujęciu funkcjonalnym na uwagę zasługuje opracowanie M. Kozaneckiej (1980) poświęcone komunikacji autobusowej PKS w Polsce.

W niniejszym artykule była mowa tylko o powiązaniach wewnątrz sieci. Oprócz nich istnieją także relacje systemu — otoczenie. Współzależnościom pomiędzy sieciami transportowymi a ich otoczeniem poświęcone są m.in. prace K.J. Kansky'ego (1963), W. Ratajczaka (1980) oraz

M. Potrykowskiego (1980). Ze względu na konieczność zachowania pewnej systematyki badań w ogólnym podziale zagadnień badawczych geografii transportu (por. M. Potrykowski, Z. Taylor, 1982) tematyka wydzielana jest w odrębną grupę.

LITERATURA

- Berezowski S., 1971, *Komunikacja*, w: *Struktura przestrzenna gospodarki narodowej Polski*, Warszawa, PWE, s. 221—276.
- Berezowski S., 1975, *Zarys geografii komunikacji*, Warszawa, PWN.
- Carter F.W., 1969, An analysis of the medieval Serbian oecumene: a theoretical approach, „*Geografiska Annaler*”, 51 B, s. 39—56.
- Domański R., 1963A, Teoretyczne modele sieci komunikacyjnej, „*Czasopismo Geograficzne*”, 34, s. 149—167.
- Domański R., 1963B, Zespoły sieci komunikacyjnych, *Prace Geograficzne IG PAN*, 41, Warszawa, PWN.
- Dziewoński K., 1948, *Zasady przestrzennego kształtowania inwestycji podstawowych*, Warszawa, GUPP.
- Eliot Hurst M.E., 1973, Transportation and the societal framework, „*Economic Geography*”, 42, s. 163—180.
- Eliot Hurst M.E., 1974, The geographic study of transportation, its definition, growth and scope, w: *Transportation geography: comments and readings*, Ed. by M.E. Eliot Hurst, New York, McGraw-Hill, s. 1—15.
- Hall A.D., 1968, *Podstawy techniki systemów (ogólne zasady projektowania)*, Warszawa, PWN.
- Hofman L., 1963, *Ekonomika i organizacja żeglugi śródlądowej*, Sopot, WSE.
- Horton F.E., D. R. Reynolds, 1971, Effects of urban spatial structure on individual behavior, „*Economic Geography*”, 47, s. 36—48.
- Knasky K.J., 1963, Structure of transport networks: relationships between network geometry and regional characteristics, „*Research Papers*”, 84 University of Chicago, Department of Geography.
- Kozanecka M., 1980, *Tendencje rozwojowe komunikacji autobusowej w Polsce. Studium geograficznoekonomiczne* Kraków, Wydawnictwo Naukowe WSP.
- Lijewski T., 1977, *Geografia transportu Polski*, Warszawa, PWE.
- Madeyski M., 1969, *Podstawy ekonomiki transportu*, Warszawa, PTE.
- Nystuen J.D., M.F. Dacey, 1961, A graph theory interpretation of nodal regions, „*Papers of Regional Science Association*”, 7, s. 29—42.
- Ord J.K., 1967, On a system of discrete distributions, „*Biometrika*”, 54, s. 649—656.
- Parysek J., 1970, O badaniu sieci komunikacyjnej, „*Przegląd Komunikacyjny*”, 9, s. 474—478.
- Piskozub A., 1973, *Funkcjonowanie systemów transportowych*, Warszawa, WKŁ.
- Piskozub A., 1982, *Gospodarowanie w transporcie*, Warszawa, WKŁ.
- Potrykowski M., 1980, *Współzależności między rozwojem społeczno-gospodarczym regionów a zagospodarowaniem transportowym (maszynopis pracy doktorskiej)*, Warszawa, IGiPZ PAN.
- Potrykowski M., Z. Taylor, 1982, *Geografia transportu. Zarys problemów, modeli i metod badawczych*, Warszawa, PWN.

- Racine J.B., H. Reymond, 1977, *Analiza ilościowa w geografii*, Warszawa, PWN.
- Ratajczak W., 1980, *Analiza i modele wpływu czynników społeczno-gospodarczych na kształtowanie się sieci transportowej*, Warszawa-Poznań, PWN.
- Semple R.K., L.H. Wang, 1971, A geographical analysis of changing redundancy in inter-urban transportation links, „Geografiska Annaler”, 53 B, s. 1—5.
- Shimbel A., 1953, Structural properties of communication network, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 15, s. 501—507.
- Slenczek M., 1971, Próba określenia struktury przestrzennej sieci transportowej województwa opolskiego, w: S. Golachowski (red.) *Struktury i procesy osadnicze*, Warszawa-Wrocław, PWN, s. 67—124.
- Taaffe E.J., H.L. Gauthier jr., 1973, *Geography of transportation*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs:
- Taylor Z., 1979, *Przestrzenna dostępność miejskiego systemu transportowego. Na przykładzie Poznania*, *Studia KPZK PAN*, 67.
- Tomala F., 1966, System transportowy a ogólna teoria systemów, *Zeszyty Naukowe WSE w Sopocie*, 33 B, s. 59—83.
- Voigt F., 1960, *Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Verkehrssystems*, Berlin.
- Wasiułyński Z., 1959, *O kształtowaniu układów komunikacyjnych*, Warszawa, PWN.
- Zięba M., 1977, Określenie wielkości węzła kolejowego, „*Czasopismo Geograficzne*”, 48, s. 163—171.

Jan Peliwo

TRANSPORTATION NETWORK AND ITS SPATIAL STRUCTURE IN GEOGRAPHICAL STUDIES

Summary

This article is a consideration on the issue of notions of the transportation network and its spatial structure. Differences between the network as an element of infrastructure and the network in the functional sense (e.g. network of public transportation lines) are discussed. Also possibilities are studied as to joint or separate studying of transportation in a given area, including also R. Domański's concept of units of public transportation networks.

The author makes a review of various approaches to the issue of relations between the network and transportation system, being of the opinion that the system is superior to the network.

Treatment of the network in system categories results in describing its structure as distribution of elements of the network and interrelations occurring between them. The interrelations are of two kinds: formal and functional. Formal interrelations mean primarily distances and locations, and functional mean traffic and transported items. The article contains a review of methods to study individual elements of the network and interrelations between them. An important role here is played by graph methods though the topological approach despite its advantages also forces certain interpretation limitations.

Pointing to advantages of the system approach, and primarily to its stress on functional interrelations, the author states that it makes a basis for a multi-aspect analysis of the network, fuller than in traditional approaches.