

INSTYTUT GEOGRAFII
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

PRACE GEOGRAFICZNE NR 41

RYSZARD DOMAŃSKI

ZESPOŁY SIECI
KOMUNIKACYJNYCH

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1963

INSTYTUT GEOGRAFII
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

*

PRACE GEOGRAFICZNE NR 41

Wielce Szanownemu Panu Profesorowi
Dr Stanisławowi Leszczyckiemu
z wyrazami wdzięczności

Dyzard Domański

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТРУДЫ

№ 41

Р. ДОМАНЬСКИ

КОМПЛЕКСЫ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

★

GEOGRAPHICAL STUDIES

№ 41

R. DOMAŃSKI

COMPLEXES OF TRANSPORT NETWORKS

INSTYTUT GEOGRAFII
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

PRACE GEOGRAFICZNE NR 41

RYSZARD DOMAŃSKI

ZESPOŁY SIECI
KOMUNIKACYJNYCH

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1963

Komitet redakcyjny

PRZEWODNICZĄCY: S. LESZCZYCKI
CZŁONKOWIE: K. DZIEWOŃSKI, R. GALON, M. KLIMASZEWSKI, J. KONDRACKI
J. KOSTROWICKI, M. KIELCZEWSKA-ZALESKA, M. CHILCZUK
SEKRETARZ REDAKCJI: J. WŁODEK-SANOJCA

Rada redakcyjna

J. BARBAG, J. CZYŻEWSKI, J. DYLIK, K. DZIEWOŃSKI
R. GALON, M. KLIMASZEWSKI, J. KONDRACKI, J. KOSTROWICKI,
S. LESZCZYCKI, A. MALICKI, B. OLSZEWICZ, J. WĄSOWICZ,
M. KIELCZEWSKA-ZALESKA, A. ZIERHOFFER

Redaktor tomu

F. BARCIŃSKI

Copyright by PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1963

Nakład 900+100 egz. Ark. wyd. 8. Ark. druk. 7. Papier druk. sat. III kl.
80 g 70/100. Skład rozp. w listopadzie 1962, druk ukończ. w lipcu 1963.
Zam. 1832/62. L-41. Cena zł 24.—

Drukarnia im. Rewolucji Październikowej

SPIS TREŚCI

	s.
I. Wstęp	7
1. Problem	7
2. Przegląd literatury.	10
3. Metoda	17
II. Modele sieci komunikacyjnej. Pojęcie zespołu sieci komunikacyjnych	19
III. Aproksymacja	36
1. Własności i funkcje różnych rodzajów komunikacji. Przesłanki alokacji	36
2. Zespoły elementarne	49
3. Ewolucja zespołów sieci komunikacyjnych	53
4. Zróźnicowanie przestrzeni geograficznej i ekonomicznej	60
IV. Model zespołu sieci komunikacyjnych	71
1. Model komiwojażera	71
2. Model środka miedzi	72
3. Model pęku dróg (sieci scentralizowanej)	73
4. Model anizotropowy	74
V. Typologia zespołów sieci komunikacyjnych	83
VI. Weryfikacja	87
Literatura	97
Indeks rzeczowy	101
Резюме	103
Summary	107

I. WSTĘP

1. PROBLEM

Rozwój komunikacji prowadzi ku formom funkcjonalnie coraz bardziej zróżnicowanym. Każda z nich wykonuje specjalne, sobie tylko właściwe funkcje a zarazem uzupełnia inne formy; gdy zaś podział funkcji nie jest jednoznaczny może je także zastępować. Ustalają się więc pomiędzy nimi rozliczne zależności. Zależności te zmieniają się i komplikują wskutek niejednakowego tempa rozwoju poszczególnych form komunikacji, co niekiedy powoduje osiągnięcie stanu hipertrofii przez formy najbardziej dynamiczne, bądź też wskutek pojawienia się nowych form zrywających dawną więź globalną. Na jej miejscu w nowych warunkach komunikacyjnych tworzy się nowa więź. Równoległe więc z procesem różniczkowania, komunikacja podlega, można by rzec, procesowi całkowania. Wynikiem są zespoły komunikacyjne, a ich najtrwalszymi elementami — zespoły sieci komunikacyjnych¹.

Autor wychodzi z założenia, że formowanie się zespołów sieci komunikacyjnych jest procesem prawidłowym, który powinien być badany w celu poznania praw nim rządzących [59]. Geografię komunikacji interesują w pierwszym rzędzie prawa przestrzennej struktury zespołów. Należą one do praw współistnienia, dają się jednak sprowadzić do praw przyczynowych, tj. stałych relacji między warunkami formowania się zespołów i ich strukturą przestrzenną.

Na wzór badania funkcji i korelacji, trzeba poszukiwać praw, na zasadzie których struktura przestrzenna podporządkowana jest warunkom niezbędnym i wystarczającym. W przesłankach winna być zawarta ekonomizacja działań komunikacyjnych, rozumiana tak jak podobnie brzmiąca dyrektywa prakseologii. W warunkach współmierności celu i środków działania przybiera ona postać zasady gospodarczości, która wyraża dążenie do największego efektu

¹ Praca traktuje o zagadnieniach, które są bliższe znaczeniu wyrazu *communicatio* niż wyrazu *transportare*. Niektóre z zawartych w niej zdań ściśle ogólnych odnoszą się też faktycznie do komunikacji w szerszym znaczeniu tego słowa. Szereg pojęć podstawowych z punktu widzenia tematu i szeroko w literaturze naukowej stosowanych zawiera jako składnik wyraz komunikacja lub jego pochodne, np. układ komunikacyjny. Z tych względów, jak również wobec trwającej wciąż jeszcze niejednorodności terminologicznej we właściwych naukach systematycznych, autor użył wyrażenia zespoły sieci komunikacyjnych, a nie zespoły sieci transportowych, zdając sobie sprawę, że tkwi w tym pewna doza dowolności. W konsekwencji wypadnie też posłużyć się nazwą geografia komunikacji.

przy danym nakładzie środków lub najmniejszego nakładu środków dla osiągnięcia danego efektu.

Wyniki takich poszukiwań winny umożliwić konstrukcję modelu teoretycznego zespołu sieci komunikacyjnych. Nie został on jeszcze skonstruowany przez systematyczne nauki o komunikacji, a stanowi przedmiot zainteresowań geografii ekonomicznej, toteż zajęcie się nim w pracach geograficznokomunikacyjnych jest jak najbardziej uzasadnione i celowe. W jednym modelu można zawrzeć, oczywiście, tylko najbardziej ogólne warunki, w których prawa struktury przestrzennej zespołów są prawdziwe i wiążą się ze sobą. W konfrontacji z rzeczywistością taki model wykazuje najczęściej duże różnice. Dalsza jego konkretyzacja jest możliwa poprzez zróżnicowanie typologiczne.

W tym celu trzeba przeprowadzić badanie rzeczywistych zespołów sieci komunikacyjnych występujących w różnych krajach, zwracając przy tym uwagę nie tyle na niepowtarzalność, co na podobieństwa linii i węzłów, ich położenia, funkcji i rozwoju. Takie ujęcie badawcze pozwala na uporządkowanie mnogości i wyjaśnienie kongruencji struktury przestrzennej z warunkami powstawania i rozwoju zespołów najbardziej znamienych; w efekcie zaś na wyróżnienie typów zespołów. Uzyskane tą drogą wyniki mogą też przyczynić się, w zakresie właściwym geografii komunikacji, do rozwoju pojęć związanych z systemem regionów ekonomicznych i ich typologią.

Wreszcie, tak zróżnicowane i przybliżone do rzeczywistości zespoły teoretyczne mogą być poddane weryfikacji, stanowiącej końcową fazę postępowania badawczego.

W początkowych studiach poświęconych zespołom sieci komunikacyjnych trudno jest, zwłaszcza wobec niepełnych materiałów faktograficznych i analitycznych, dojść do swoistych dla nich zależności uniwersalnych. Nie rezygnując z ich poznania, które jednak musi być traktowane jako cel wysiłku zbiorowego, należy zacząć od ustalenia generalizacji historycznych i częściowych. Praca niniejsza jest próbą zmierzającą w tym kierunku.

Formy i formowanie się zespołów sieci komunikacyjnych (morfologia²) są zwykle opisywane przy pomocy zdań historycznych jednostkowych (podstawowych, obserwacyjnych), bez zdań ściśle ogólnych względnie praw. Rzadko zdarza się nawet wykrywanie luźnych uporczywości w powtórzeniach lub częstszych koincydencji zjawisk współwystępujących w określonym czasie i miejscu. Stan ten tłumaczy się silnym zindywidualizowaniem zespołów, mnogością ich cech niepowtarzalnych.

Jednakże geografia komunikacji wcale, pod tym względem, nie znajduje się w wyjątkowym położeniu. Liczne nauki uważają za swój cel poznawanie praw,

² Termin ten nie był dotychczas używany w pracach komunikacyjnych. Zastosowując go, autor nadał mu sens odpowiadający raczej stanowisku geomorfologii (kierunek wyjaśniający) niż geografii osadnictwa. W krytyce prac z zakresu geografii osadnictwa utożsamia się niekiedy morfologię z opisaniem cech widzialnych osiedli, co z punktu widzenia semajologicznego jest nieprawidłowe. Krytykuje się bowiem, i słusznie, poprzestawanie na morfografii.

które mają charakter stochastyczny, tzn. przejawiają się tylko przy masowym powtarzaniu się zdarzeń określonego rodzaju; osiągają przy tym cenne rezultaty teoretyczne. Jest to możliwe dzięki temu, że udoskonaliły one swoje metody badawcze, wykształciły metody odpowiadające coraz ściślej naturze badanych zjawisk. W tym samym kierunku winna pójść również część prac geograficzno-komunikacyjnych.

Wydaje się więc zbyt liczne wyszczególnianie argumentów na rzecz stanowiska nomotetycznego, a przeciw wyłączności idiografizmu w geografii komunikacji. Nie ma również potrzeby uzasadniania, że celowe jest rozpatrywanie wyodrębnionych dziedzin (aspektów) gospodarki w przestrzeni (zespoły sieci komunikacyjnych są ich szczególnym przypadkiem) i to rozpatrywanie nie tylko opisowe, lecz także teoretyczne. Wniosek przeciwny nie wynika chyba nawet z ostrej krytyki z jaką spotkały się teorie sieci osadniczej, zwłaszcza teoria W. Christallera, za ich formalizm i abstrakcje opierające się na przesłankach nazbyt oderwanych od rzeczywistości.

Jest rzeczą samo przez się zrozumiałą, że przy rozpatrywaniu problemów częściowych potrzebna jest samowiedza metodologiczna, która pozwala na właściwe ich powiązanie z całością, tak jak one występują w realnej rzeczywistości. Aby lepiej zdać sobie sprawę z tych powiązań trzeba wyznaczyć współrzędne rozpatrywanego problemu na mapie pojęć geograficznych lub siatce miejsc logicznych, jakby powiedział logik. Położenie logiczne problemu zespołów sieci komunikacyjnych jest następujące: 1. w podziale problemowym, zespoły sieci komunikacyjnych są składnikiem (o charakterze węzłowym) struktury regionalnej, a teoria zespołów — składnikiem teorii regionów ekonomicznych, 2. w podziale systematycznym, zespoły sieci komunikacyjnych są jednym z głównych obiektów badawczych geografii komunikacji. Stwierdzają to także autorzy opowiadający się najbardziej kategorycznie za regionalistycznym (kompleksowym) kierunkiem geografii ekonomicznej³. Ponadto zespoły są przedmiotem zainteresowania innych nauk: ekonomicznych, historycznych i technicznych; jednakże, pomijając odmienne punkty widzenia tych nauk, rozpatrywanie zespołów w ramach geografii ekonomicznej rokuje, jak się zdaje, największe nadzieje, dzięki jej nastawieniu na badanie struktur zjawisk złożonych.

Praca ma na widoku nie tylko cele poznawcze, lecz również cele praktyczne, mianowicie rozszerzenie podstaw naukowych koordynacji dróg różnych rodzajów komunikacji w skali regionalnej. Potrzeba i możliwość koordynacji istnieje już w zakresie poszczególnych komunikacji, jednakże dopiero w zespole różnych ich rodzajów postulat uzgadniania elementów składowych nabiera pełnej doniosłości. Dociekania teoretyczne mogą służyć jego rozwiązaniu, określając założenia, funkcjonowanie i wyniki optymalnego zespołu sieci komunikacyjnych. To umożliwi ocenę wartości zespołów istniejących i przewidywanie ich przyszłego rozwoju. Polityka komunikacyjna powinna dążyć do wprowa-

³ Według J. Sauszki [93], geografia transportu zajmuje się „... rozmieszczeniem i powiązaniem różnych rodzajów transportu i sieci komunikacyjnej”.

dzenia w praktyce przyczyn, które na zasadzie ustalonego następstwa zdarzeń wywołują jako skutek zespoły optymalne. Planowania regionalnego dotyczą bezpośrednio sposoby, przy których pomocy zespoły takie można wyprowadzić z konkretnych warunków regionu.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

W problematyce geograficzno-komunikacyjnej mało jest zagadnień narzucających się tak apodyktycznie, a zarazem tak odległych od należytego rozwiązania, jak zagadnienie zespołów komunikacyjnych. Nie ma, o ile wiadomo, literatury, która by traktowała zespoły komunikacyjne za przedmiot właściwy. Spotkać można co najwyżej luźne wątki — nie wychodzące z reguły poza najogólniejsze stwierdzenia — w pracach poświęconych zagadnieniom pokrewnym. Jeśli mówi się w nich bezpośrednio o badaniach zespołów to najczęściej jedynie w sensie postulatywnym, po czym autorzy przechodzą do odrębnej charakterystyki poszczególnych rodzajów komunikacji. Badań rzeczywiście zespołowych brak.

Opinia ta nie jest odosobniona. Taki sam jest sens wypowiedzi E.L. Ullmana [103]: „W amerykańskiej literaturze geograficznej nie ma prawie studiów dotyczących wzajemnych związków pomiędzy różnymi formami transportu”. Wypowiedź tę można uważać za reprezentatywną dla światowej geografii komunikacji. Także zainteresowania nauk ekonomicznych, w rozpatrywanej dziedzinie, oceniane są jako niewystarczające, choć przecież nauki te mogą się poszczycić obszerną literaturą na temat współzawodnictwa i współpracy różnych rodzajów transportu. Oto np. W. Linden [62] pisze: „Zmiana w strukturze komunikacji, która zaszła w ciągu ostatnich 30 lat, nabiera decydującego znaczenia, ale trzeba stwierdzić — niestety — że jest zbyt mało uwzględniana zarówno w tradycyjnej nauce o komunikacji jak i w oficjalnej polityce komunikacyjnej”. Należy tu jednak odnotować znamieny wyjątek, mianowicie powołanie do życia przed kilkoma laty Instytutu Kompleksnych Transportnych Problem Akademii Nauk SSSR. W jego postaci utworzona została doskonała podstawa organizacyjnotechniczna dla badań nad całością transportu. Sądząc z pierwszych publikacji badania poszły najpierw w kierunku koordynacji przewozów różnymi środkami transportu.

Zespoły sieci komunikacyjnych są problemem typowo kompleksowym. Rozumie się przez to nie tylko, że poszczególne rodzaje komunikacji winny być rozpatrywane jako części jednej całości, lecz ponadto, że całość tę należy badać z różnych punktów widzenia. Autor stara się uwzględnić punkt widzenia nauk geograficznych i ekonomicznych oraz, częściowo, technicznych. Stosownie do tego korzysta w pracy głównie z literatury geograficznej, ekonomicznej i technicznej.

Autor nie stawia sobie za cel przeglądu historycznego prac stojących w jakimś

związku z tematem⁴. Bardziej właściwe wydaje mu się uchwycenie w dotychczasowej literaturze tych wątków, które mogą mieć znaczenie dla dalszych badań nad wybranym problemem. W ten sposób ujawnią się również luki w materiałach źródłowych. Literatura mająca stosunkowo najbliższy związek z tematem grupuje się w czterech następujących działach.

Geograficzne opisy komunikacji

Dotyczą one różnych co do wielkości obszarów: całej kuli ziemskiej, kontynentów, krajów, stref, okręgów, miast i wsi. Komunikację przedstawiają w ujęciu regionalistycznym bądź gałęziowym. Początkowo były to opisy zwykle, ograniczające się do cech fizjonomicznych (formalnych) i informacji utylitarnych (dla handlu) [3], później — opisy wyjaśniające zjawiska komunikacji, najpierw przyczynami geograficznymi (determinizm), a następnie także przyczynami pozageograficznymi. Prace tego rodzaju dostarczają materiałów faktograficznych dotyczących linii, węzłów i regionów komunikacyjnych różnych rządów. Ich wartość dla opracowywanego tematu zależy od stopnia wyjaśnienia przyczynowego oraz szczegółowości i kompletności podawanych informacji.

Z tego punktu widzenia, prace poświęcone tzw. ogólnej geografii komunikacji mają wartość ograniczoną. Pożyteczną rolę spełniają jedynie w początkowej fazie postępowania badawczego, gdy chodzi o wstępne zaznajomienie się z poszczególnymi gałęziami i regionami komunikacji. Oprócz pracy J.G. Kohla [49], dla której bardziej znamienne niż opisy geograficzne są geometryczne konstrukcje sieci komunikacyjnej, należy tu wymienić prace następujących autorów: F. Richthofena [90], K. Hasserta [39], E. Friedricha i W. Schmidta [33], A. Hettnera [41], E. Cleefa [21], R. Capot-Reya [14] i E. Otremy [80]. Niektórzy z wymienionych autorów, jak A. Hettner, R. Capot-Rey i E. Otremba, a ponadto K. Sapper [92], próbowali przeprowadzić klasyfikację komunikacji na świecie. Nie uniknęli jednak uproszczeń, a w próbach wyróżnienia jednostek wielowymiarowych logicznych niekonsekwencji. Nową próbę rozwiniętej klasyfikacji kontynentalnych systemów transportu przeprowadził S. Berezowski [8].

Bardziej szczegółowe informacje podają monografie regionalne, obejmujące najczęściej poszczególne państwa lub mniejsze jednostki administracyjne. W grę wchodzi zarówno specjalne monografie komunikacyjne, jak i ogólne monografie geograficznoekonomiczne zawierające rozdziały poświęcone komunikacji. Oba te rodzaje prac są reprezentowane przez bardzo dużą ilość publikacji. Wśród autorów monografii specjalnych można wskazać przykładowo: H. Lartilleuxa [54], J.St. Johna [45], R.G. Lewisa [61], K. Remy'ego [89], A.L. Batalowa [5], I.W. Nikolskiego [78], T.S. Chaczaturowa (red.) [16], S. Leszczyc-

⁴ Bibliografię prac z zakresu geografii komunikacji, doprowadzoną do końca lat dwudziestych bieżącego stulecia, zawiera książka K. Hasserta [39]. Nowsza literatura w językach: niemieckim, angielskim, francuskim, rosyjskim i polskim wykazana jest w opracowaniach: E. Otremy [80], E. L. Ullmana [103], S. Berezowskiego [7], W. Nikolskiego [78] i Z. Chojnickiego [18].

kiego [58], A. Wrzoska [108], S. Berezowskiego [6]. Liczne są również monografie poszczególnych linii i węzłów komunikacyjnych (np. kolei transsyberyjskiej, autostrady panamerykańskiej, szlaków transsaharyjskich, kanału Wołga-Don, drogi wodnej Św. Wawrzyńca).

Tradycyjna problematyka wpływu środowiska geograficznego na komunikację, obszernie uwzględniana w większości z wymienionych prac, jest także przedmiotem odrębnych publikacji. P.H. Schmidt [42] omawia ją w sposób ogólny, natomiast O. Blum [11] ze stanowiska techniki, rozważając najszerszej wpływ ukształtowania powierzchni ziemi na budowę linii i rozwój sieci komunikacyjnych. Wzajemne oddziaływanie środowiska geograficznego i komunikacji analizuje F. Barciński [4]. Genetyczne wyjaśnienia sieci komunikacyjnych istniejących współcześnie można znaleźć w pracach geograficznohistorycznych i historycznych.

Literaturę pierwszego działu cechuje, zwykła dla materiałów źródłowych sprzeczność pomiędzy szczegółowością, a kompletnością danych. Dzieła obejmujące wszystkie rodzaje komunikacji są niedostatecznie szczegółowe, nawet jeśli traktują o regionach niskiego rzędu; dzieła szczegółowe są niekompletne, nie tylko same w sobie (traktują zwykle o jednym rodzaju komunikacji), ale również w tym sensie, że nawet gdy odnoszą się do tego samego terytorium, co należy do rzadkości, to trudno z nich odtworzyć całość komunikacji. Nie dysponujemy więc opublikowanymi pracami, które by dawały wystarczające materiały faktograficzne dla badań nad zespołami sieci komunikacyjnych.

Transport w teoriach lokalizacji produkcji

Literatura tego działu jest raczej luźno związana z opracowywanym tematem. W istocie, dotyczy ona zupełnie różnych zagadnień. Jej studiowanie przynosi jednak dwojaki pożytek: 1. pozwala śledzić stosowanie metod matematycznych w badaniach przestrzennych, 2. wyjaśniając, mniej lub więcej adekwatnie, lokalizację pojedynczych obiektów wytwórczych, sprzyja pełniejszemu zrozumieniu przestrzennego układu gospodarki, a pośrednio układu sieci komunikacyjnej.

Najciekawsze są te prace, w których autorzy wyjaśniają znaczenie lokalizacyjne różnych rodzajów komunikacji; niestety, należą one do wyjątków. Równiny J.H. Thünera [100] nie przecina wielka rzeka ani kanał. Przewozy dokonują się tylko na drogach kołowych przy pomocy koni. Doskonale rozbudowana sieć tych dróg zapewnia jednakową wszędzie dostępność, a koszty transportu są proporcjonalne do wielkości i wagi przewożonego ładunku. Jednorodność transportu tkwi także w założeniu koncepcji W. Launhardta [55]. A. Weber [106] stara się pójść dalej, poza prosty przypadek proporcjonalności kosztów transportu do wagi i odległości. Wprowadza on do swej teorii komplikację, które mają przybliżyć ją do rzeczywistości; między innymi zakłada istnienie różnych rodzajów transportu i niejednorodnych taryf. Komplikację tę rozwiązuje w sposób ciekawy — który jednak nawet pośrednio nie może być zastosowany

do zagadnień zespołów sieci komunikacyjnych — mianowicie, poprzez przeliczenie wag i odległości rzeczywistych na „idealne”, przy czym przyjmuje, że ładunki podpadające pod wyższe taryfy są cięższe, a drogi transportu droższego dłuższe i odwrotnie.

Krytycy A. Webera, jak L. Bortkiewicz, W. Sombart, O. Engländer, A. Predöhl, H. Ritschl i H. Weigmann do rozpatrywanego tu tematu nie wnoszą wiele nowego. Stosunkowo najbardziej interesująco przedstawia się teoria lokalizacyjna A. Predöhla [88]. Zasada substytucji, na której się ona opiera, przejawia się, jak podaje autor, między innymi w układzie kosztów transportu. Mianowicie, przy przesuwaniu miejsca lokalizacji produkcji, zachodzi substytucja jednych kosztów transportu przez inne, np. zwiększają się koszty transportu surowców, a zmniejszają się koszty transportu wyrobów gotowych. Dla zachowania równowagi, tj. minimum łącznych kosztów transportu, zwyczajka w jednym kierunku powinna być równa niższe w drugim kierunku. Uwagi te nasuwają myśl, że zasada substytucji odnosi się również do układu przestrzennego różnych komunikacji. Jest to już wszakże zagadnienie odrębne, oczekujące rozwiązania. Nie dają go teorie równowagi L. Walrasa, V. Pareta i G. Cassela, do których A. Predöhl nawiązuje; stosują się bowiem tylko do obszaru o kosztach transportu równych zeru, doskonale ruchliwych kapitałach i pracy oraz jednakowych wszędzie technicznych warunkach produkcji, tzn. do obszaru sprowadzającego się do jednopunktowego rynku.

Dopiero T. Palander [82] faktycznie wprowadza do teorii lokalizacji zagadnienie transportu mieszanego i bada, spowodowane tym, deformacje izodapan oraz przesunięcia punktów minimalnych kosztów transportu. U Palandera spotykamy również uwagi o zależnościach, które H. Stackelberg [99] ujął później w prawo załamania komunikacji. Na implikacje lokalizacyjne związane z rozwojem nowych rodzajów transportu o odmiennej strukturze kosztów i taryf wskazuje także E.M. Hoover [42], a szczegółowo naświetla je W. Isard [43]. A. Lösch [64] krytycznie ocenił rozwiązania problemu lokalizacji opierające się na czynniku transportu i orientacji tej dalej nie rozwijał. Przeciwnie, w krytyce teorii Webera i teorii nowszych, doszedł do stwierdzenia, że jeśli uwzględni się zmienność popytu wówczas poszukiwanie punktu minimalnych kosztów transportu traci sens. Zainteresowania swoje kieruje ku przestrzennemu układowi całej gospodarki a w związku z tym porusza, bardzo jednak pobieżnie, zagadnienia ogólnego układu sieci komunikacyjnej. Wartościową pracę o znaczeniu transportu w rozmieszczeniu produkcji socjalistycznej napisał E.D. Chanukow [17].

Teorie sieci komunikacyjnej

Prace z tej dziedziny stosunkowo najściślej łączą się z problemem zespołów sieci komunikacyjnych, bynajmniej go nie wyczerpując. Nie rozwiązane jest zagadnienie zróżnicowania i powiązania poszczególnych rodzajów komunikacji w zespołach. Autorzy unikali przeważnie tej ogromnej komplikacji, nierzadko

poprzestając na poszukiwaniu optymalnych form sieci dla komunikacji w ogóle. Przyjęcie założenia, że ustalone formy odnoszą się do dróg kołowych, albo do kolei lub dróg wodnych (*toutes proportions gardées*) pozwala skonstruować schemat komunikacji zróżnicowanej, który jednak może stanowić zaledwie punkt wyjściowy rozważań nad zespołami sieci komunikacyjnych. Wszystkie bez wyjątku schematy nie uwzględniają zagadnień dynamiki sieci ani zróżnicowania przestrzeni geograficznej i ekonomicznej.

Poszukiwania optymalnych form sieci komunikacyjnej zapoczątkowano w starożytności przy projektowaniu miast. Platon (Prawa) i Witruwiusz (O architekturze), rozważając koncepcje miasta idealnego, sformułowali zasady dośrodkowego (koncentrycznego) układu dróg, który, poprzez teoretyków renesansu i teoretyków wojennej sztuki inżynierskiej XVII i XVIII w., osiągając szczyt powodzenia w XIX w., przetrwał do obecnego stulecia [27].

Wśród geografów J.G. Kohl pierwszy próbował dojść do teorii sieci komunikacyjnej [49]. Nie znalazł jednak z początku kontynuatorów; przeciwnie, spotkał się z ostrą krytyką, między innymi ze strony F. Ratzla i K. Hasserta, zarzucającą mu oderwanie się od rzeczywistości i schematyzm. Lecz krytyka ta, choć nie pozbawiona słuszności, nie dostrzegła pierwiastków pozytywnych. Ze znanych geografów jedynie A. Hettner i O. Schlüter wypowiedzieli się na rzecz koncepcji J.G. Kohla, ale dalej jej nie rozwijali.

E. Sax, znany teoretyk transportu, dał próbę ekonomicznej interpretacji kierunków komunikacyjnych [94]. Modelu sieci nie skonstruował, ale rozpatrzył trafnie szereg przypadków kształtowania się kierunków komunikacyjnych i wyraźniej niż Kohl sformułował prawo kierunkowe komunikacji (*das Richtungsgesetz des Verkehrs*).

Główny nurt teorii sieci komunikacyjnej potoczył się w obrębie urbanistyki, inżynierii komunikacyjnej i planistyki. Rozważania teoretyczne łączyły się tu z praktycznymi potrzebami komunikacji miejskiej i międzynosiedlowej. Zwracają uwagę próby modyfikacji szachownicowego układu dróg, najstarszego układu geometrycznego stosowanego np. w koloniach rzymskich, a na szeroką skalę w Ameryce Północnej, oraz sformułowania teorii układu heksagonalnego, najbardziej umotywowanego układu geometrycznego, którego rozwinięciem jest układ trygonalny. Autorami ważniejszych prac są: W.H. McLean [71], C. Kehr [48], A.C. Comey [22], H.L. Sierks [97] i inni.

W literaturze geograficznej lat trzydziestych mamy do zanotowania dwie prace, poruszające teoretyczne zagadnienia sieci komunikacyjnej. H. Haufe [40], oceniając własności różnych figur geometrycznych wobec dwóch postulatów: 1. największej wartości stosunku powierzchni do obwodu, 2. pokrycia bez reszty kulistej powierzchni ziemi regularną siecią, dochodzi do wniosku, że obu postulatom równocześnie czyni zadość tylko sześciobok foremny, który zatem jest najlepszym wzorem sieci komunikacyjnej. Autorem drugiej pracy, która spotkała się z zadziwiająco sprzecznymi ocenami, od entuzjastycznych do bardzo krytycznych, jest W. Christaller [20], [28]. W czystej teorii osadnictwa wyprowadzonej przez Christallera z analizy zasięgu centralnych dóbr i usług, przy

założeniu, że wszystkie części zasiedlonego obszaru będą zaopatrywane poprzez możliwie najmniejszą liczbę osiedli (miejsc) centralnych, rozmieszczenie tych osiedli podporządkowane jest prawom geometrycznym i układu się w sieć heksagonalną. Zakłócenia w układzie idealnym, opartym na zasadzie zaopatrzenia, wywołują dwie inne zasady: komunikacji i administracji. Według zasady komunikacji, rozmieszczenie osiedli centralnych jest najkorzystniejsze, gdy możliwie najwięcej osiedli ważnych leży na możliwie najprostszej i najtaniej wykonanej linii komunikacyjnej łączącej dwa większe miasta, a osiedla mniej ważne pozostają na uboczu.

Zbliżoną do Christallera koncepcję sieci komunikacyjnej rozwija teoretyk gospodarki przestrzennej A. Lösch [64]. W jego uproszczonym modelu regionu gospodarczego układ linii i punktów komunikacyjnych wynika z idealnego układu obszarów rynku. Komplikuja go przeszkody naturalne oraz fakt, że punkty komunikacyjne ze swej strony wpływają na formowanie się obszarów rynku. W. Isard [43] wprowadza do konstrukcji geometrycznych A. Löscha dalszą komplikację — nierównomierne rozmieszczenie ludności, jednak w zmodyfikowanym w ten sposób modelu zwraca uwagę przede wszystkim na zmiany rozmiarów i form rynku, natomiast układ komunikacji, ograniczony zresztą do sześciu linii głównych, pozostawia, z jednym wyjątkiem, bez zmian.

W literaturze polskiej pierwsze syntetyczne ujęcie teorii sieci komunikacyjnej, wraz z naświetleniem zagadnień kompleksowych, dał K. Dziewoński [27]. Lata powojenne przyniosły ponadto szereg artykułów napisanych w większości przez inżynierów komunikacji i urbanistów⁵. Ich zakres tematyczny nie wychodzi jednak z reguły poza miasto i strefę podmiejską. Autorami są między innymi: T. Baniewicz, M. Barbacki, B. Brukalska, Z. Lilpop, S. Plewako, L. Tomaszewski i P. Zaremba. Osobne miejsce zajmują prace Z. Wasiutyńskiego. Idea geometrycznego układu dróg znalazła w nich najpełniejsze w literaturze światowej uzasadnienie. Dziełem wieńczącym długoletnie badania jest niedawno ukończone gruntowne studium pod tytułem O kształtowaniu układów komunikacyjnych [104], w którym autor, stosując geometrię i analizę matematyczną dochodzi do ekstremalnych układów komunikacyjnych (dróg i mas komunikacyjnych).

K o o r d y n a c j a p r z e w o z ó w

Koordinacja przewozów różnymi środkami transportu należy do podstawowych problemów współczesnej polityki komunikacyjnej. W wielu krajach istnieje na jej temat obszerna literatura, z którą, pod względem ilości, może się równać tylko literatura działu pierwszego. Autorzy zastanawiają się jak wyeliminować szkodliwe współzawodnictwo i skoordynować pracę różnych rodzajów transportu. Jak jednak wykazuje teoria ekonomiczna i potwierdza doświadczenie, w warunkach kapitalizmu, problem ten nie może być w pełni

⁵ Publikowano je przeważnie w miesięczniku „Miasto”.

rozwiązany, proponowane zaś kroki zaradcze (organizacyjne, taryfowe, koncesyjne, podatkowe, subwencyjne itd.) mają jedynie znaczenie paliatywów. Aktualność prac tego typu jest zazwyczaj krótkotrwała, a przydatność dla opracowywanego tematu znikoma.

O wiele przydatniejsze są prace, które w poszukiwaniu podstaw koordynacji przewozów analizują techniczne i ekonomiczne właściwości i w ten sposób ustalają zakres racjonalnego działania poszczególnych rodzajów transportu. Przykłady takiego postępowania badawczego znajdujemy zarówno w dziełach ogólnych poświęconych ekonomice transportu, jak i w dziełach specjalnych traktujących wyłącznie o współzawodnictwie i współdziałaniu w dziedzinie przewozów. Do pierwszych należą między innymi prace: C. Piratha [85], D.Ph. Locklina [63] i T.S. Chaczaturowa [15], do drugich, jeśli poprzestać na publikacjach najnowszych, prace: J.R. Meyera, M.J. Pecka, J. Stenasona, Ch. Zwicka [72], H. Watermanna [105], K.P. Böhma [12], W.W. Zwonkova [109], I.I. Bielousowa i A.W. Komarowa (red) [9] i Z. Palatasa [83]. Literaturę polską reprezentują między innymi prace: M. Łopuszyńskiego [66], [67], Cz. Michalskiego⁶ i W. Młodeckiego [73]. Ostatnio zapoczątkowano, zakrojone na szeroką skalę, kompleksowe badania przestrzennej struktury przewozów towarowych [107].

Autor wielokrotnie nawiązuje do charakterystyk technicznych i ekonomicznych poszczególnych rodzajów komunikacji. Korzysta zwłaszcza z analizy, wynikających stąd, własności przestrzennych każdego z nich. Analiza ta jednak nie obejmuje w wystarczającym stopniu przestrzennych ustosunkowań wzajemnych i wobec tego, w tym zakresie, wymaga rozwinięcia.

Nowy dział literatury na temat racjonalizacji przewozów tworzą prace stosujące metody matematyczne w poszukiwaniu minimum przebiegu ładunków (kosztów przewozu, czasu przewozu). Istnieją różne modele i algorytmy rozwiązywania tzw. w matematyce stosowanej (programowanie liniowe) problemu transportowego: A.N. Tołstoja [102], L.W. Kantorowicza [46], [47], T.C. Koopmansa [51], G.B. Dantziga [24], by poprzestać tylko na najbardziej znanych. Żaden jednak nie rozwiązuje problemu transportu zróżnicowanego rodzajowo, tym bardziej więc nie stosuje się do problemu zespołów sieci komunikacyjnych. Co najwyżej można przy ich pomocy rozwiązywać proste przypadki w pomocniczych konstrukcjach zespołów. Dopiero adaptacja (połączona z modyfikacją) metod aktualnie proponowanych do zagadnień bardziej skomplikowanych oraz zastosowanie nowych metod (rokuje nadzieje zwłaszcza rachunek tensorowy i wariacyjny) pozwoli wyprowadzić bardziej ogólne wnioski, odnoszące się do zespołów sieci komunikacyjnych⁷.

⁶ Artykuły w czasopismach „Transport” i „Przegląd Kolejowy” (rocznik 1956 i dalsze) na temat porównawczej efektywności kolei lokalnych i transportu samochodowego.

⁷ Zwracają uwagę prace W. L. Garrisona [36], [37], w których autor stosuje metody programowania liniowego i analizy wariacyjnej; jednakże tylko w zakresie sieci jednego rodzaju dróg komunikacyjnych, mianowicie dróg kołowych.

W poszukiwaniu inspiracji i skojarzeń autor sięgnął także do literatury dość odległej od tematu pracy, między innymi do literatury prakseologicznej, biologicznej i fizycznej.

3. METODA

Zasadniczym składnikiem koncepcji przedstawionej w pracy są elementarne zespoły dróg komunikacyjnych. Rozumie się przez to proste, a stale powtarzające się połączenia dróg różnych rodzajów komunikacji, mogących się wzajemnie uzupełniać (komplementarność) lub zastępować (substytucja). Struktura tych połączeń wynika głównie z wymogów samej komunikacji (funkcjonalnych), ulega jednak zakłóceniom wskutek zróżnicowania przestrzeni geograficznej i ekonomicznej oraz warunków historycznych.

Komplikacje te uwzględniono najpierw tylko o tyle, o ile wpływają jednoznacznie na kształt i budowę zespołów sieci komunikacyjnych; chodziło bowiem o skonstruowanie modelu zespołu. Później, w wyniku stopniowej konkretyzacji modelu teoretycznego wyróżniono typy zespołów, które następnie poddano strefowaniu, a w zakresie cech niezmienniczych — weryfikacji.

W poszczególnych fazach postępowania badawczego stosowano właściwe dla nich metody wnioskowania, składające się na metodę obserwacji porównawczej, podstawową metodę geografii. I tak, w badaniu zespołów elementarnych i w konstrukcji modelu posługiwano się, przeważnie lecz nie wyłącznie, metodą indukcji, w wyprowadzaniu typów zespołów — metodą dedukcji, a w weryfikacji — metodą redukcji.

Te ogólne metody przybierają w pracy konkretne postaci nadane im przez nauki geograficzne i ekonomiczne. Bardziej wyspecjalizowane, w porównaniu z logiką, metody opisu, wnioskowania i ustalania związków przestrzennych zaczerpnięto z matematyki (rachunek różniczkowy i tensorowy). Wnioskowanie matematyczne stosowano wtedy, gdy w zbiorze niesprzecznych aksjomatów, będących przesłankami występowały wielkości (odległość przewozu, koszty przewozu). Jako aksjomaty przyjmowano też niekiedy prakseologiczne zasady postępowania, a przede wszystkim zasadę gospodarczości. Z zasad tych można, w sposób dedukcyjny wyprowadzić pożyteczne uogólnienia, mające nawet większą moc konieczności logicznej niż uogólnienia uzyskane drogą indukcji, które w dodatku wymagają licznych obserwacji oraz skomplikowanych analiz historycznych i statystycznych. Zasada gospodarczości jest pomocna zwłaszcza przy wyznaczaniu optymalnych kształtów sieci komunikacyjnej, które można uważać za szczególny przypadek optymalnego użytku środków, niewyznaczalny jednak przy pomocy rachunku marginalnego i programowania liniowego.

Podstawowym narzędziem badania zespołów sieci komunikacyjnych jest mapa. Metody matematyczne bynajmniej nie eliminują mapy ani nie zmniejszają jej znaczenia, wymagają jednak odwzorowywania zjawisk coraz bardziej złożonych i w sposób coraz bardziej precyzyjny. Ujęcia graficzne ułatwiają interpretację

wniosków logicznych i matematycznych, bez mapy zaś trudno byłoby przeprowadzić weryfikację jakiegokolwiek wyobraźmalnej teorii zespołów sieci komunikacyjnych.

Określoną postawę metodyczną dyktuje historyczny zasięg praw przestrzennej struktury zespołów sieci komunikacyjnych. Tylko niektóre prawa komunikacji mają charakter uniwersalny, w tym sensie, że działają na wszystkich szczeblach jej rozwoju. Są to prawa pokonywania przestrzeni, zachowujące swą moc także w stosunku do zespołów. Dla zespołów jednak bardziej znamienne są prawa ich struktury przestrzennej, które działają tylko w określonych warunkach komunikacyjnych, mianowicie w warunkach określonego zbioru (kompleksu) różnych środków komunikacji. Warunki te zmieniają się wraz z rozwojem nowych i zanikaniem starych rodzajów komunikacji; w nowym zbiorze (kompleksie) pojawiają się nowe prawa. Obecnie szczególnie przydatne dla nauki i praktyki jest badanie zmian w warunkach komunikacji i nowych praw, mających przyczynę w ekspansji komunikacji samochodowej. Wreszcie, rozwój zespołów wyznaczają (mające również zasięg historyczny) prawa ekonomiczne specyficzne dla poszczególnych formacji społecznych, prawa ekonomiczne wspólne różnym formacjom społecznym oraz prawa oddziaływania nadbudowy [53]. Zespoły bowiem rozwijają się zawsze w konkretnych warunkach społeczno-gospodarczych, które tworzą podstawę działania wymienionych praw. Prawa te przenikają wszystkie dziedziny życia społeczno-gospodarczego, w tym również dziedzinę komunikacji, modyfikując działanie praw pokonywania przestrzeni i praw przestrzennej struktury zespołów sieci komunikacyjnych.

Historyczne więc ujęcie problemu, wraz z ujęciem funkcjonalnym, winno uzupełniać ujęcie przestrzenne. Postulat ten jest istotny ze względu na cel poznawczy pracy, obejmujący nie tylko związki współistnienia w przestrzeni, lecz również związki przyczynowe.

Jednakże dla uzyskania pełniejszych wyników w ustalonym ściśle zakresie, trzeba było wyeksponować przestrzenny wymiar problemu, ograniczając wymiar czasowy i funkcjonalny. W konsekwencji zagadnienia takie, jak własności różnych rodzajów komunikacji i ewolucja zespołów sieci komunikacyjnych, przedstawiono jedynie w takim zakresie, w jakim to było potrzebne dla dokonania uogólnień i przeprowadzenia weryfikacji. Można by powiedzieć, że potraktowano je nie systematycznie, lecz pragmatycznie.

Założeniem tkwiącym implicite w przesłankach teoretycznych zespołów sieci komunikacyjnych jest racjonalnie układająca się współpraca różnych rodzajów komunikacji. W rzeczywistości współpraca taka jest możliwa tylko w warunkach społecznej własności podstawowych środków produkcji, w tym środków komunikacji. Ergo, zespoły teoretyczne będą miały najwięcej cech wspólnych z zespołami sieci komunikacyjnych ukształtowanymi w warunkach gospodarki socjalistycznej. Zespoły ukształtowane w warunkach kapitalizmu wykazują wiele deformacji nieuzasadnionych realnymi potrzebami komunikacyjnymi. Utrudnia to, i tak skomplikowane, postępowanie indukcyjne i weryfikację.

II. MODELE SIECI KOMUNIKACYJNEJ. POJĘCIE ZESPOŁU SIECI KOMUNIKACYJNYCH

Nie umniejszając przesłanek dla dalszych rozważań, ekspozycję modeli sieci komunikacyjnej można rozpocząć od modelu opracowanego przez J.G.Kohla. Kohl stawia sobie za cel wyjaśnienie wpływu różnych form powierzchni ziemi⁸ na kształtowanie się komunikacji i uwarunkowanych przez nią osiedli. Wychodzi z założenia, że różne formy powierzchni ziemi, pod względem ich wpływu na komunikację, nie są między sobą porównywalne. Stąd wynika postulat oddzielnego badania wpływu poszczególnych form. Jednakże, mimo całej różnorodności, każda z nich, jakkolwiek byłaby nieregularna, upodabnia się mniej lub więcej i da się porównać do tej lub innej figury geometrycznej. Trzeba badać własności tych figur, a na ich tle własności komunikacji, by wykryć jakieś prawa ogólne.

Za najdoskonalszą figurę Kohl uważa koło, inne za tym mniej doskonale im bardziej od niego odbiegają. Prócz koła, rozpatruje kwadrat, trójkąt równoboczny i elipsę. Analizuje początkowo każdą figurę oddzielnie, zakładając w ich obrębie zupełnie jednakowe warunki dla komunikacji i osadnictwa. Stawia sobie przy tym pytanie: jak w takich warunkach będzie się kształtowała komunikacja wewnętrzna, zewnętrzna, tranzytowa i kabotażowa? Graficzne rozwiązania przedstawia ryc. 1.

Kształty sieci komunikacyjnej są wypadkową dwóch różnych tendencji: tendencji każdego punktu osiedleńczego do powiązania z pozostałymi punktami, której obrazem geometrycznym byłby zbiór linii prostych łączących wszystkie punkty ze sobą oraz tendencji do łączenia się wielu kierunków w jeden, uwarunkowanej tym, że komunikacja może odbywać się z reguły tylko po odpowiednio technicznie przygotowanych, kosztownie zainwestowanych drogach. Niektóre kierunki okazują się szczególnie korzystne, przyciągają duże ilości przewozów i w związku z tym doskonalą się ich wyposażenie techniczne. W ten sposób tworzą się drogi główne, od których odgałęziają się drogi boczne i dojazdowe, a randze dróg komunikacyjnych odpowiada ranga położonych przy nich osiedli.

Zanalizowawszy w izolacji cząstkowe układy komunikacji, Kohl zastanawia się, jak ukształtuje się sieć komunikacyjna i osadnicza, gdy elementy te

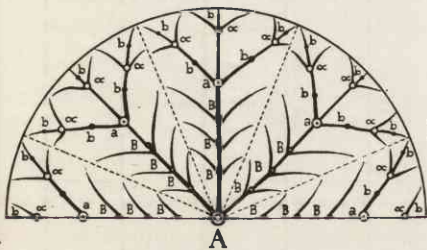
⁸ Jego rozumienie pojęcia powierzchnia ziemi odpowiada dzisiejszemu rozumieniu pojęcia powłoka ziemna.

połączone zostaną w jeden układ ogólny. Wiele zależy od tego, który z układów cząstkowych rozwinie się najpierw, gdyż pierwsze linie komunikacyjne i osiedla warunkują częściowo położenie i rozwój następnych. Trzeba przyjąć, że najpierw rozwija się komunikacja wewnętrzna, człowiek bowiem porusza się najłatwiej w środowisku, z którego pochodzi. W porównaniu z komunikacją wewnętrzną najwyraźniej odmienne tendencje wykazuje komunikacja kabotażowa: pierwsza jest zorientowana dośrodkowo, a jej wpływ maleje ku obwodowi, drugą cechuje tendencja do tworzenia skupisk na obwodzie, a jej wpływ maleje ku środkowi. Podobne jest natomiast to, że zarówno w pierwszej, jak i w drugiej rozwija się ruch po drogach radialnych. Można przyjąć, że w zbliżonych relacjach nie będą tworzone oddzielne drogi obu komunikacji, lecz powstaną wspólne drogi radialne. Początkowo będzie ich cztery, później osiem, a w miarę potrzeby szesnaście itd., przy czym będą one zbiegać się zawsze pod tym samym kątem. W punktach końcowych dróg radialnych rozwiną się porty kabotażowe, co jednak samym drogom nie przysporzy znaczenia, o ile masa przewozowa pozostanie bez zmian; natomiast znaczenie środka enklawy zmaleje wskutek działania sił odśrodkowych na obwodzie. Pojawienie się komunikacji zewnętrznej i tranzytowej nie zmienia układu sieci komunikacyjnej w sposób istotny. Wzrost masy przewozowej wpływa jedynie na powiększenie ilości operacji przewozowych oraz ilości i wielkości osiedli.

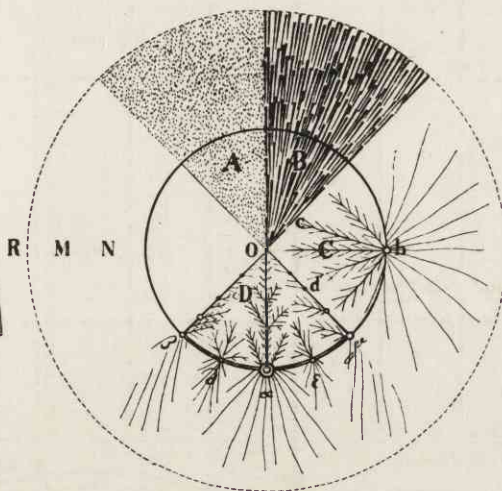
Rozumując w podobny sposób, Kohl rozpatruje w końcu odkształcenia układu sieci komunikacyjnej i osadniczej, spowodowane współwystępowaniem różnych figur. Całość konstrukcji cechuje jednak, mimo to, zbyt daleko idące uproszczenie i formalizm (pomijając tylekroć krytykowany determinizm geograficzny).

W.H. McLean skonstruował model sieci komunikacyjnej typu szachownicowego ze specjalnym przeznaczeniem dla kolonii („grid system”). Sieć ta, w myśl założeń autora, powinna możliwie najprościej łączyć wnętrza kolonii z morzem, uwzględniając właściwe dla różnych rodzajów komunikacji lądowej i wodnej ekonomiczne promienie użytkowania. Jej wyjściowymi elementami są porty morskie, których rozmieszczenie (w odstępach 300—500 mil) ustala plan międzyregionalny. Poszczególne regiony dysponują jednym portem. Tu znajduje ujście komunikacja lądowa o układzie prostokątnym. Osią układu jest linia kolejowa, biegnąca z portu w głąb lądu. Łączą się z nią pod kątem prostym koleje boczne lub drogi bite główne (makadamizowane) rozmieszczone równolegle względem siebie w odległości 100—150 mil. Spełniają one rolę linii zasilających, a ich skrzyżowania wyznaczają miejsca tworzenia się miast. Pod kątem prostym do tych linii biegną z kolei, co 50—75 mil, drogi bite drugorzędne, ewentualnie szlaki naturalne, po których mogą jednak kursować pojazdy kołowe. Na ich skrzyżowaniach powstają osiedla wiejskie (ryc. 2).

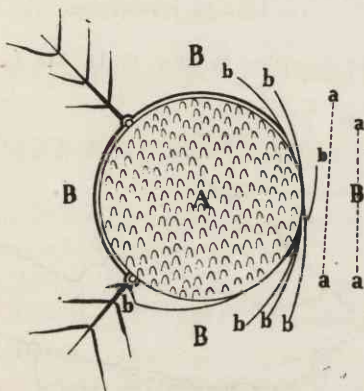
Obecnie, zagadnieniem szczególnie aktualnym jest przebudowa układów komunikacyjnych krajów — byłych kolonii. Model McLeana nie stwarza jednak dla niej należytej podstawy. Jest on bowiem jednostronnie zorientowany ku morzu, na zewnątrz, a nie uwzględnia w dostatecznej mierze powiązań wewnątrz-



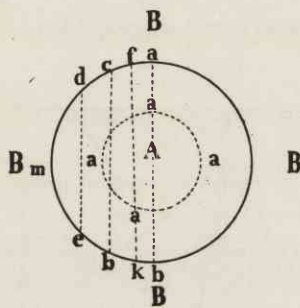
KOMUNIKACJA WEWNĘTRZNA



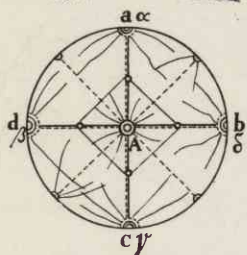
KOMUNIKACJA ZEWNĘTRZNA



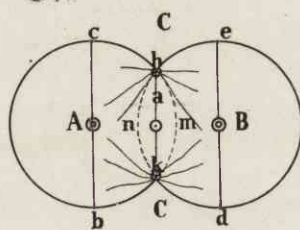
KOMUNIKACJA TRANZYTOWA



KOMUNIKACJA KABOTAŻOWA

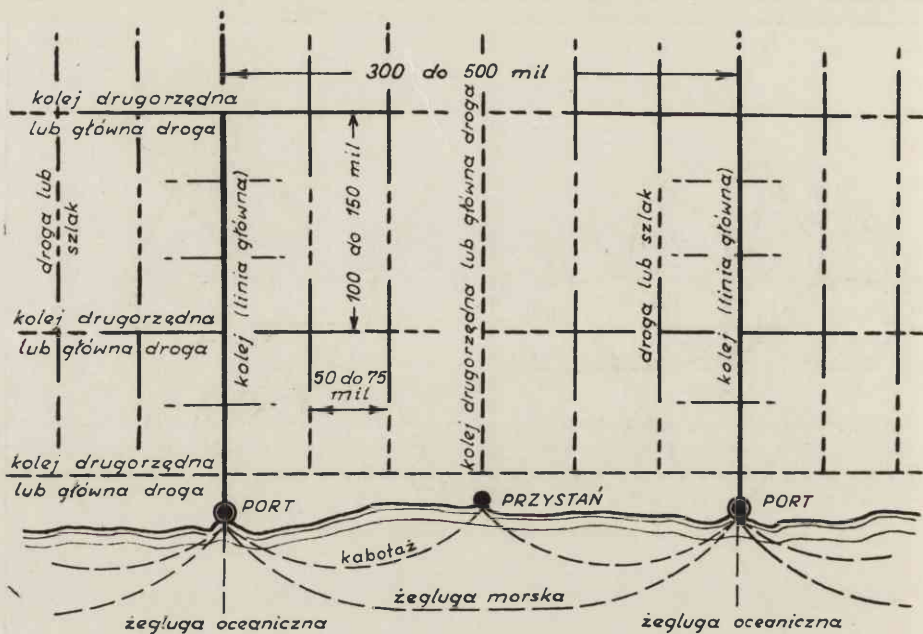


UKŁAD KOMUNIKACJI WEWNĘTRZNEJ, ZEWNĘTRZNEJ, TRANZYTOWEJ I KABOTAŻOWEJ POŁĄCZONYCH W JEDNEJ FIGURZE

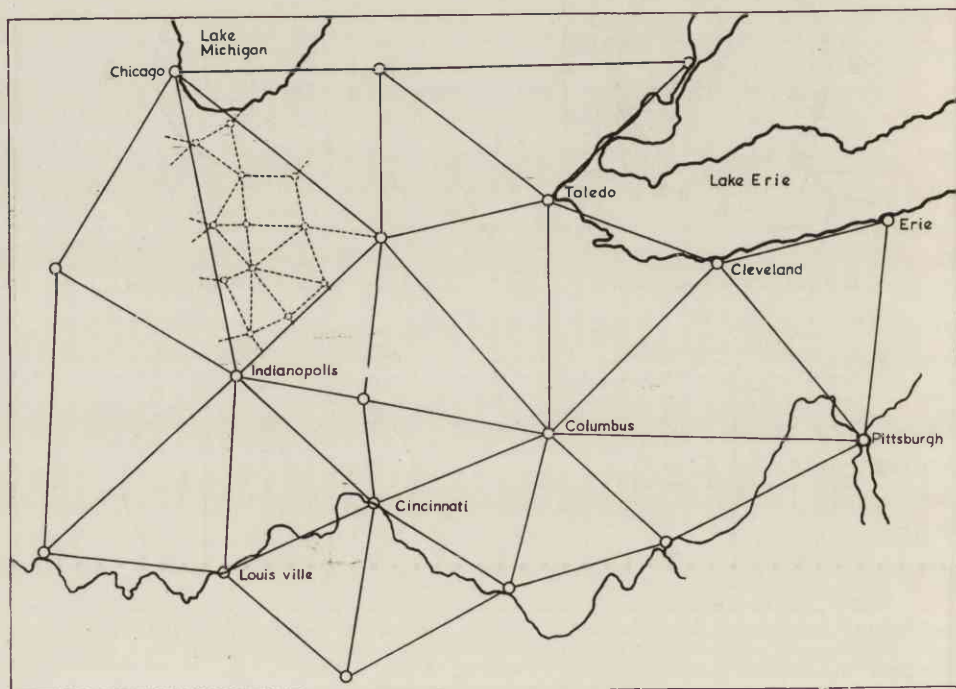


UKŁAD KOMUNIKACYJNY W POŁĄCZONYCH FIGURACH

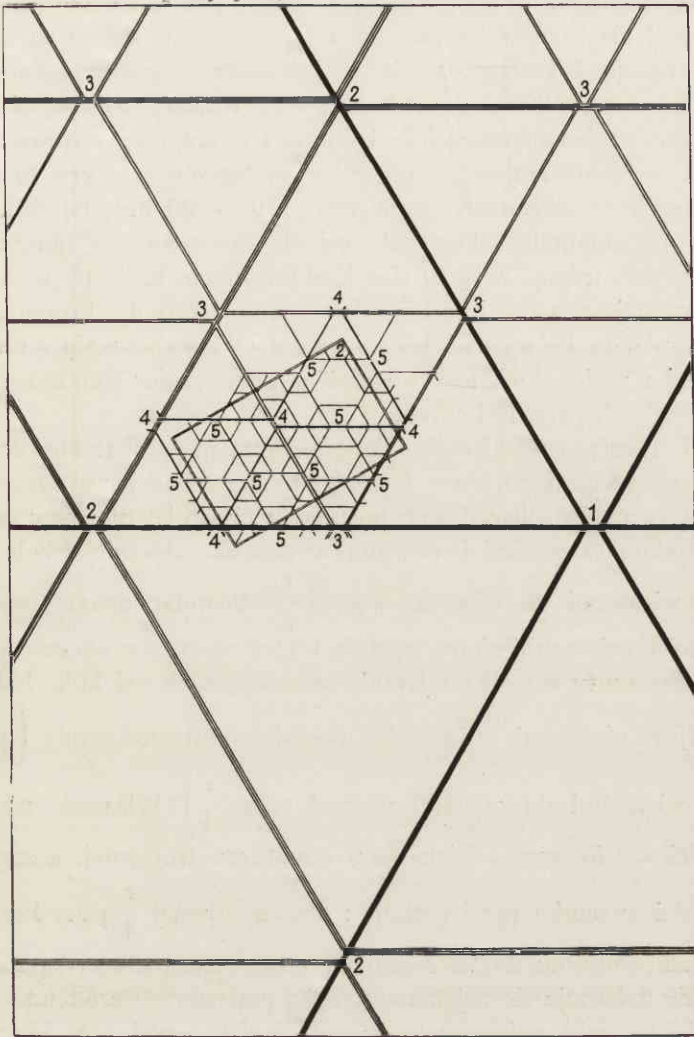
1. Sieć komunikacyjna w figurach J. G. Kohla



2. Projekt sieci komunikacyjnej dla kolonii. Układ międzyregionalny. Według W. H. Mc Leana



3. Układ sieci komunikacyjnej. Według Cyrusa Kehra



4. Heksagonalny układ sieci komunikacyjnej. I. Układ krajowy. Według A. C. Comeya

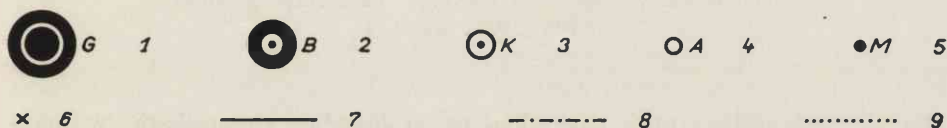
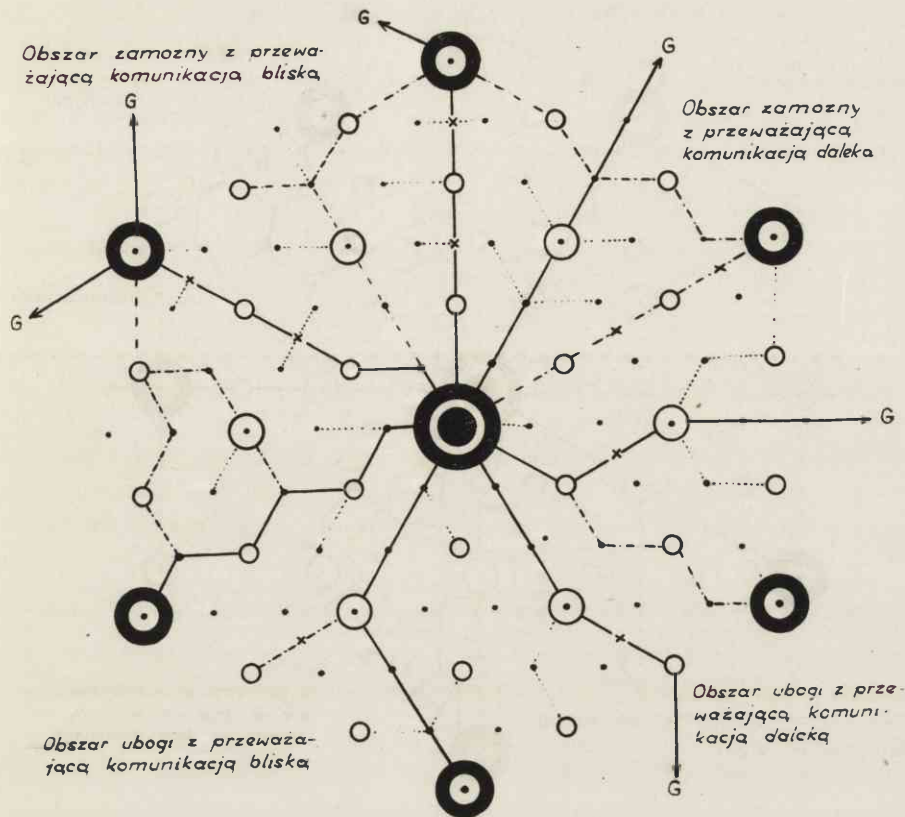
nych. Autor, jak widać, zakładał zależność gospodarczą kolonii od metropolii i utrzymywanie się w koloniach gospodarki surowcowej, co jest nie do przyjęcia, zwłaszcza w projektach perspektywicznych, a takie są przecież w kształtowaniu układów komunikacyjnych niezbędne. Opracowanie nowego modelu sieci komunikacyjnej, uwzględniającego interesy narodowe krajów — byłych kolonii jest wdzięcznym zadaniem o dużej doniosłości.

Nowsze modele sieci komunikacyjnej opierają się przeważnie na heksagonalnym układzie połączeń, przechodzącym w układ trygonalny. Do układu takiego doszło niemal równocześnie wielu teoretyków. W skali kraju i regionu jego zasady sformułowali najpierw C. Kehr i A.C. Comey, zajmujący się plano-

waniem przestrzennym praktycznie [27]. Kehr jest autorem projektu sieci komunikacyjnej dla Stanów Zjednoczonych A.P. Sieć ta składa się z trójkątów, których lokalizację i kształt określa rozmieszczenie osiedli różnego rzędu, będących ich wierzchołkami. Kształtem swym trójkąty zbliżają się z reguły do trójkątów równobocznych. Linie komunikacji krajowej wyprowadza autor z ustalonych w planie krajowym punktów węzłowych (centers, focal points), rozmieszczonych w odstępach przeciętnie 150 — 200 mil. Są nimi przeważnie miasta metropolitalne. Pozostałe osiedla rozrzucone w obrębie powstałych w ten sposób trójkątów łączy sieć linii lokalnych, także trójkątna (ryc. 3). Podobną koncepcję wysuwa i rozwija dalej Comey (ryc. 4). Proponuje w niej zastosowanie układu heksagonalnego nie tylko w kształtowaniu sieci komunikacji krajowej i regionalnej, lecz również w planowaniu komunikacji w osiedlach i na terenach przemysłowych.

Uwagi H. Haufego o układzie heksagonalnym mają charakter ściśle teoretyczny. Jak już wspomniano, autor dochodzi do niego, badając własności różnych figur geometrycznych wobec dwóch postulatów. Postulat pierwszy (największa wartość stosunku powierzchni do obwodu) wyraża się najpełniej w kole, w którym stosunek powierzchni do obwodu wynosi $\frac{r}{2}$. Postulat drugi (pokrycie bez reszty kulistej powierzchni ziemi) spełnia trójkąt sferyczny oktanta kuli. Trójkąt taki tworzą rzuty trzech wzajemnie prostopadłych osi kuli. Jednakże ani koło, ani trójkąt nie czyni zadość obu postulatom równocześnie (w trójkącie stosunek powierzchni do obwodu wynosi tylko $\frac{r}{4}$). Własność taką posiada jedynie sześciokąt foremny, dzięki swej strukturze trójkątnej, a zarazem wysokiej wartości stosunku powierzchni : obwód, równej $\frac{r}{4} \sqrt{3}$. Przy równomiernym rozmieszczeniu źródeł ruchu na powierzchni sześciokąta, wzajemne ich połączenie dokonuje się najekonomiczniej poprzez sześć odcinków promienistych (najdłuższych) położonych względem siebie pod tym samym kątem i układających się w trzy linie proste. W ten sposób sieć sześciokątna przechodzi w sieć trójkątną równoboczną, najkorzystniejszą pod względem eksploatacyjnym. Długość boków sześciokątów, które na większej powierzchni tworzą układ hierarchiczny, nie jest dowolna, lecz określona przez kilometryczną treść *godzinnej drogi, dziennej podróży* itp. Zupełnie marginesowo potraktował autor kwadrat, nie odpowiadający przyjętym przez niego kryteriom (stosunek powierzchni : obwód = $\frac{r}{2\sqrt{2}}$).

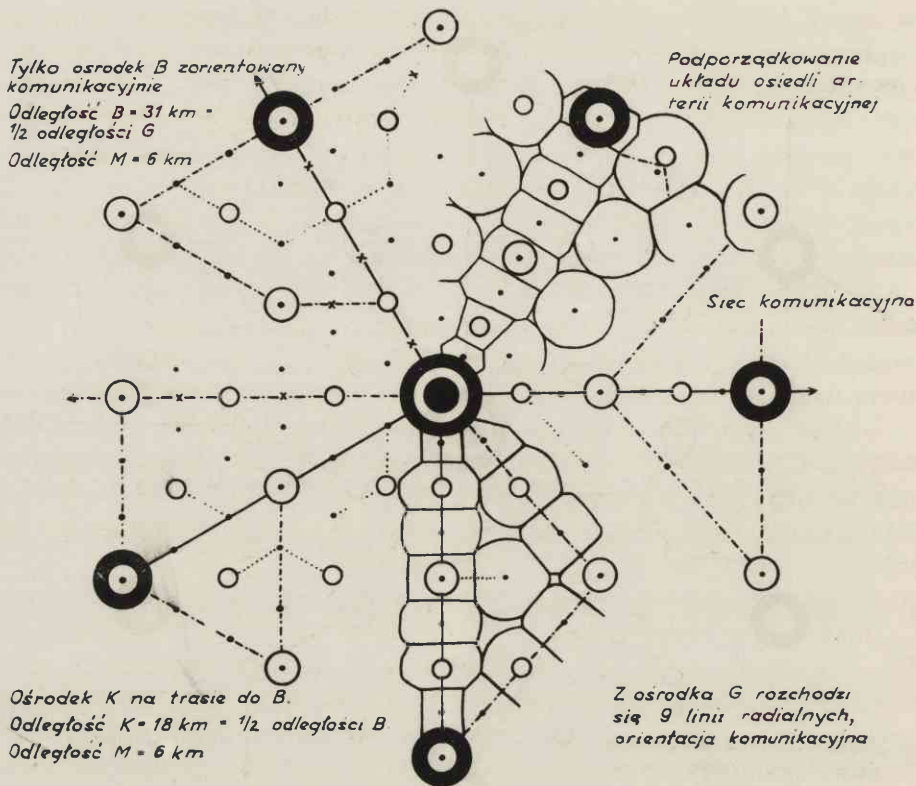
W. Christaller prezentuje dwie odmiany modelu sieci komunikacyjnej: pierwszą wyprowadza z zasady rynku (zaopatrzenia) (ryc. 5), drugą wykreśla przy założeniu, że zasada komunikacji zyskuje przewagę nad zasadą rynku (ryc. 6). W systemie ośrodków centralnych opartym na zasadzie rynku rozłożenie linii komunikacyjnych nie jest zadowalające. Linie proste, najdogodniej-



5. Linie komunikacyjne w systemie ośrodków centralnych. Według W. Christallera
 1 – 5 – typy ośrodków centralnych; 6 – miejscowości stacyjne; 7 – główne linie komunikacyjne; 8 – drugorzędne linie komunikacyjne; 9 – łącznice

szę dla ruchu, są nieliczne, a w dodatku odsunięte od wielu ośrodków A, K, B^9 . Można wprowadzić — jak wyjaśnia autor — dając pierwszeństwo liniom głównym, ustalić linie proste między ośrodkami rzędu G , wtedy jednak w obrębie jednego systemu G przecinają one tylko po jednym ośrodku K i trzech ośrodkach M , podczas gdy ośrodki rzędu B pozostają na uboczu. Trzeba więc dla nich tworzyć linie drugorzędne, które, jeśli są proste, łączą z G , prócz $B, 2A$. Po między każdą linią główną i linią drugorzędną leżą $1A$ i $3M$, które mogą być połączone z linią główną łącznicami albo pozostawać bez połączenia. W ostatnim

⁹ Christaller wyróżnia następujące typy ośrodków centralnych: M — Marktort, A — Amts-ort, K — Kreisstadt, B — Bezirksstadt, G — Gaustadt, P — Provinzstadt, L — Landstadt.

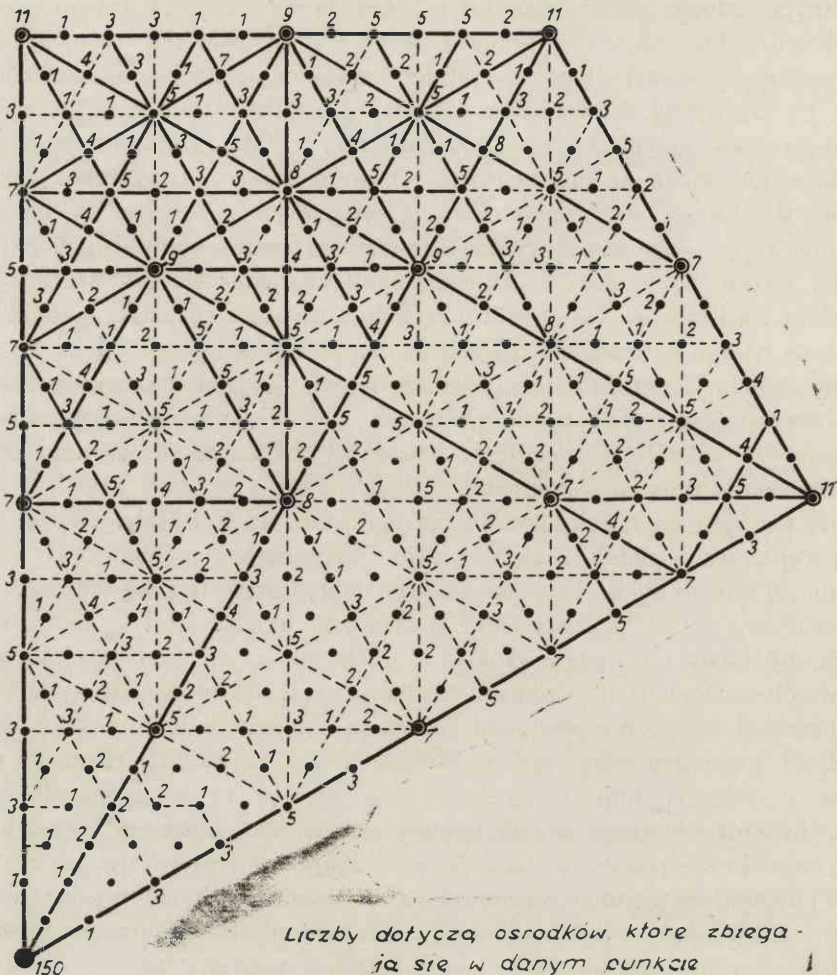


6. System ośrodków centralnych rozwinięty na zasadzie komunikacji.
Według W. Christallera

przypadku, ośrodki centralne zbyt oddalone od dogodnej komunikacji (w przykładzie Christallera powyżej 3,5 km) mogą utracić swe funkcje centralne na rzecz uprzywilejowanych pod względem położenia komunikacyjnego osiedli stacyjnych. Można także kierować się tendencją do możliwie najlepszego połączenia z G ośrodków położonych na jego zapleczu i ustalić jako główne te linie, które łączą najwięcej najważniejszych ośrodków. Linie takie tworzą się przede wszystkim między G i B, a przy nieco zygzakowatej trasie łączą także 2A i 3M. Ośrodek K uzyskuje połączenie z G poprzez linię drugorzędą, która rozwidlając się dalej łączy zewnętrzne ośrodki A. Pozostałe ośrodki M są obsługiwane przez łącznice. Bardziej istotne zmiany zachodzą w układzie ośrodków centralnych i linii komunikacyjnych, gdy zasadą dominującą przestrzennej organizacji osadnictwa staje się zasada komunikacji. Uwidaczniają się one wyraźnie na liniach głównych, które skupiają więcej osiedli niż w poprzednim układzie, nie odkształcając przy tym swej trasy. Na linii rzędu G—G leżą: 1B, 1K, 2A i 4M, będące miejscami etapowymi (według zasady komunikacji), a jednocześnie ośrodkami centralnymi (według zasady rynku). Z pozostałych ośrodków

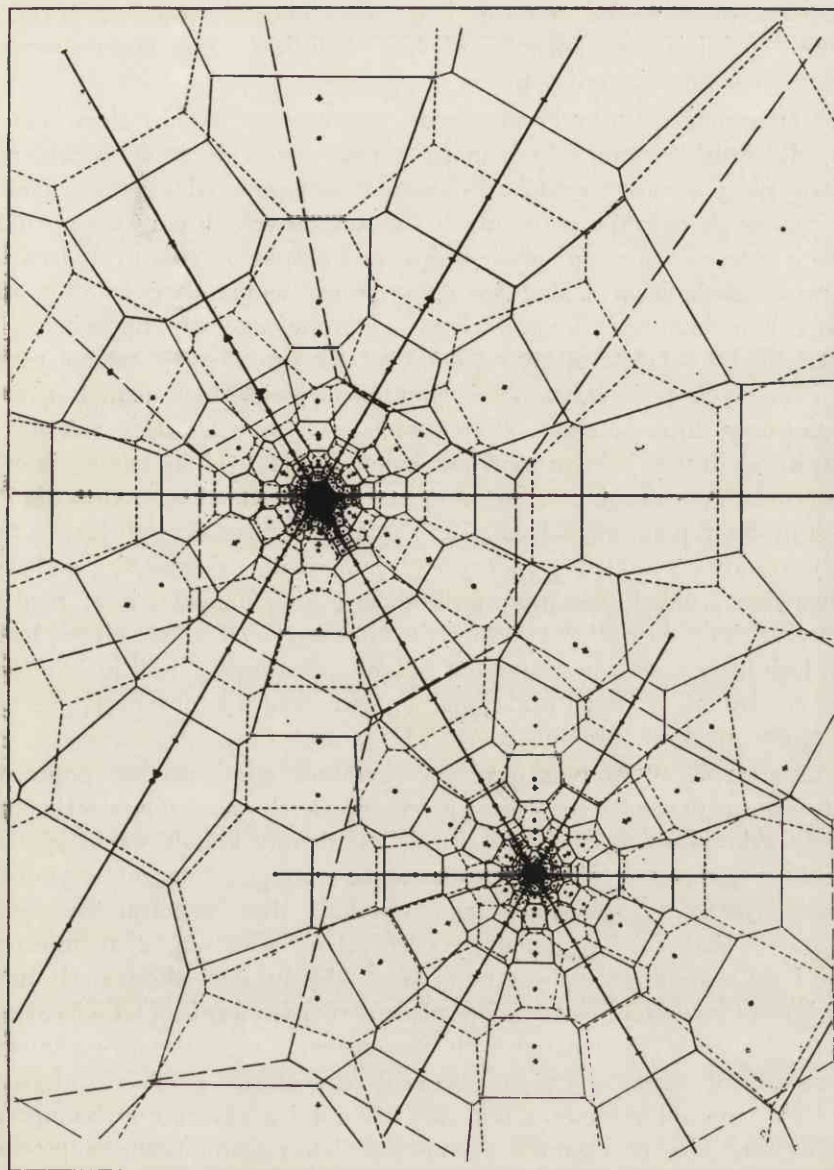
centralnych jednego sektora 1K, 1A i 2M łączą się z innymi liniami poprzez linie drugorzędne, zaś 4M — poprzez łącznice. Z górowaniem zasady komunikacji wiąże się następnie wzrost ilości ośrodków centralnych niezbędnych po to, by zaopatrzyć dany obszar w dobra centralne odpowiedniego zasięgu. Jest to zjawisko sprzeczne z zasadą rynku, która wyraża dążenie do utrzymania ośrodków na poziomie minimalnym. Obie te zasady, teoretycznie równie słuszne, w praktyce współzawodniczą ze sobą, dając w wyniku trojaki związek: 1. przewagę zasady rynku, 2. przewagę zasady komunikacji, 3. kompromis. Rzuca się w oczy fragmentaryczny charakter sieci komunikacyjnej w modelu Christallera. Nawet jeśli uwzględnić, że autor rozpatruje tylko koleje w sieci tej trudno dostrzec cechy ogólności. Brak ten razi tym bardziej, że założeniem modelu jest równomierna obsługa terenu. Zbyt abstrakcyjne założenia, jak również ahistoryczne ujęcie problemu stały się powodem ograniczonej stosowalności modelu Christallera, widocznej zwłaszcza w odniesieniu do obszarów silnie uprzemysłowionych.

Inną konfigurację ma sieć komunikacyjna w modelu A. Löscha, chociaż przesłanki wyjściowe są podobne jak w modelu Christallera. Zanalizowawszy kształtowanie się obszarów i sieci rynków różnych dóbr, Lösch stara się uporządkować nagromadzone tą drogą obserwacje. W tym celu układa sieci rynków w ten sposób, by miały one jeden wspólny środek, po czym, obracając je odpowiednio długo dookoła tego punktu, uzyskuje sześć sektorów z licznymi i sześć z nielicznymi miejscami produkcji. W takim układzie, twierdzi Lösch, suma odległości pomiędzy miejscami produkcji, a w konsekwencji rozmiary przewozów i długości linii komunikacyjnych zostają sprowadzone do minimum. Twierdzeniu temu, w tak ogólnej formie, nie można odmówić słuszności, wydaje się jednak, że sieć komunikacyjna przedstawiona na rysunku (ryc. 7) nie spełnia warunku minimum, za który sam Lösch, jak można wnioskować z innych zdań, uważa zgodność z układem plastra miodu. W idealnym krajobrazie gospodarczym linie komunikacyjne rozpościerają się na kształt pajęczyny. Z centrum rozchodzi się dwanaście głównych linii radialnych powstałych z przecięcia sześciu linii prostych. W innych ośrodkach przecinają się tylko dwie lub trzy linie (trzeba tu znowu odnotować niezgodność opisu z rysunkiem, z którego wynika, że w ośrodkach tych mogą się krzyżować od dwóch do sześciu linii). Skrzyżowania w bezpośrednim otoczeniu centrum nie mają teoretycznie znaczenia, toteż i w rysunku zostały pominięte. Linie przecinają się pod kątami 30° i 45° lub równającymi się ich wielokrotności, dzięki czemu układ sześciokątny uzupełniają kąty proste. Łatwo dostrzegalne są różnice w nasileniu ruchu, zarówno między liniami jak i sektorami (bogatym i ubogim w miasta). Ich skalę ilustrują liczby ośrodków zbiegających się w punktach węzłowych. Wzdłuż linii grubych ośrodki są dwa i więcej razy, a wzdłuż linii cienkich w przybliżeniu półtora raza liczniejsze niż wzdłuż linii przerywanych. Największe nasilenie ruchu wykazują linie — granice sektorów. W szczególnych warunkach rynkowych może utworzyć się kwadratowa sieć komunikacyjna, która jednak jest dłuższa niż sieć sześciokątna rozpostarta na takiej samej powierzchni.



7. Linie transportu w idealnym krajobrazie gospodarczym (jeden z sektorów).
Według A. Lösch

W. Isard nie przedstawił w dotychczasowych pracach własnego modelu sieci komunikacyjnej. Krótkie jedynie uwagi na ten temat wypowiada na marginesie koncepcji Lösch. Isard zarzuca Löschowi między innymi to, że jego konstrukcja geometryczna nie wyraża w dostatecznej mierze tendencji aglomeracyjnej przemysłu i ludności, wynikającej z korzyści produkcji w wielkiej skali. Stara się więc konstrukcję tę pod tym właśnie (i jedynie) względem zmodyfikować (ryc. 8). W ujęciu Isarda zmieniają się rozmiary i kształty obszarów rynkowych. Wokół głównego miasta i wzdłuż głównych linii komunikacyjnych, wskutek stosunkowo większego skupienia ludności, niezbędne i wystarczające obszary rynku są stosunkowo mniejsze; wzrastają natomiast w miarę oddalania się od nich, tj. tam gdzie ludność jest rzadsza i rozproszona. Utrzymanie heksagonalnych form rynku okazało się trudne. Formy takie są, według



8. Zmodyfikowany system Lösch'a z uwzględnieniem rozmieszczenia ludności. Według W. Isarda

Isarda, odpowiednie w warunkach doskonałej konkurencji; gdy jednak w przestrzennym układzie gospodarki nasilają się tendencje aglomeracyjne, regułą stają się formy nieheksagonalne. Sieć komunikacyjna w modelu zmodyfikowanym ogranicza się do sześciu linii głównych; linie drugorzędne zostały pominięte, podobnie jak system ośrodków satelitycznych. Inna niż w modelu Lösch'a jest lokalizacja linii głównych. Biegają one, mianowicie, nie wzdłuż

granic, lecz przez środki sektorów bogatych i ubogich w miasta. Przy takiej lokalizacji pełniejsze są korzyści wielkiej skali jakie daje stosowanie nowoczesnych środków komunikacji.

K. Dziewoński sformułował zasady wzorcowego układu sieci komunikacyjnej dla Polski, które jednak mają szersze znaczenie i, w istocie rzeczy, stanowią pewien model ogólny. Propozycję swą poprzedza autor charakterystyką typowych układów naturalnych i teoretycznych. Każdy z tych układów ma swoje zalety i wady, opiera się bowiem na zasadniczo słusznych, lecz jednostronnych założeniach. Układ wzorcowy więc, winien być ich kombinacją, możliwie najpełniej wyzyskującą zalety, a eliminującą wady. Sposób zespolenia poszczególnych układów zależy od dotychczasowego rozwoju, stanu technicznego i dalszych perspektyw sieci komunikacyjnej. Może jednak być tylko wielopiętrowy, funkcjonalny. Niestosowne jest natomiast takie zróżnicowanie przestrzenne, by w jednym regionie komunikacja była kształtowana według jednego układu, w drugim według drugiego itd. Na układ wzorcowy dla Polski, w myśl propozycji autora, składają się: „układ geograficzny, jeśli idzie o tranzyt międzynarodowy..., układ geopolityczny, jeśli idzie o główną sieć podstawową w państwie..., układ trójkątny, jeśli idzie o sieć uzupełniającą, rozdzielczą lub przekaźniczą, dośrodkowy, jeśli idzie o obsługę wielkich ośrodków, heksagonalny, jeśli idzie o obsługę małych ośrodków, prostokątny, jeśli idzie o elementarną sieć obsługi, w końcu funkcjonalny, jeśli idzie o koordynację poszczególnych typów sieci w jednolitą całość” [27].

Koncepcja Z. Wasiutyńskiego ma charakter odmienny od poprzednich. Punkt ciężkości przesuwa się w niej z geometrycznych schematów sieci komunikacyjnej, przyjmowanych czasem a priori, na metody kształtowania jej układu. Za punkt wyjścia autor obiera postulat najmniejszego obciążenia czynnościami komunikacyjnymi. Z postulatu tego wynikają dwa współzależne czynniki: 1. skupienie ludności i środków wytwórczych w osiedlach, 2. rozmieszczenie osiedli i ich zabudowy wewnętrznej oraz układy sieci drogowych międzyosiedlowych i miejskich. Nowością jest łączne rozpatrywanie obu tych czynników za pomocą metod matematycznych stosowanych w naukach technicznych. Aby metodami matematycznymi wyznaczyć skupiska i ich rozmieszczenie, które by wymagało minimum czynności komunikacyjnych, trzeba uprzednio sformalizować oba te czynniki — znaleźć ich matematyczne odpowiedniki i ułożyć w zależności pomiędzy miernikami. Za odpowiedniki przyjęto: układ sieci skupisk, ujmowany jako układ punktów i układ sieci drogowych, ujmowany jako układ odcinków prostych, za miernik zaś: długości i kąty, mierniki masy komunikacyjnej oraz pochodzące od nich mierniki gęstości komunikacyjnej i względnej gęstości komunikacyjnej. Poszukiwanie układów sieci dróg i mas komunikacyjnych odpowiadających postulatowi najmniejszych obciążeń należy do zagadnień ekstremalnych¹⁰. Można je rozwiązywać różnymi metodami zależnie od formy w jakiej występują. W wyznaczaniu układów komunika-

¹⁰ Układy takie autor nazywa ekstremalnymi.

cyjnych międzymiastowych, których masy komunikacyjne traktuje się jako skupione w poszczególnych punktach, ma zastosowanie geometria układów punktów na płaszczyźnie, natomiast wyznaczanie układów komunikacyjnych miejskich, przy założeniu, że masy komunikacyjne rozłożone są w sposób ciągły, a drogi dowolnie gęsto, opiera się na analizie matematycznej funkcji ciągłych. Stosując właściwe metody matematyczne autor wyprowadza twierdzenie o istnieniu dwóch ekstremalnych układów skupisk: w jednym skupisku tworzą sieć kwadratową, w drugim trójkątną równoboczną. Drogi łączące skupiska układają się w regularne sieci prostych. Twierdzenie to może być uogólnione na przypadki łącznego występowania mas skupionych i rozłożonych równomiernie, mas nierównomiernie rozłożonych, uzależnienia ilości komunikacji od współczynników redukcyjnych oraz nakładania się na siebie sieci skupisk różnych wielkości.

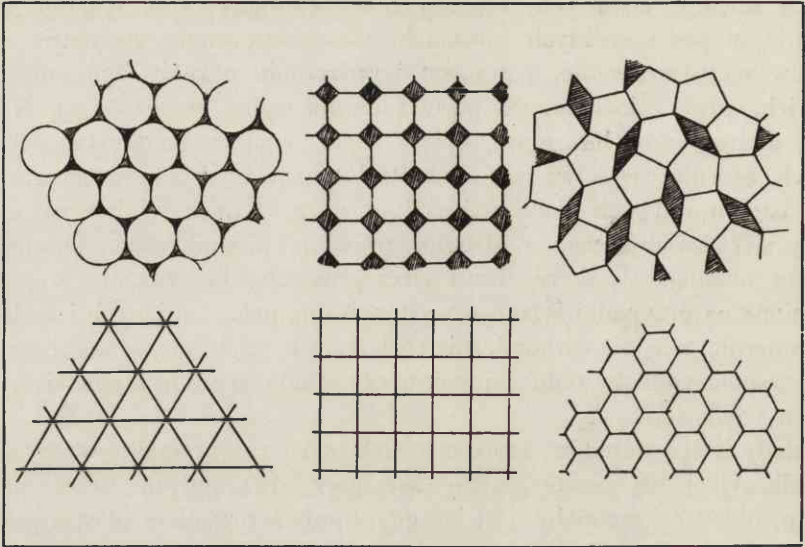
Układy linii i punktów, które człowiek uznał za optymalne wzory dla sieci komunikacyjnej są powtórzeniem kształtów stworzonych przez przyrodę. Tak np. układ heksagonalny jest jak gdyby odwzorowaniem plastra pszczelego (widzialnego z góry). Budowa tego plastra — to dzieło niepospolitego kunsztu. Gdyby pszczoły budowały inne, nie — sześciokątne komórki [35], np. okrągłe (jak trzmielce) lub ośmio- czy pięciokątne pozostawałyby między nimi niewyżyskane przestrzenie, a każda z nich musiałaby mieć własne ściany w całości lub w większej części (ryc. 9, górny szereg); byłoby to marnotrawstwem miejsca i materiału. Można tego uniknąć, budując komórki trój- czworo- lub sześciokątne, które mają ściany podwójnie wyżyskane i nie pozostawiają żadnych wolnych przestrzeni (ryc. 9, dolny szereg). Wśród nich najmniejszy obwód, przy równej pojemności, posiadają komórki sześciokątne. Dla ich wykonania potrzeba stosunkowo najmniej materiału; są więc najoszczędniejsze¹¹.

Przykłady form sześciokątnych można by dalej mnożyć. Godne uwagi są kolonie toczka (Volvox) z gromady wiciowców. Składają się one z dużej liczby osobników (do kilkunastu tysięcy) połączonych ze sobą nitkami plazmy, które umożliwiają rozdział pożywienia, zgranie ruchów wici i zespolenie kolonii w jednolity organizm zbiorowy. Przykładem z innej dziedziny są heksagonalne kryształy.

Podobieństwo sieci komunikacyjnej do sieci pajęczej, podkreślane przez Löscha i wielu innych autorów, jest raczej symboliczne. Nawet bowiem w idealnych warunkach, trudno sobie wyobrazić sieć komunikacyjną ukształtowaną tak jak sieć pajęcza, nie wyłączając najkunsztowniejszej sieci, jaką plotą pająki z rodziny krzyżakowatych (Argiopidae). Konstrukcja promienista, na której rozpięta jest spirala sieci łownej przypomina dośrodkowy układ komunikacyjny, z przesadnie zagęszczonymi obwodnicami.

Do układu naczyniowego człowieka upodabnia się funkcjonalny układ komunikacyjny. W szeregu narządów zwraca uwagę przysadka, a zwłaszcza nerka, odznaczająca się zdumiewająco regularnym unaczynieniem.

¹¹ Lepiej też odpowiadają walcowatym larwom pszczelim niż komórki czworo- lub trójkątne.



9. Efektywność komunikacyjna różnych figur geometrycznych

Stwierdzone analogie nasuwają przypuszczenie, że przyroda stworzyła wzory również dla zespołów sieci różnych rodzajów komunikacji. Należy ich szukać wśród zjawisk zarówno fizycznych jak i biologicznych. Przy obecnym stanie rozwoju różnych nauk większe nadzieje rokuje adaptacja praw fizyki. Nie ulega wątpliwości przydatność praw odbicia i załamania promieni światła (zasada Fermata) w cząstkowych analizach zespołów. W organizmie człowieka przykładem zespołowego działania jest współpraca układu krwionośnego i układu limfatycznego. Podział pracy między kwią a limfą jest mniej więcej taki jak między głównymi i dostawczymi środkami komunikacji. Krew przewozi składniki odżywcze do różnych okolic ciała, a limfa pośredniczy między nią a tkankami: oddaje komórkom pożyteczny ładunek pokarmu, a jednocześnie zabiera produkty zużyte i szkodliwe. W organizmach biologicznych kryją się zapewne doskonalsze wzory zespołów, wątpliwe jest jednak, czy aktualne ich poznanie pozwoliłoby wyjść poza porównania tyleż efektywne, co powierzchowne.

Wspólną cechą układów sieci komunikacyjnych, tak w przyrodzie jak i w teorii, jest dążenie do minimalizacji ilości tworzywa i energii. Polega ono na tym by, przy danym poziomie potrzeb przewozowych, zużycie środków materialnych i pracy na budowę sieci komunikacyjnej oraz przemieszczanie mas było jak najmniejsze. Warunek ten, caeteris paribus, spełnia sieć komunikacyjna możliwie najkrótsza (w znaczeniu ekonomicznym, które nie zawsze pokrywa się ze znaczeniem fizycznym). W ujęciu przestrzennym więc, istota polega na minimalizacji stosunku pomiędzy (ekonomiczną) długością sieci komunikacyjnej, a powierzchnią obsługiwanego przez nią obszaru. Dążenie w tym kierunku, obserwowane powszechnie wynika z prawa pokonywania przestrzeni, które

można by nazwać prawem brachidykcji¹². Jest to właściwie, w zakresie komunikacji, prawo wiedzy potocznej, nie wymagające na tym miejscu bardziej szczegółowego wyjaśnienia.

Jaki układ sieci komunikacyjnej najbardziej odpowiada wymaganiom tego prawa? Można dowieść matematycznie, że jest to układ sześciokątny. Jego rozwinięciem jest układ trójkątny; w tej formie wykazuje on najwięcej zalet użytkowych. Jednakże trójkąty mają gorszy niż sześciokąty stosunek obwodu do powierzchni. Co więcej ustępują one pod tym względem także prostokątom. W układzie prostokątnym znowu brak kierunków przekątniowych, co zmusza do ruchu obwodowego i podwyższa koszty użytkowania sieci. W rzeczywistości sieć komunikacyjna międzyosiedlowa częściej kształtuje się na wzór układu trójkątnego niż prostokątnego. Ten ostatni znajduje zastosowanie na obszarach nowo zagospodarowanych, gdzie chodzi o szybkie stworzenie przejrzystej sieci połączeń, jak również na obszarach małych i równinnych, gdzie ruch przekątniowy nie jest zbyt intensywny ani kosztowny.

Pojęcie zespołu sieci komunikacyjnych

Zespół sieci komunikacyjnych jest wyrażeniem o znaczeniu chwiejnym. Od chwiejności można się uwolnić, ustalając znaczenie wyrażenia przy pomocy definicji projektującej (regulującej). W ustanowionym tu rozumieniu, zespół sieci komunikacyjnych znaczy tyle, co zbiór różnych rodzajowo 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 łącznych.

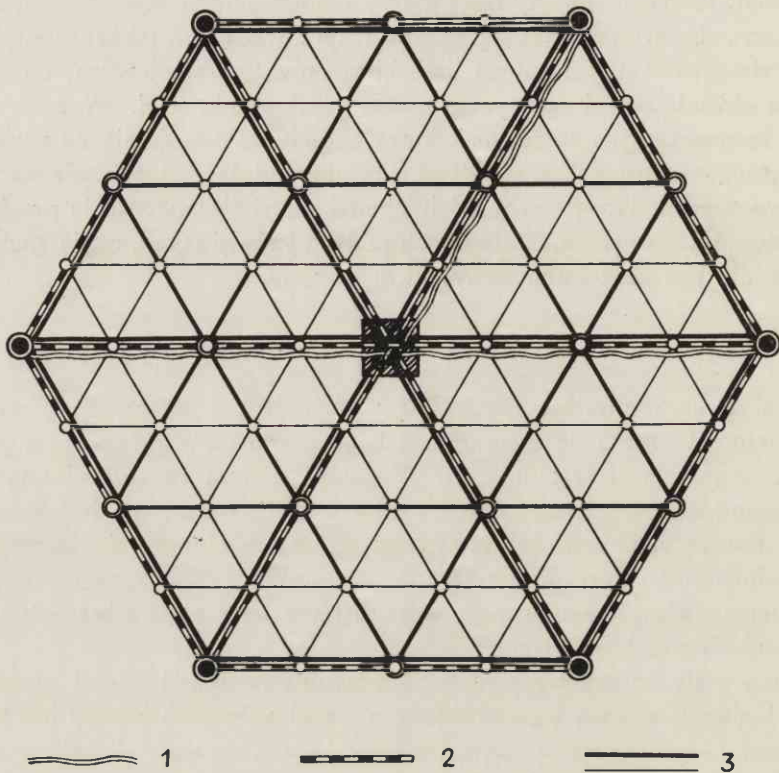
Pewien stały, charakterystyczny i prawidłowy układ części składowych zespołu będzie nazywany jego strukturą, a układ, w którym istotny jest wymiar przestrzenny — strukturą przestrzenną. Stale powtarzające się relacje między częściami składowymi struktury przestrzennej zespołów, mocą ustanowienia terminologicznego, określa się mianem jej praw¹³. Relacje przestrzenne układają się według praw współlistnienia; są jednak uwarunkowane przyczynowo (występują jako związki czasoprzestrzenne), w istocie więc, rządzą nimi prawa przyczynowe, do których i prawa współlistnienia dają się sprowadzić.

Cechami konstytucjonalnymi zespołów sieci komunikacyjnych, ze względu na ich strukturę przestrzenną, są: 1. hierarchia dróg, 2. lokalizacja dróg względem siebie, 3. wymiary liniowe (ilości i długości dróg). Cechy te łączą się w zespołach w różny sposób, ale w różnorodności tej przejawia się typowość. Zespoły sieci komunikacyjnych różnią się ilością członów oraz stopniem ustrojowości. Istnieją zespoły dwuczłonowe (dikolonalne), trójczłonowe (trykolonalne) i wieloczło-

¹² Od gr. brachýs krótki i diktýo sieć. Autor stosuje metodę tworzenia terminów przez uogólnienie sensu wyrażen zacierpniętych z innych nauk, najwłaściwszych przedmiotowo, lub przez wzorowanie się na ich budowie.

¹³ Zamiennie będzie używany termin *twierdzenie ściśle ogólne* lub w skrócie *twierdzenie*.

nowe (polikolonalne). Zwykle, im więcej jest członów tym bardziej komplikują się zależności między nimi (gradacja ustrojowości). Bywają zespoły — luźne konglomeraty oraz zwarte zespoły organiczne. Nawet w zespołach niskoustrojowych wyróżniają się linie i węzły kierownicze (osi zespołów), których unieruchomienie powoduje zaburzenia w pracy lub paraliż całego zespołu.



10. Uproszczony model zespołu sieci komunikacyjnych
1 — rzeki; 2 — koleje; 3 — drogi

Z tego powodu ustrój zespołu powinien umożliwiać, w pewnych granicach, zmianę funkcji poszczególnych członów w celu ewentualnego zastąpienia członu unieruchomionego.

Kierując się prawem brachidykcji i określoną dodatkowo hierarchią różnych rodzajów komunikacji, można skonstruować uproszczony model zespołu sieci komunikacyjnych (ryc. 10). Ogólny układ zespołu jest heksagonalny. Zróżnicowanie funkcjonalne różnych rodzajów komunikacji wiąże się ze zróżnicowaniem hierarchicznym linii różnego rzędu¹⁴. Stolica regionu jest węzłem sześciu linii kolejowych, łączących ją ze wszystkimi ośrodkami drugiego rzędu. Równo-

¹⁴ Wyraz linia komunikacyjna w zastosowaniu do modelu zespołu rozumiany będzie nie tylko w znaczeniu technicznym, lecz także, i przede wszystkim, w znaczeniu kinematycznym.

legle biegną główne drogi kołowe przystosowane do intensywnego ruchu samochodowego. Pomiędzy nimi rozciąga się sieć dróg uzupełniających, które obsługują ruch dojazdowy do kolei i głównych dróg kołowych oraz bezpośredni ruch drogowy o zasięgu lokalnym. Drogi wodne, tak jak zwykle w rzeczywistości, nie tworzą pełnego systemu połączeń. Założenie, że przez region przepływa jedna rzeka z prawobrzeżnym dopływem jest prawdopodobnie nie gorsze niż jakiegokolwiek inne. Kierunki główne są silniej zainwestowane; by sprostać większemu nasileniu ruchu zróżnicowanemu funkcjonalnie, tworzą się połączenia wielokrotne, wiązki linii komunikacyjnych różnego rodzaju.

Przedstawiony model jest, oczywiście, niewystarczający. Cechują go bowiem zasadnicze braki: 1. niedostateczne uwzględnienie odmiennych własności różnych rodzajów komunikacji, 2. statyka, 3. założenie dwuwymiarowej i jednorodnej przestrzeni. Braki te wskazują zarazem, w jakich kierunkach winny pójść dalsze badania, mające na celu skonstruowanie rozwiniętego i dynamicznego modelu zespołu sieci komunikacyjnych.

III. APROKSYMACJA

Przybliżanie się do rozwiązania problemu zespołów sieci komunikacyjnych będzie następowało dwustopniowo: 1. w toku opracowywania zespołu teoretycznego oraz 2. w toku ustalania typologii zespołów. Pierwsze postępowanie, któremu poświęcony jest cały niniejszy rozdział, opiera się na założeniu, że czynniki kształtujące zespoły, mimo silnego zróżnicowania, dają się ująć teoretycznie, do przejawów ściśle ogólnych włącznie. Jego wynikiem jest model zespołu teoretycznego. W ustaleniu typologii zespołów czynniki te zostaną ujęte w przejawach mniej ogólnych, układających się jednakże w charakterystyczne grupy.

Ze wszystkich czynników wybrano te, których wpływ jest najistotniejszy. Choć nie są one jedynymi czynnikami efektywnymi, ograniczenie się do nich jest konieczne, w przeciwnym bowiem razie praca sprowadziłaby się do rozwiązywania pojedynczych przypadków, bez szans na uzyskanie poszukiwanych uogólnień.

1. WŁASNOŚCI I FUNKCJE RÓŻNYCH RODZAJÓW KOMUNIKACJI. PRZESŁANKI ALLOKACJI

Głównym czynnikiem w formowaniu się zespołów sieci komunikacyjnych jest zróżnicowanie funkcji różnych rodzajów komunikacji. Ono bowiem stwarza siły, wiążące zespół wewnątrznie. Funkcje wynikają z własności technicznych i ekonomicznych i w kształtowaniu zespołów z nich winny być wyprowadzane¹⁵.

Własności techniczne każdego rodzaju komunikacji są określone przez własności poszczególnych elementów składowych i sposób, w jaki są one ze sobą zespolone. Wyróżnia się zwykle trzy elementy komunikacji: drogę, siłę pociągową i pojazd. Własności dróg, takie jak rodzaj nawierzchni, ilość pasm ruchu (torów) itp., sprowadzają się w efekcie do przelotności. Należy do nich także ilość i rozmieszczenie punktów zasilających, które określają ponadto udostępnienie terenu przez drogi. Najwięcej takich punktów mają drogi kołowe; traktuje się je nawet jako udostępnione dla ruchu na całej długości. Dla ruchu w małej skali to samo

¹⁵ Analiza indukcyjna ogranicza się do trzech rodzajów komunikacji: kolejowej, drogowej i wodnej śródlądowej. Pomiedzy nimi najliczniej zachodzą procesy uzupełniania i zastępowania się, ich drogi są trwale zlokalizowane i wywołują trwałe zmiany w przestrzeni. Mimo więc indukcji niezupełnej, wynik może być uważany (pars pro toto) za dostatecznie reprezentatywny i znamieny.

można powiedzieć o drogach wodnych. Natomiast koleje są udostępnione tylko w ściśle wyznaczonych i stosunkowo rzadziej rozmieszczonych miejscach; kształtują one przestrzeń ekonomiczną raczej na wzór luźnego zbioru punktów niż linii. W odwrotnym stosunku układa się przelotność dróg, toteż jej podniesienie wymaga zazwyczaj redukcji ilości punktów zasilających. Tak np. w porównaniu z drogami zwykłych typów, autostrady mają o wiele mniej odgałęzień, unikają ich, upodabniając się przez to do kolei. Przeciętną przelotność dróg poszczególnych rodzajów komunikacji charakteryzują następujące liczby [67].

1. Drogi samochodowe: przy szybkości 40 km/godz., stosunku samochodów osobowych do ciężarowych jak 25 : 75, nieregularności ruchu 75% — 1 440 pojazdów na godzinę, to jest około 5 670 000 osób i 1 620 000 ton rocznie.

2. Koleje: linie dwutorowe — 67 par pociągów na dobę, to jest około 24 000 000 ton rocznie; linie jednotorowe — 23 pary pociągów na dobę, to jest około 8 300 000 ton rocznie.

3. Drogi wodne: kanały i rzeki skanalizowane — przy pojedynczych służach, 20 minutach potrzebnych na przejście przez służę jednego pociągu złożonego z holownika i dwóch barek, nośności 1 000 ton każda, nieregularności ruchu 10% — 8 750 000 ton rocznie.

Drogi są tym bardziej technicznie doskonałe im mniejszy opór stawiają pojazdowi i im mniej wymagają siły pociągowej dla wykonania określonego przewozu. Wtedy, przy takiej samej sile pociągowej, możliwe jest zastosowanie większych pojazdów, pozwalających na zorganizowanie masowej komunikacji. Drogi różnych rodzajów komunikacji wymagają do przewozu jednakowego ciężaru następujących sił pociągowych (w jednostkach umownych): drogi gruntowe 250 jednostek, drogi twarde 80 jednostek, koleje 5—10 jednostek, drogi wodne 1 jednostkę [39].

Na wielkość pojazdów, której miernikiem jest nośność wpływają ponadto inne jeszcze własności techniczne drogi: szerokość jezdnii i rodzaj nawierzchni (drogi kołowe), dopuszczalny nacisk na oś pojazdu (koleje) oraz przekrój poprzeczny i podłużny (drogi wodne). Rozwój techniki umożliwia konstruowanie coraz to większych pojazdów. W Stanach Zjednoczonych A.P. np. rozpowszechnione jest stosowanie samochodów 15 i więcej tonowych, nośność wagonów kolejowych przekracza 60 ton, a średni ciężar netto pociągu na wielu liniach — 2 000 ton (na liniach The Chesapeake and Ohio Railway Company maksymalny ciężar pociągu osiąga 13 000 ton [110]) tyleż wynosi nośność typowej barki do przewozu ropy naftowej na Mississippi [72]. Wraz ze wzrostem nośności poprawia się stosunek między wagą własną pojazdu, a jego ładownością. Korzyść z tego tytułu może być poważna pod warunkiem istnienia dostatecznej podaży ładunków. Dlatego wielkie pojazdy wprowadzane są do ruchu w kierunkach głównych o skoncentrowanych przewozach. Natomiast dla przewozów rozproszonych w dużej ilości punktów, które oferują nieduże masy ładunków właściwe są pojazdy małe, zapewniające lepsze wykorzystanie ładowności. Aby lepiej dostosować nośność pojazdów do podaży ładunków komunikacja samochodowa coraz bardziej różnicuje swój tabor. W krajach o rozwiniętej motoryzacji maleje

w związku z tym udział samochodów o średnim tonażu, wzrasta zaś udział samochodów małowadzących (dostawczych) i wielkotonażowych.

Tab. 1. Zmiany wielkości pojazdów używanych w ruchu towarowym (dane w tonach ładowności użytkowej)

Czasokres	Żegluga śródlądowa	Komunikacja drogowa		Koleje		
	Ren	wóz konny	samo- chód	Niemcy	W. Bry- tania	USA
1. Starożytność	50	0,75				
2. Średniowiecze:						
1200 — 1500	50	0,75				
3. Czasy nowożytne:						
1500 — 1800	150	1				
1840	250	3		4	4	10
1860	500	3		6	4	12
1880	700	3		10	6	20
1900	1000	3		15	8	36
1913	1800	3	2	15	10	40
1930	1350	3	5	16,5	12	42

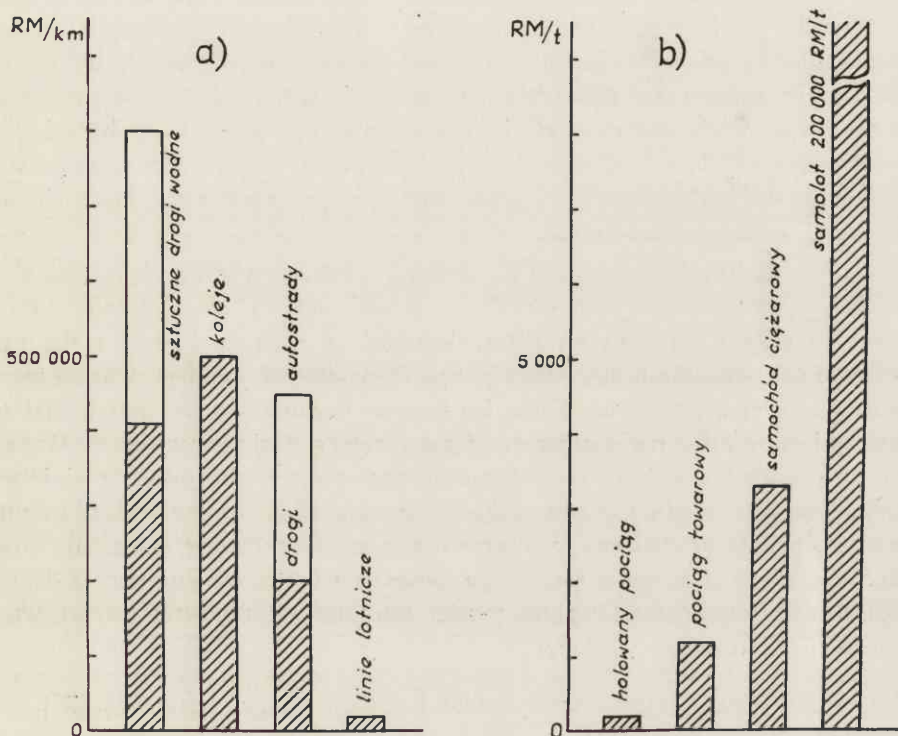
Źródło: C. Pirath [85]

Między poszczególnymi elementami komunikacji istnieją wzajemne zależności. Drogi więc nie tylko oddziałują na wymagalną siłę pociągową i wielkość pojazdów, ale same rozwijają się pod ich wpływem. Prekursorem nowoczesnych zmian w technice budowy i utrzymania dróg kołowych był samochód, którego zalety mogą być w pełni wyzyskane tylko na drogach dobrych. Podobnie, nowe wymagania wobec linii kolejowych wysunęła elektryfikacja trakcji. Chodzi przy tym o udoskonalenie zarówno wyposażenia technicznego, jak i trasy dróg (promieni łuków, spadków podłużnych, pochyleń poprzecznych); im większe są pojazdy i siły pociągowe, tym prostsze powinny być trasy. Drogi, które nie doskonalą się równolegle z pojazdami ulegają degradacji aż do zaniechania ich eksploatacji. Szczególnie liczne jej przypadki obserwuje się wśród małych rzek i kanałów, które kiedyś stanowiły część jednolitego systemu połączeń, ale później, wskutek wzrostu wielkości statków, przestały nadawać się do żeglugi i z odcinków łączących przekształciły się w odcinki dzielące.

Stopień zespolenia elementów składowych nie jest wszakże jednakowy w poszczególnych rodzajach komunikacji. Jest on najwyższy w kolejnictwie, gdzie ruch pojazdów jest nieodłącznie związany z torem i nie może się dokonywać w kierunkach bocznych; koleje są wskutek tego sztywnym środkiem komunikacji. Taki sam charakter ma żegluga śródlądowa. Wielką zaletą samochodu jest względna swoboda poruszania się, co w połączeniu z bardziej rozgałęzioną siecią drogową nadaje mu charakter elastycznego środka komunikacji. Różnice te znajdują swój wyraz w organizacji ruchu.

Z własności ekonomicznych różnych rodzajów komunikacji najważniejsze są koszty. Niewystarczająca jest przy tym analiza wysokości kosztów, trzeba ponadto analizować ich strukturę, gdyż poszczególne składniki mają różne znaczenie ekonomiczne i w różny sposób wpływają na zasięg przestrzenny każdego rodzaju komunikacji. Analiza strukturalna winna obejmować stosunki pomiędzy: 1. kosztami dróg i kosztami przemieszczania mas przewozowych, 2. kosztami stałymi i kosztami zmiennymi¹⁶ oraz 3. kosztami przewozu i kosztami przeladunku (o tych ostatnich w § 3).

Koszty dróg i koszty przemieszczania mas przewozowych zmieniają się w toku rozwoju technicznego komunikacji w sposób niezgodny. Drogi, w przeliczeniu na kilometr, stają się coraz kosztowniejsze, ale jednocześnie, dzięki



11. Nakłady inwestycyjne a) na km drogi dwukierunkowej i b) na tonę ładowności pojazdu ciężarowego

ich udoskonaleniu wzrasta przelotność oraz ilość przewozów i to, w granicach optimum, więcej niż proporcjonalnie. W rezultacie koszty dróg, chociaż absolutnie rosną, relatywnie maleją; zwiększa się natomiast stale udział kosztów przemieszczania (przy jednoczesnym spadku poziomu jednostkowych kosztów całkowitych). W szczególności szybciej niż koszty dróg rosną koszty pojazdów. Zjawisko to występuje w trakcie ewolucji każdego rodzaju komunikacji, a w jesz-

¹⁶ Podobne znaczenie ekonomiczne ma podział kosztów na stacyjne i liniowe.

cze większym stopniu przy przechodzeniu od starych do nowych rodzajów komunikacji. Ilustruje je załączony wykres (ryc. 11). Zwielokrotnione nakłady na pojazdy czyni się w tym celu, aby nadać im nowe własności, zalety. Ze względu na dalsze uogólnienia należy zwrócić uwagę na stopniowe rozluźnianie się związku pojazdu z drogą; rozszerza to zasięg komunikacji na tereny bezdrożne, umożliwia przystosowanie pojazdów jednego rodzaju komunikacji do ruchu na drogach drugiego rodzaju komunikacji, a przez to sprzyja rozwojowi przewozów bezpośrednich (bez przeładunku).

W drogach jednak tkwią tak wielkie kapitały, że komunikacja przewyższa większość gałęzi gospodarki społecznej pod względem udziału w majątku trwałym wartości urządzeń, które, *mutatis mutandis*, mogą być do dróg przyrównane. Niewłaściwie ukształtowana sieć dróg oznacza więc kolosalne straty, które trzeba powiększyć o straty ponoszone w procesie przewozów (pokonywanie przez pojazdy odchylenia kształtu dróg od układu optymalnego), by w pełni zdać sobie sprawę ze znaczenia prawidłowej teorii sieci komunikacyjnej. Pisało o tym wielu autorów, ale żaden nie stworzył teorii, która by miała zastosowanie także do zespołów sieci komunikacyjnych. A przecież w rzeczywistości istnieje nie sieć komunikacyjna w ogóle, lecz szereg różnych sieci, które się uzupełniają i zastępują wzajemnie.

Najistotniejszy bodaj wpływ na zasięg przestrzenny różnych rodzajów komunikacji wywiera stosunek między kosztami stałymi, albo niezależnymi od ruchu i kosztami zmiennymi, albo zależnymi od ruchu¹⁷. Koszty stałe, przypadające na jednostkę pracy przewozowej (tonokilometr) maleją wraz ze wzrostem odległości przewozów. Toteż im wyższy stosunkowo jest ich udział tym dłuższy jest promień racjonalnego zasięgu danego rodzaju komunikacji. Wyraźne pod tym względem różnice zachodzą między żeglugą śródlądową i kolejnictwem (wyższy udział) z jednej, a komunikacją samochodową (niższy udział) z drugiej strony. Żegluga śródlądowa, w porównaniu z kolejnictwem, wykazuje równy lub wyższy udział kosztów stałych na drogach sztucznych i niższy na drogach naturalnych (współczesna żegluga zwykle nie może się obejść bez kosztownych inwestycji na drogach wodnych).

Udział kosztów stałych w ogólnych kosztach przewozu (w %) [75]

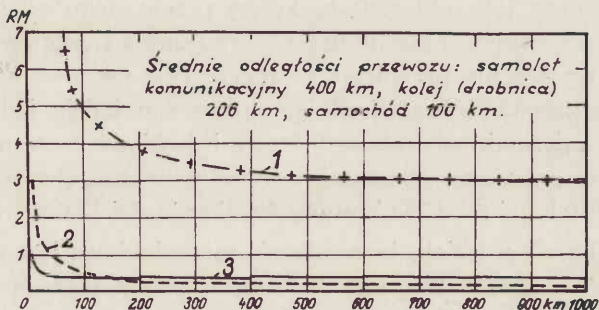
A.	Koleje	61
B.	Żegluga śródlądowa	
	naturalne drogi wodne	44
	sztuczne drogi wodne	61
C.	Komunikacja samochodowa	
	samochody ciężarowe	32

¹⁷ Pojęcia te przyjęły się trwale w literaturze komunikacyjnej, ale ich użycie wymaga natychmiastowego komentarza. Trzeba mianowicie dodać, że koszty stałe są rzeczywiście stałe tylko w określonych granicach, a koszty zmienne niejednakowo reagują na wzrost przewozów; bywają proporcjonalne, mniej niż proporcjonalne i więcej niż proporcjonalne.

samochody ciężarowe z podatkiem drogowym	50
autobusy	40
autobusy z podatkiem drogowym	46
samochody osobowe	54

Próbowano wielokrotnie ustalić promień racjonalnego zasięgu dla każdego rodzaju komunikacji. Otrzymano różne wyniki, odzwierciedlające zróżnicowanie czynników, które go wyznaczają w poszczególnych krajach i regionach. Za główny wyznacznik przyjmuje się koszt tonokilometra (porównywalny). Czynnikiem korygującym jest stopień wykorzystania ładowności pojazdów. Kształtuje się on odmiennie w poszczególnych rodzajach komunikacji: jest mniejszy w komunikacji kolejowej, a większy w komunikacji samochodowej (według Piratha [86] wynosi odpowiednio: 50% oraz 75%). Tłumaczy się to tym, że komunikacja samochodowa dysponuje mniejszymi i bardziej zwrotnymi pojazdami, szerszymi możliwościami pozyskiwania ładunków powrotnych i większą swobodą decyzji (przeważa transport własny, niezarobkowy, który nie ma obowiązku utrzymywania regularnego ruchu), koleje zaś obciążone są szeregiem funkcji publicznych, które nie zapewniają dostatecznego wykorzystania ładowności; ponadto układ przestrzenny przewozów kolejowych jest zwykle taki, że wielkie ilości wagonów służących do przewozu podstawowego ładunku — węgla wykorzystane są tylko w kierunku ładownym (brak ładunków powrotnych). W rezultacie komunikacja samochodowa zyskuje możliwość dodatkowego rozszerzania zasięgu swoich przewozów.

Niżej autor zestawil wyniki niektórych opracowań dotyczących racjonalnego zasięgu różnych rodzajów komunikacji. Według Piratha [85] w przewozach drobnicowych koleje są tańsze niż samochody dopiero przy odległości powyżej 150 km, natomiast w przesyłkach całowagonowych, wskutek lepszego wykorzystania ładowności, już przy odległości powyżej 55 km. Gdy przewozy kolejowe obciążą się dodatkowo kosztami dowozu i odwozu (samochody dokonują przewozów „od drzwi do drzwi”), wówczas zasięg przewozów samochodowych przesuwają się z 55 km do 65 km (ryc. 12). Naturalne drogi wodne są tańsze od



12. Porównanie kosztów własnych przewozu drobnicy różnymi rodzajami komunikacji. Według C. Piratha

1 – samoloty komunikacyjne w lotach regularnych, wykorzystanie w 50%; 2 – koleje, drobnica, wykorzystanie w 20%; 3 – samochody 5-tonowe, wykorzystanie w 50%

kolei od 120 km w przewozach bez przeładunku i od 200 km w przewozach z przeładunkiem, zaś sztuczne drogi wodne odpowiednio — od 400 km i od 580 km. U Morgenthalera i Wollerta [74] punkty przecięcia krzywych kosztów kolejowych i krzywych kosztów samochodowych wyznaczające odległości, do których bardziej ekonomiczne jest użycie samochodów, są określone następująco:

kolej	samochód	km
5 ton	5 ton	140
15 ton	14,5 ton	170
20 ton	20 ton	200

Autorzy wyrażają pogląd, że w dającej się przewidzieć przyszłości zasięg komunikacji samochodowej zatrzyma się na granicy ok. 200 km. Jest to zeterminowane strukturą kosztów samochodowych. Przekroczenie tej granicy na znaczną odległość mogłoby nastąpić tylko w przypadku upodobnienia się struktury kosztów samochodowych do struktury kosztów kolejowych, co jest mało prawdopodobne.

Badania komunikacji w dolinie Mississippi wykazały, że w przesyłkach całopojazdowych samochód jest najefektowniejszym środkiem przewozu na dystansie do 35 mil, koleje na dystansie 35—380 mil i żegluga śródlądowa na dystansie ponad 380 mil [42].

W ZSRR, jak podaje E.D. Chanukow [17], bezpośrednio przewozy samochodowe przy istnieniu dobrych dróg samochodowych i stosunkowo niedużych wielkościach ładunków, są bardziej opłacalne niż przewozy kolejowe lub mieszane kolejowo-samochodowe:

na odległość do 30 km, jeśli punkty naładunku i wyładunku posiadają bocznicę.

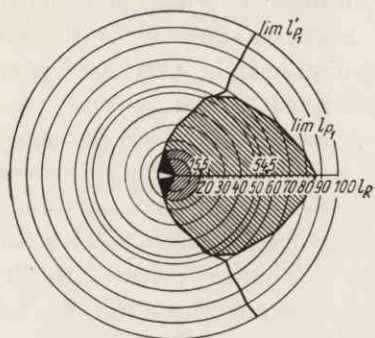
na odległość do 50 km, jeśli bocznicę istnieje tylko bądź w punkcie naładunku, bądź w punkcie wyładunku,

na odległość 80—100 km, w przypadku braku bocznic.

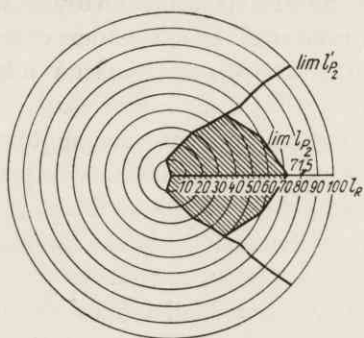
N.A. Łukjanow [69] obliczył, że koszty przewozu przetworów naftowych drogą wodną z jednym przeładunkiem (gwarantowana głębokość 150 cm, współczynnik wydłużenia przebiegu wodnego 1,5, nośność barek 2 000 ton), zrównują się z kosztami bezpośredniego przewozu koleją jednotorową pierwszorzędą (wzniesienie miarodajne 9 ‰, 2 i 4-osiove cysterny) na odległości 590 km; przy przewozach barkami nośności 6 000 ton, przewóz drogą wodną staje się korzystniejszy już od 255 km, a barkami nośności 12 000 ton — od 440 km.

Według obliczeń polskich, komunikacja samochodowa jest tańsza od kolejowej na odległość do 30 km, jeśli ta ostatnia jest połączona z dowozem do stacji kolejowej oraz do 50 km, gdy niezbędny jest zarówno dowóz, jak i odwóz z kolei [73].

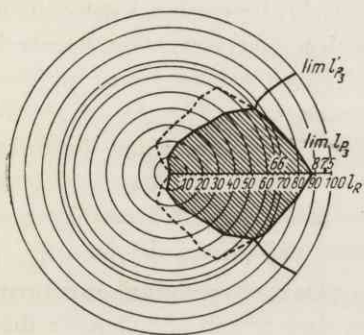
Do jakich funkcji predestynowane są poszczególne rodzaje komunikacji z tytułu swoich własności technicznych i ekonomicznych?



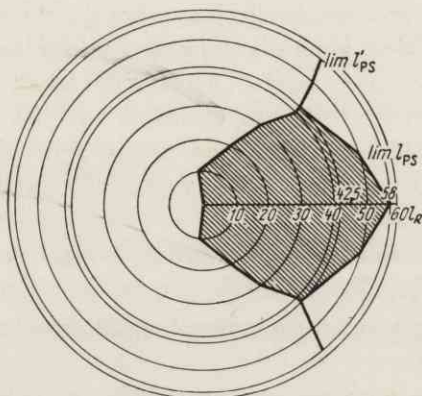
13



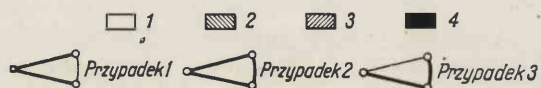
14



15



16



13. Ekonomiczne granice komunikacji okrężnej docelowej samochodem 5-tonowym z uwzględnieniem kosztów i czasu (przypadek 1)

14. Ekonomiczne granice komunikacji okrężnej docelowej samochodem 5-tonowym z uwzględnieniem kosztów i czasu (przypadek 2)

15. Ekonomiczne granice komunikacji okrężnej docelowej samochodem 5-tonowym z uwzględnieniem kosztów i czasu (przypadek 3)

16. Ekonomiczne granice komunikacji okrężnej zbiorczej samochodem 5-tonowym z uwzględnieniem kosztów i czasu (4 doładowania)

1 – rozszerzona komunikacja obwodowa; 2 – normalna komunikacja obwodowa; 3 – ograniczona komunikacja obwodowa; 4 – komunikacja radialna. Przypadek 1 – jazda tam ładowna, jazda po obwodzie próżna, jazda z powrotem ładowna; przypadek 2 – jazdy radialne i po obwodzie ładowne; przypadek 3 – jazda tam ładowna, jazda po obwodzie ładowna, jazda z powrotem próżna

Komunikacja samochodowa, wskutek stosunkowo wyższego rozgałęzienia, lecz mniejszej przelotności dróg, małej nośności pojazdów, elastyczności ruchu i dyspozycji, niskiego udziału kosztów stałych, powinna: zapewnić dowóz i odwóz ładunków do i ze stacji kolejowej, dowóz żywności ze strefy podmiejskiej do miast, dowóz towarów ze składnic hurtowych do handlu detalicznego, udostępniać tereny pozbawione kolei o ładunkach rozproszonych, zwłaszcza tereny rolnicze, leśne i górskie, uczestniczyć w przewozach sezonowych (szczyty jesienne itp.), przejmować przewozy deficytowych kolei lokalnych, wykonywać przewozy na krótkie odległości i drobnicowe nawet na drogach równoległych do kolei oraz obsługiwać ruch pasażerski: podmiejski, lokalny, z dala od kolei i turystyczny.

W komunikacji samochodowej trzeba rozróżnić przewozy pomocnicze (dowóz i odwóz) oraz przewozy samodzielne (bezpośrednie). Stosunek między nimi oraz tendencje jego rozwoju stanowią o dewiacji od uproszczonego zespołu sieci komunikacyjnych i winny wejść w skład przesłanek zespołu anizotropowego (rozdział IV). Z braku odpowiednich statystyk rozpatrzono zamiennie stosunek między przewozami na bliskie odległości z jednej oraz przewozami na średnie i dalekie odległości z drugiej strony¹⁸.

Komunikacja bliska występuje najczęściej w dwojakim układzie kierunkowym jako [87]:

1. Komunikacja radialna, mająca na celu bezpośrednie przewozy z miejsc nadania do miejsc przeznaczenia po możliwie najkrótszej drodze.

2. Komunikacja okrężna, odbywająca się zarówno na liniach radialnych jak i na liniach obwodowych. Składa się ona zwykle z trzech odcinków: radialnego (tam), obwodowego i radialnego (z powrotem). Rozwinęły się dwie jej formy: a. komunikacja okrężna docelowa (obsługuje tylko trzy osiedla na styku odcinków) oraz b. komunikacja okrężna zbiorcza i rozdzielcza (obsługuje większą ilość osiedli).

Dotychczas faworyzowane — przez komunikację samochodową — są kierunki radialne o dużym natężeniu ruchu, dają one bowiem duże szanse uzyskania ładunków powrotnych. Jednakże na terenach rolniczych wskutek rozproszenia mas przewozowych, lepsze wyniki eksploatacyjne i ekonomiczne uzyskuje komunikacja okrężna, zwłaszcza zbiorcza i rozdzielcza. Granice komunikacji okrężnej docelowej oraz zbiorczej i rozdzielczej wyprowadzone z kryterium kosztu i czasu przedstawione są na ryc. 13—16. Pokazują one na jakich obszarach po obu stronach drogi głównej (radialnej) rentowniejsza jest komunikacja okrężna. Kształty obszarów mają swe wytłumaczenie w tym, że w otoczeniu ośrodka wyjściowego, a następnie od punktu maksimum wraz ze wzrostem

¹⁸ Zamiana taka jest uzasadniona. Czyni ona późniejsze wnioski nawet bardziej uzasadnionymi. W przewozach bliskich bowiem tkwią również przewozy bezpośrednie. Nietrudno się o tym przekonać, jeżeli się zważy, iż w cytowanej statystyce za bliskie uznano przewozy: we Francji do 49 km, w Wielkiej Brytanii do 40 mil, w NRF do 50 km, tj. na odległości przewyższające znacznie średnie odległości przewozów samochodowych. Zamiana więc obniża udział przewozów bezpośrednich, gdy tymczasem wnioski opierają się na jego wzroście.

odległości radialnej rentowniejsza staje się bezpośrednia komunikacja radialna, wskutek czego odległość obwodowa od drogi głównej maleje.

Chociaż komunikacja samochodowa jest stosunkowo najbardziej efektywna na krótkich odległościach, to jednak w poszczególnych relacjach i grupach ładunków przewagę nad innymi rodzajami komunikacji, co prawda malejącą, zachowuje jeszcze na średnich, a nawet na dalekich odległościach. Stwarza to ekonomiczną możliwość wydłużenia się przewozów samochodowych, co też w rzeczywistości ma miejsce. W krajach Europy zachodniej przewozy na średnie i dalekie odległości, jeśli liczyć według tonokilometrów, osiągają lub przekraczają połowę wszystkich przewozów samochodowych (tab. 2). Ponieważ komunikacja samochodowa znajduje się wciąż jeszcze w stadium ekspansji, proporcja między przewozami na krótkie oraz przewozami na średnie i dalekie odległości może nadal przesuwać się na korzyść tych ostatnich, zwłaszcza w krajach o niezbyt rozległym terytorium.

Tab. 2

Wielkości	Przewozy samochodowe na średnie i dalekie odległości			Przewozy ciężkimi samochodami ¹
	W. Brytania 1952 ²	Francja 1954	NRF 1954	Włochy 1954
Volumen w mld tonokm	13	13	13	18
Procent wszystkich przewozów samochodowych	42	59	52	65
Procent przewozów kolejowych	35	32	30	136
Średnia odległość przewozu w km	134	127	232	137
	Średnia odległość przewozów kolejowych			
W km (wszystkie odległości)	126	246	189	263

¹ Wszystkie przewozy (łącznie z bliskimi) samochodami ciężarowymi nośności powyżej 5 ton

² Bez Północnej Irlandii

Źródło: [31]

Koleje, dzięki dużej przelotowości linii i nośności pojazdów, rzadziej niż w drogownictwie sieci (kosztowność urządzeń stałych), wysokiemu udziałowi kosztów stałych, małej elastyczności ruchu i dyspozycji są predestynowane do: przewozów masowych, zwłaszcza w połączeniach z bocznkami (unikają się wtedy przeładunku, dowozu i odwozu), przewozów na dalekie odległości, obsługi pospiesznego ruchu pasażerskiego na dalekie odległości i masowego ruchu podmiejskiego. W większości krajów na bocznicach koncentruje się gros ładunków przewożonych kolejami, np. w Polsce 60% [73], w ZSRR 80% (naładunek) i 65% (wyładunek) [98], w NRF 68% [91]. Mimo likwidacji bocznic mało obciążonych¹⁹ i nowej technologii łamanych przewozów kolejowo-samochodo-

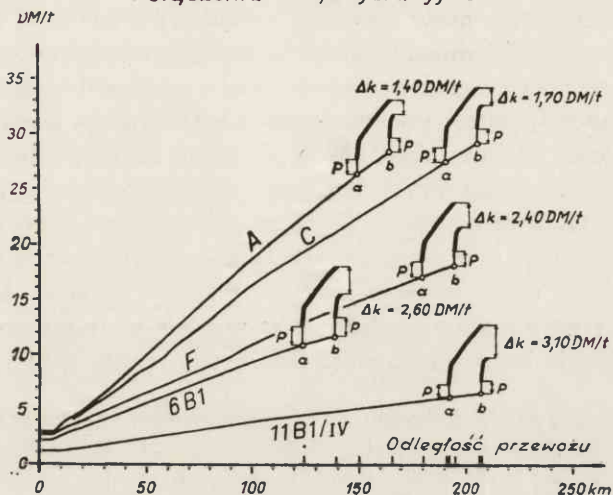
¹⁹ Orientacyjnym kryterium opłacalności bocznic jest ilość masy towarowej załadowanej lub wyładowanej na niej w ciągu roku. Ocenia się, że masa ta powinna wynieść 40 000 ton rocznie lub 5 wagonów ładownych na dobę (niekiedy za wystarczające minimum uważa się 3 wagony na dobę).

wych procentowy udział bocznic czynnych w obrocie ładunków kolejowych będzie raczej wzrastał niż malał, wskutek ograniczenia się kolei do przewozu ładunków masowych. Ta zmiana zakresu pracy kolei wywrze wpływ ponadto na układ linii i stacji oraz na strukturę taboru. Z istniejących sieci kolejowych wykształcą się sieci rzadsze złożone z linii głównych przystosowanych do intensywnego ruchu. Wytrzymałość na nacisk osi podniesie się mniej więcej [96] do 30 ton, ciężar pociągu do 6 000 ton, a moc lokomotywy do 6 000 KM.

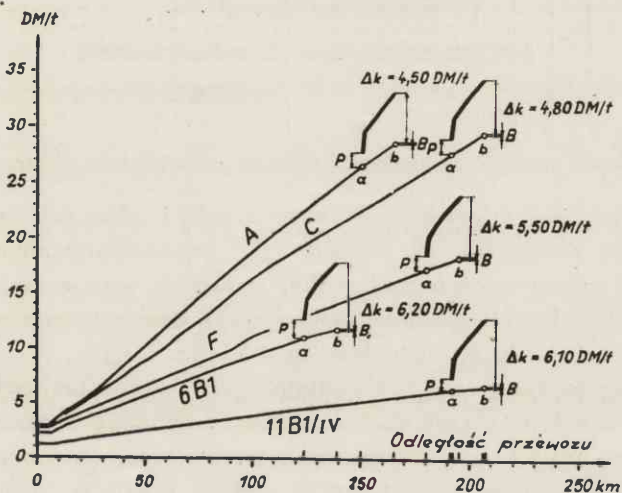
Koleje lokalne o małym obciążeniu będą stopniowo likwidowane. Przez wiele dziesięcioleci odgrywały one ważną rolę: pośrednicząc między kolejami głównymi a małymi i rozproszonymi ośrodkami gospodarczymi, przewodziły działanie odśrodkowych sił gospodarczych (na tereny rolnicze), a przez to wpłynęły korzystnie na strukturę przestrzenną gospodarki (przyczyniły się do jej decentralizacji). Wykazują jednak przeważnie chroniczny deficyt finansowy; nasuwa to przypuszczenie, że obecnie ich funkcje mogłyby przejść komunikacja samochodowa. Przejmowanie powinno następować po uprzednim zbadaniu każdej linii oddzielnie. Zbyt bowiem pochopne decyzje likwidacyjne powzięte na podstawie wskaźników ogólnych mogą zachwiać strukturą gospodarczą obszarów i tak z reguły słabiej zagospodarowanych. W okręgach zbadanych przez Piratha (północna Wirtembergia, północna Bawaria i Dolna Saksonia), zastąpienie kolei lokalnych przez komunikację samochodową miałyby inne reperkusje w zakresie przewozów pasażerskich, a inne w zakresie przewozów towarowych. W pierwszym przypadku obciążenie użytkowników komunikacji przewoźnem prawie nie zmieniłoby się, w drugim, wzrosłoby, lecz odmiennie w komunikacji bliskiej i dalekiej. W komunikacji bliskiej (do 100 km) koszt przewozu koleją lokalną, o ile niezbędny jest dowóz i przeładunek na stacji, równa się mniej więcej kosztowi zastępczych przewozów samochodowych (bezpośrednich), jeśli zaś użytkownicy kolei lokalnej korzystają z bocznic, przejście do przewozów samochodowych pociąga za sobą wzrost obciążeń, chyba, że w użyciu są samochody 15-tonowe. W komunikacji dalekiej (ponad 100 km) wzrost obciążeń jest wyższy, nawet jeśli założyć najwłaściwszy po likwidacji kolei lokalnej sposób przewozu, tj. dowóz samochodami do stacji kolei głównej i następnie kolejami głównymi do celu (ryc. 17), a stałby się najwyższy, gdyby przyjąć, że przewozy będą na całej odległości wykonywane przez samochody (wobec niedużego nasilenia potrzeb przewozowych wykorzystanie ładowności nie przekroczyłoby 50%), pomijając fakt, czy na terenach słabo zagospodarowanych byłaby do dyspozycji dostateczna ilość samochodów²⁰. Pewne polepszenie sytuacji finansowej kolei lokalnych i przedłużenie ich egzystencji można osiągnąć w drodze technicznej modernizacji. Na linii Annecy — Albertville [84], po zastosowaniu małych jednostek spalinowych i uproszczeniu organizacji ruchu, deficyt został prawie całkowicie zredukowany, a na odcinku Albertville — Doussard, do którego później ograniczono

²⁰ Na wyniki obliczeń przeprowadzonych przez Piratha deformujący wpływ wywarło nie-skoordynowanie taryf kolejowych i samochodowych.

Połączenia międzystacyjne



Połączenia z bocznymi



17. Różnica między przewoźnem przed i po zamknięciu kolei bocznych w komunikacji dalekiej.

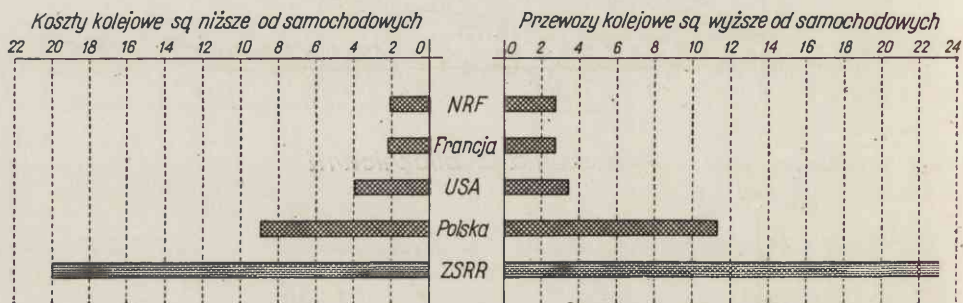
Według C. Piratha

P – koszt przeladunku; B – opłata za bocznicę

badania, osiągnięto nawet zysk (obciążenie ruchowe wynosiło zaledwie 150 ton na dobę).

Żegluga śródlądowa, mimo różnic technicznych, pod jednym przynajmniej względem ekonomicznym jest podobna do kolei. Cechuje ją mianowicie taki sam lub wyższy udział kosztów stałych. Własność ta stanowi o częściowym podobieństwie zakresu funkcji. Podobnie więc jak koleje, żegluga śródlądowa jest środkiem przewozów masowych i odległych, lecz w wyższym stopniu, gdyż w miarę wzrostu masy i odległości przewozów uzyskuje dalej idącą ob-

niższe kosztów jednostkowych. Nie bez znaczenia jest fakt, że ma ona do czynienia z ładunkami, które można tanio i szybko przeładowywać (zboże, piasek i żwir, ropa naftowa, węgiel kamienny). Taniaść samego przewozu uwidacznia się dzięki temu w całej pełni²¹. Jednakże wobec małej szybkości ruchu i wydłużenia trasy dróg wodnych²², proces przemieszczania mas wymaga stosunkowo więcej czasu, wskutek czego żegluga śródlądowa nie nadaje się do przewozu ładunków łatwo psujących się i wartościowych. Przewaga żeglugi śródlądowej jest znaczniejsza, gdy miejsca nadania i przeznaczenia są położone nad drogami wodnymi. Zwiększa się dodatkowo w przewozach w relacji z portami morskimi, o ile przeładunek z barek na statki morskie jest tańszy niż z wagonów kolejowych na statki morskie. Drogi wodne śródlądowe są pośrednim rodzajem komunikacji między komunikacją lądową i morską. Przewodzą one w głąb lądu, niekiedy



18. Odwrócone proporcje woluminów i kosztów przewozu koleją i samochodami

na znaczne odległości, zalety komunikacji morskiej i odwrotnie, są naturalnym łącznikiem lądu z morzem. W krajach słabo zagospodarowanych, rozległych terytorialnie i odczuwających brak kolei, zwłaszcza jednocześnie trudno dostępnych, jak np. lasy tropikalne, rzeki jeszcze dziś stanowią główny rodzaj komunikacji i torują drogę rozwojowi gospodarstwu.

Z własności technicznych i ekonomicznych wynika nie tylko jakość ale również ilość funkcji poszczególnych rodzajów komunikacji. Głównym wyznacznikiem zakresu ilościowego funkcji są koszty własne. Im niższe są koszty własne danego rodzaju komunikacji tym większy jest jego udział w ogólnych przewozach i odwrotnie. Nie jest to, rzecz jasna, zależność prosta. Komplikuje ją np. stosowanie taryf preferencyjnych lub prohibicyjnych w stosunku do określonego środka komunikacji, szlaku lub zasięgu odległościowego. Niekiedy rozbudowa komunikacji o niższych kosztach jednostkowych jest utrudniona i nadmiernie kosztowna, np. rozbudowa węzłów kolejowych w aglo-

²¹ Jak tani jest przewóz żegluga śródlądowa niech świadczy fakt, że przesyłka 1 tony węgla z Buffalo do Duluth odległego o 2 000 km nie kosztuje więcej niż zniesienie tej samej ilości węgla z ulicy do piwnicy [39].

²² Dotyczy to dróg naturalnych. Kanały, jeśli pozwalają warunki topograficzne i techniczne, są prawie proste. Ich trasowanie różni się od trasowania dróg kołowych tym, że połączenie miejscowości leżącej z boku dokonuje się nie przez odchylenie trasy kanału głównego, lecz przez odgałęzienie w postaci kanału bocznego.

meracjach i konurbacjach miejskich. Wówczas oplaca się przejmowanie przewozów blokujących węzły, nawet jeśli bieżące koszty jednostkowe komunikacji zastępczej (samochodowej) są wyższe. Zagadnienie to wyjaśnia teoria kosztów komparatywnych. Mimo tych i podobnych komplikacji zależność jest na tyle wyraźna (ryc. 18)²³, że pozwala na sformułowanie hipotetyczne twierdzenia, które można by nazwać twierdzeniem o odwróconych proporcjach woluminów i kosztów przewozu różnymi rodzajami komunikacji. Przejawia się ona tym wyraźniej im większa jest masa przewozowa i dostępność porównywanych rodzajów komunikacji oraz im bardziej wyrównany jest ich rozwój (ze względu na sporadyczne występowanie dróg wodnych obserwuje się ją tylko w stosunkach kolej : samochód).

2. ZESPOŁY ELEMENTARNE

Z chaotycznej całości, postrzeganej przy powierzchniowej obserwacji zespołów sieci komunikacyjnych, trzeba w analizie naukowej wyodrębnić przede wszystkim najprostsze, stale powtarzające się stosunki strukturalne. Do stosunków takich należą: przewozy łamane oraz stosunki między nimi a przewozami bezpośrednimi. Są to właściwe dla komunikacji przejawy komplementarności i substytucji. Ich zewnętrzną formą wyrażoną w trwałych urządzeniach sieciowych są stosunki między drogami głównymi (komunikacja tańsza) a drogami bocznymi (komunikacja droższa). Jedna droga główna i jedna droga boczna, wzajemnie połączone, tworzą zespół elementarny najniższego rzędu. We współczesnych zespołach najpowszechniejsze i najwięcej nastroczające problemów są stosunki między kolejami i drogami kołowymi. Warto też zwrócić uwagę na stosunki głównych i bocznych dróg kołowych, nie wyjaśnione jeszcze dostatecznie, a użyteczne w weryfikacji teoretycznego modelu zespołu.

Ustaliwszy stosunki elementarne, należy następnie określić rozwój, zawartą w nich w stanie załączkowym, struktury zespołów. Wyodrębnia się przy tym szereg czynników warunkujących tę strukturę, a tym samym wyjaśniających ją. Wśród nich główną rolę odgrywają: 1. stosunek kosztów różnych rodzajów komunikacji, 2. cykl zespołów i trwałość kierunków, 3. czynnik anizotropii. Obecnie określona zostanie zależność struktury zespołów od stosunku kosztów różnych rodzajów komunikacji.

Według zasady gospodarczości, przewóz łamany jest uzasadniony, o ile jego łączny koszt jest równy lub niższy od kosztu przewozu bezpośredniego. Nieścisłe jednak jest twierdzenie, że w przewozie łamanym, dążąc do minimalizacji jego kosztu, ładunek kieruje się możliwie najdłuższą drogą tańszą i możliwie najkrócej drogą droższą. Wtedy bowiem drogi droższe (boczne) lokalizowałyby się pod kątem prostym względem dróg tańszych (głównych), co nie zawsze odpowiadałoby warunkowi minimum. Jak więc drogi te powinny być zlokalizowane względem siebie?

²³ Rysunek wykreślono na podstawie publikacji: [1], [17], [23], [38], [72], [87], [105].

Rozwiązanie tego zagadnienia opiera się na tzw. prawie załamania komunikacji, będącym trawestacją fizykalnego prawa załamania światła. Gdy za punkt wyjścia przyjmuje się prawo załamania światła w sformułowaniu Fermata, znanym pod nazwą zasady Fermata, analogia formalna jest zupełna. Zasada Fermata stwierdza, że droga optyczna promieni światła jest zawsze ekstremalna, tzn. minimalna, bądź maksymalna, bądź stacjonarna. W przypadku niejednorodnego środowiska, droga optyczna jest równa sumie wszystkich elementarnych dróg optycznych i wyraża się całką

$$l = \int_A^B n ds$$

gdzie n oznacza stały współczynnik załamania, ds — odcinki drogi optycznej tak małe, by na ich długości można było współczynnik załamania uważać za stały, A, B — punkty, między którymi biegnie światło. Warunkiem ekstremum drogi optycznej jest, by wariacja całki równa była zeru, tj.

$$\delta \int_A^B n ds = 0$$

Niech G będzie granicą dwóch środowisk, gęstszego i rzadszego (ryc. 19). Droga optyczna promienia AMB wynosi

$$l = n_1 AM + n_2 MB,$$

gdzie n_1 i n_2 są współczynnikami załamania jednego i drugiego środowiska. Przekształcając to równanie otrzymamy

$$l = n_1 \sqrt{a^2 + x^2} + n_2 \sqrt{b^2 + (c - x)^2}$$

Obliczmy pochodną tej funkcji. Droga osiąga minimum, gdy

$$\frac{dl}{dx} = n_1 \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} - n_2 \frac{c - x}{\sqrt{b^2 + (c - x)^2}} = 0.$$

Ale, jak wynika z rysunku,

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \sin \alpha \quad \text{oraz} \quad \frac{c - x}{\sqrt{b^2 + (c - x)^2}} = \sin \beta.$$

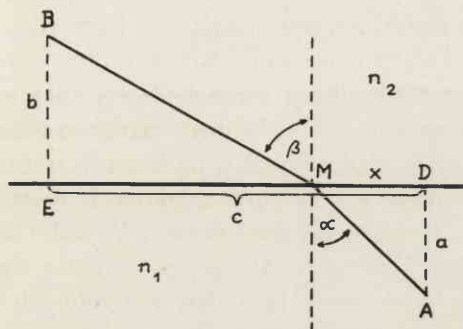
Stąd

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad \text{lub} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}.$$

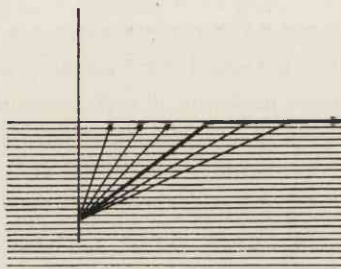
Przejście od prawa załamania światła do prawa załamania komunikacji polega na zmianie przesłanek. Zamiast dwóch środowisk optycznych wprowadza się dwa różne, lecz wewnętrznie jednorodne obszary komunikacyjne oddzielone od siebie linią prostą, zamiast współczynników załamania — całkowite koszty jednostkowe obu komunikacji. Otrzymujemy wtedy, że komunikacja

łamana jest najtańsza, jeśli załamuje się w ten sposób, że sinusy kątów padania i załamania dróg są odwrotnie proporcjonalne do całkowitych kosztów jednostkowych obu komunikacji.

Jednakże w tym wyrażeniu, prawo to wyjaśnia tylko uproszczone stosunki komunikacyjne, mianowicie stosunki między punktami położonymi na płaszczyznach nieodróżnicowanych, wszędzie jednakowo dostępnych. Trzeba to wyrażenie dalej przekształcać, uwypuklając elementy jednowymiarowe, liniowe,



19. Droga optyczna promienia załamanego



20. Kąt graniczny

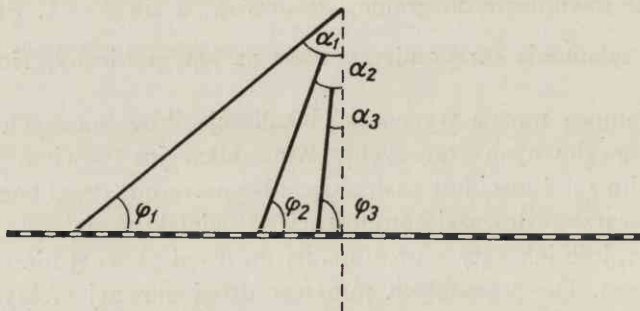
odpowiadające naturze komunikacji. W tym celu trzeba wprowadzić do rozważań pojęcie kąta granicznego. Jest to taki kąt padania, mniejszy od 90° , przy którym kąt załamania jest równy 90° . W takim przypadku promień załamany biegnie równoległe do granicy środowisk, a $\sin \beta = 1$. Stąd, na podstawie prawa załamania otrzymujemy wzór na kąt graniczny, $\sin \alpha = \frac{n_2}{n_1}$.

Za jego pomocą można wyznaczać lokalizację dróg bocznych (droższych) względem dróg głównych (tańszych). Komunikacyjna bowiem interpretacja wyrażonej w nim zależności jest następująca: bezpośrednie drogi boczne z danego punktu na obszarze o droższej komunikacji są najefektywniejszym połączeniem z drogą główną, jeśli ich kąty z prostopadłą do drogi głównej nie są większe od kąta granicznego. Do pozostałych punktów drogi głównej efektywniejsza jest komunikacja łamana, tj. najpierw drogą boczną nachyloną do prostopadłej do drogi głównej pod kątem granicznym, a następnie drogą główną do punktu końcowego (ryc. 20).

Określmy lokalizację dróg kołowych względem kolei, zakładając stosunki komunikacyjne, jakie istnieją przeciętnie na obszarach, które mogą być uważane za typowe. W Europie zachodniej, 1 tkm w przewozach odległych wykonywanych samochodami o dużym tonażu kosztuje (wraz z kosztami dróg), według przybliżonych obliczeń [31], 2—3 centów USA. W kolejnictwie, ekwiwalentny koszt 1 tkm zastępczego waha się około 1,5, a łącznie z oprocentowaniem kapitału około 1,8 centa. Ponieważ komunikacja samochodowa podlega tym samym prawom co każda nowa technologia, można się spodziewać, że w przyszłości będzie obniżać swe koszty szybciej niż komunikacja kolejowa. Autor

zakłada, cum grano salis, że w okresie, dla którego można dziś stawiać prognozy, stosunek kosztów kolejowych do kosztów samochodowych ułoży się, jak $1 : 1\frac{1}{3}$ (1,5 i 2,0 centy).

W Stanach Zjednoczonych, choć może wydawać się paradoksalne, rozpiętość między kosztami kolejowymi i kosztami samochodowymi jest większa. Wynika to zarówno ze stosunkowo większych kosztów komunikacji samochodowej, jak i z taniości komunikacji kolejowej. Koleje USA wykazują daleko posuniętą amortyzację dawnych urządzeń trwałych, a współcześnie wybierają raczej mniej kapitałochłonne kierunki postępu technicznego (unikają np. elektryfikacji); ponadto są one obciążone ruchem o dużym natężeniu. Koszt 1 tkm wynosi średnio 9—10 millów, podczas gdy w komunikacji samochodowej, dla tych samych kategorii przewozów, 3,5—4 centów [72]. Wobec zaawansowanego już rozwoju komunikacji samochodowej względny spadek jej kosztów w przyszłości nie może być duży. Załóżmy, że stosunek kosztów kolejowych do kosztów samochodowych, obniżony do $1 : 3$, okaże się dość trwały. W słabo rozwiniętych gospodarczo krajach — byłych koloniach (Afryka, południowa Azja, Ameryka Południowa), ze względu na niedostatek kapitałów potrzebnych do budowy kolei i nieduże rozmiary przewozów, ważną rolę ma do spełnienia komunikacja samochodowa. Już teraz zresztą osiąga ona dobre wyniki ekonomiczne. W Indii np., 1 tkm kosztuje w komunikacji samochodowej 37—53, a w komunikacji kolejowej 21—39 pajsów [30]; gdyby nie wysokie podatki obciążające komunikację samochodową, stosunek kosztów byłby zapewne taki sam jak



21. Zespół elementarny. Lokalizacja drogi kołowej względem kolei

w Europie zachodniej. Ale na wielkich połaciach tych krajów, zespoły komunikacyjne kolej — samochód należą jeszcze do rzadkości. Bardziej rozpowszechnione i typowe są tradycyjne zespoły lądowowodne oraz takie, w których drogi główne są mniej lub więcej nowoczesne (koleje, szosy), zaś drogi i środki dojazdowe niesłychanie prymitywne (ścieżki, dźwigacze piesi, zwierzęta juczne). Skutkiem tego kontrastu technicznego jest rozpiętość kosztów jednostkowych rzędu $1 : 10$ i większa (nawet jeśli uwzględnimy siłę roboczą).

Oznaczmy stosunek kosztów kolejowych do kosztów samochodowych przez λ , a kąt graniczny drogi kołowej z prostopadłą do kolei przez α . Przyjmując koszty jednostkowe we wskazanej wysokości i podstawiając je do wzoru

na kąt graniczny, otrzymamy dla trzech wymienionych przypadków następujące wyniki:

$$\lambda_1 = \frac{1}{1^{1/3}} \quad \sin \alpha_1 \approx 50^\circ$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{3} \quad \sin \alpha_2 \approx 20^\circ$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{10} \quad \sin \alpha_3 \approx 6^\circ.$$

Geometrycznym obrazem wartości funkcji $\sin \alpha$ jest rycina 21. Widać z niej, jak wraz ze zmianą stosunku kosztów jednostkowych zmienia się nachylenie dróg kołowych względem kolei. Miarą tego nachylenia jest współczynnik kierunkowy dróg kołowych (utworzony na wzór współczynnika kierunkowego prostej), $m = \operatorname{tg} \varphi$. Jego wartość wynosi: $\operatorname{tg} \varphi_1 \approx 40^\circ$, $\operatorname{tg} \varphi_2 \approx 70^\circ$, $\operatorname{tg} \varphi_3 \approx 84^\circ$. Zatem im większą wartość ma stosunek kosztów jednostkowych tym mniejszy jest kąt nachylenia dróg kołowych względem kolei. Gdy rozpiętość kosztów jest bardzo duża, wówczas drogi kołowe dążą do położenia prostopadłego względem kolei. Jest to zrozumiałe; im bowiem kosztowniejszy jest dowóz, tym krótsze powinny być drogi dojazdowe (*caeteris paribus*), tzn. tym bliższe położeniu prostopadłemu.

3. EWOLUCJA ZESPOŁÓW SIECI KOMUNIKACYJNYCH

Obserwowanie ewolucji zespołów sieci komunikacyjnych pozwala dojść do twierdzeń ściśle ogólnych, pomocnych w wyjaśnianiu ich struktury przestrzennej²⁴.

W zakresie lokalizacji względem siebie dróg różnych rodzajów komunikacji dają się zauważyć stałe relacje, które dalej będą nazywane twierdzeniem o paralelizacji. Mianowicie, drogi nowych rodzajów komunikacji, w swej lokalizacji względem dróg starych rodzajów komunikacji, dążą początkowo do położenia prostopadłego, później zaś, poprzez stadia pośrednie, do położenia równoległego (paralelnego). Tak więc koleje, w relacjach do rzek i kanałów, pomyślane były najpierw jako łącznice lub uzupełnienia, przez pewien czas rozwijały się obok nich, a wreszcie zaczęły je zastępować. Taki sam proces rozwija się w relacjach dróg kołowych do kolei. Koleje zmieniły funkcje dróg. Przejęły one przewozy w kierunkach głównych, spychając drogi do roli linii dojazdowych. Zmieniły się w związku z tym trasy inwestycji drogowych²⁵; zmniejszyło się (względnie) inwestowanie kierunków głównych, a wzmogło inwestowanie dróg w kierunkach prostopadłych i promienistych do stacji ko-

²⁴ W tym też wyłącznie kierunku będą zmierzały obserwacje.

²⁵ Dla ewolucji sieci dróg kołowych w Europie w czasach nowożytnych bardziej charakterystyczne niż rozwój kierunków jest doskonalenie wyposażenia technicznego. Dlatego zjawisko paralelizacji wyraźniej zarysowuje się w zmianie tras inwestycji drogowych aniżeli w układzie szlaków, który w formie naturalnej ukształtował się już wcześniej. To samo dotyczy prawa platynacji, które będzie sformułowane w rozdziale IV.

lejujących. Ale gdy rozwój motoryzacji został należycie zaawansowany doszło do skrócenia tras inwestycyjnych w kierunkach równoległych do kolei.

Te zmiany o cyklicznym charakterze są wyrazem zmian w stosunku wzajemnym kosztów własnych współzawodniczących rodzajów komunikacji. Nowe rodzaje komunikacji ponoszą początkowo stosunkowo wyższe koszty; ponadto nie dysponują od razu należycie rozwiniętymi sieciami. Toteż spełniają najpierw funkcje pomocnicze, dojazdowe; drogi zaś dążą do położenia prostopadłego, gdyż wtedy ich długość, a w następstwie również koszt budowy i eksploatacji, osiąga minimum. Stopniowo doskonalili się technologia, spadają koszty własne i nagromadzają się środki inwestycyjne na urządzenia trwałe. Nowe rodzaje komunikacji przejmują funkcje samodzielne i rozprzestrzeniając swój zasięg, opanowują kierunki równoległe, w pierwszym rzędzie kierunki niedostatecznie obsłużone przez stare rodzaje komunikacji lub obciążone różnorodnymi przewozami, wymagającymi komunikacji o zróżnicowanych własnościach (tworzą się wtedy wiązki dróg komunikacyjnych).

Dalszą przyczyną paralelizacji są zmiany stosunku między kosztami przewozu i kosztami przeładunku. Na przestrzeni ostatnich stu lat koszty przewozu wszystkimi rodzajami komunikacji, a w ślad za tym taryfy, obniżyły się bardzo poważnie (tab. 3). Taryfy kolejowe np. są przynajmniej dziesięciokrotnie niższe od opłat przewozowych pobieranych przez transport konny w początkowym okresie rozwoju kolei (w cenach porównywalnych); taryfy wyjątkowe mogą być niższe nawet dwadzieścia i więcej razy. W zakresie przeładunków postęp techniczny przyniósł znaczny wzrost zdolności przeładunkowej urządzeń i skrócenie czasu przeładunku; ale istotnej obniżki kosztów nie spowodował. W rezultacie koszty przeładunku stawały się relatywnie coraz większym obciążeniem procesu przemieszczania mas przewozowych. Współcześnie w komunikacji kolejowej wielu krajów, koszty przeładunku podwyższają koszty przewozu o 50—100%²⁶.

Tab. 3. Obniżka taryf różnych rodzajów komunikacji w latach 1840—1950
(Pf/tkm)

Rodzaj komunikacji	1840	1913	1950
Żegluga śródlądowa (Ren)	4,80	0,41	0,47 ¹
Koleje	14	3,58	6,8 ²
Komunikacja drogowa ³	35	26	11 ²

¹ 1930 r.

² W cenach bieżących

³ 1840 r. konna, 1913r. i 1950 r. samochodowa

Źródło: E. Sax [94], C. Pirath [85], [87]

Taki układ kosztów wywołuje tendencję wzrostu przewozów bezpośrednich, bezprzeładunkowych. Wzmaga ją ubytek wartości towarów nieunikniony w trak-

²⁶ W Stanach Zjednoczonych A. P. o około 190% (w latach 1952—1955). Wynik ten otrzymano przyjmując, że koszt przewozu 1 tonomili wynosi 9—10 millów, średnia odległość przewozu 1 tony 430 mil, a koszt przeładunku 1 tony 7,8 dolara. Liczby wyjściowe według: [72], [32].

cie przeładunków; na przykład wartość węgla zmniejsza się o 8—10% [85]. Przewozy bezpośrednie więc mogą znieść koszty wyższe niż suma kosztów ponoszonych w przewozach łamanych (dowóz i odwóz, przeładunki, przewóz). Rozszerza to ich potencjalny zasięg. Jednocześnie postęp techniczny stwarza po temu środki realizacyjne. Różnicuje on bowiem własności środków komunikacji, co pozwala im na przystosowanie się do zmiennych rozmiarów i wymagań przewozowych różnych grup ładunków i na dokonywanie przewozów bezpośrednich w najwłaściwszym zakresie rzeczowym i przestrzennym. Ten proces przystosowania prowadzi do specjalizacji wraz z jej zaletami. Wszystkie trzy rodzaje komunikacji, zwłaszcza jednak kolejowa i samochodowa wykonują przewozy bezpośrednie, w znacznej części, między tymi samymi, tj. między dużymi i ewentualnie średnimi ośrodkami gospodarczymi. Są to, innymi słowy, przewozy w tych samych kierunkach; wymagają więc dróg paralelnych.

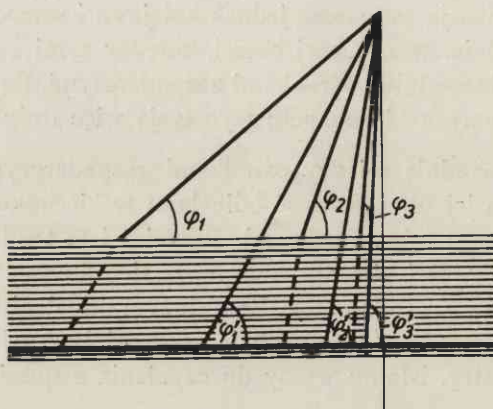
Przewozy bezpośrednie między ośrodkami gospodarczymi położonymi na drodze głównej i na jej uboczu, dość odległymi w kierunku podłużnym, dążą do układu ostrokątnego (oksygonałnego). Również i ta tendencja znajduje odbicie w układzie dróg. Dzięki temu ruch może się odbywać po przeciwprostokątnej zamiast po przyprostokątnych. Przy dużym oddaleniu podłużnym i małym oddaleniu poprzecznym, kąt nachylenia drogi bocznej do drogi głównej może być bardzo ostry. Mamy wtedy do czynienia z quasi paralelizacją.

Pomimo wysokich kosztów przeładunku istnieją rozległe dziedziny przewozów łamanych, gdyż rozpiętość między kosztami przewozu tańszym i droższym środkiem komunikacji bywa tak duża, że korzyści zastosowania środka tańszego równoważą przynajmniej koszty przeładunku²⁷. Ponadto przewozy łamane są techniczną koniecznością, wobec faktu, że sieci dróg tańszej komunikacji są rzadsze i mniej rozgałęzione niż sieci dróg droższej komunikacji. Interesujące jest, jak koszty przeładunku wpływają na położenie dróg dojazdowych (droższa komunikacja), służących przewozom łamany, względem drogi głównej (komunikacja tańsza)? Otóż koszty te powodują odchylenie dróg dojazdowych ku położeniu prostopadłemu względem drogi głównej. Jeśli bowiem zostaną one dodane, wówczas pewna część przewozów łamanych przestaje się opłacać. Zasięg przestrzenny tych przewozów zwęża się w ten sposób, że odpadają przewozy z miejsc peryferyjnych. Pozostają przewozy z miejsc położonych ko-

²⁷ W Stanach Zjednoczonych A. P. [72], w zakresie ładunków masowych najtańsze są przewozy na Wielkich Jeziorach statkami o ładowności 20 000 ton oraz przewozy barkami rzecznyymi. W 1955 r. koszt 1 tonomili wynosił dla statków 0,6125 milla (koszt pełny) i 0,4375 milla (wydatki bieżące), przy wykorzystaniu ładowności w obu kierunkach oraz 1,225 milla i 0,875 milla, przy wykorzystaniu ładowności tylko w jednym kierunku, zaś dla barek, przy niepełnym obciążeniu w kierunku próżnym 2—2,5 milla (koszt pełny). Ekwiwalentne koszty kolei (ceny 1952—1955) ukształtowały się poziomie 4,1 milla (wagon o ładowności 60 000 funtów) i 3,9 milla (wagon o ładowności 70 000 funtów), przy wykorzystaniu wagonów w kierunku zarówno ładownym, jak i próżnym. Nawet więc przy założeniach najkorzystniejszych dla kolei i najmniej korzystnych dla żeglugi śródlądowej, żegluga pozostaje znacznie tańsza.

rzystniej w stosunku do stacji drogi głównej, przy czym położenie jest tym korzystniejsze (a przewozy tym bardziej opłacalne), im bliższe linii prostopadłej do stacji.

Zatem zespoły elementarne wyprowadzone w paragrafie poprzednim jedynie ze stosunku kosztów różnych rodzajów komunikacji, wymagają dwojakich uzupełnień: wprowadzenia dróg paralelnych oraz odchylenia dróg bocznych ku położeniu prostopadłemu względem drogi głównej. Obie tendencje



22. Zespół elementarny. Odchylenie drogi kołowej wskutek kosztów przeładunku

kierunkowe i wywołane przez nie przekształcenia zespołów elementarnych przedstawia ryc. 22 (część górna jak w ryc. 21). Jak wielkie jest odchylenie dróg bocznych, powodowane przez koszty przeładunku, można obliczyć przy pomocy znanego już wzoru na załamanie. Koszty przeładunku bowiem stwarzają jak gdyby nowe środowisko oddzielone nową granicą. Gęstość tego środowiska rośnie w tym samym stosunku co koszty przewozu wskutek przeładunków. Trzeba więc załamać kierunki dróg bocznych dodatkowo, na nowej granicy. Kąt tego załamania zależy od kąta padania dróg kołowych oraz od stosunku kosztów w środowisku zagęszczonym przez koszty przeładunku i w środowisku niezagęszczonym (λ'). Skorygowane nachylenie dróg względem kolei określają kąty $\varphi'_1, \varphi'_2, \varphi'_3$. Z danych o kosztach przeładunku i przewozu kolejną wynika, że: $\lambda'_1 = \frac{1,75}{1}$ (koszty przeładunku zwiększają koszty przewozu

koleją o 50—100%, średnio o 75%), $\lambda'_2 = \frac{1,95}{1}$ (koszty przeładunku dwukrotnego zwiększają koszty przewozu kolejną o 190%, jednorazowego o 95%),

$\lambda'_3 = \frac{1,75}{1}$ (jak w przypadku pierwszym). Kąty załamania wynoszą: $\sin \alpha'_1 \approx 29^\circ$,

$\sin \alpha'_2 \approx 10^\circ$, $\sin \alpha'_3 \approx 3^\circ$. Stąd $\text{tg } \varphi'_1 \approx 61^\circ$, $\text{tg } \varphi'_2 \approx 80^\circ$, $\text{tg } \varphi'_3 \approx 87^\circ$.

Tendencja druga może w przyszłości ulec zmianie pod wpływem nowej technologii mieszanych przewozów kolejowodrogowych. Obecnie rozwijają się cztery nowe formy takich przewozów: 1. przewozy w kontrejlerach (piggyback, Huckepack), tj. w naczepach lub półprzyczepach samochodowych, umieszczonych wraz z ładunkiem na platformach kolejowych, 2. przewozy w wielkich kontenerach z bezdźwigowym przeladunkiem, 3. przewozy z zastosowaniem trejlerów (Strassenroller), na których można przetaczać przez ulice całe wagony, 4. przewozy wagonami dwudrogowymi, tj. przystosowanymi do ruchu po szynach kolejowych i po drogach kołowych.

Eliminując kosztowne przeladunki w punktach styku różnych rodzajów komunikacji, nowa technologia ogromnie podnosi efektywność przewozów mieszanych²⁸, a tym samym rozszerza ich zasięg przestrzenny. Może to wywołać ożywienie ruchu i inwestycji na drogach dojazdowych o dużym nachyleniu²⁹.

Stosunki ważności dróg głównych z jednej, a dróg rozdzielczych i dojazdowych z drugiej strony (reprezentujących różne rodzaje komunikacji), mierzone natężeniem ruchu i wyposażeniem technicznym, rozwijają się także cyklicznie. Można przy tym zauważyć analogię do cyklu skupienia i rozproszenia przemysłu, stwierdzonego przez R. Mauniera [70] oraz do przemian technologicznych uogólnionych przez L. Mumforda [76]. Do epoki kolei i żeglugi parowej, zróżnicowanie ważności w zespołach dróg lądowodnych jest nieduże; przewozy są rozproszone, a wyposażenie techniczne dróg głównych i drugorzędnych niewiele od siebie odbiega, nie osiągając nawet przeważnie, w zakresie dróg kołowych, wzorów stworzonych przez Apiusza Klaudiusza. Postęp zaznaczył się tylko w budowie pojazdów. Kolej i żegluga parowa, z racji swych własności technicznych, struktury kosztów i taryf, powodują koncentrację przewozów w kierunkach głównych, z reguły silnie zainwestowanych. Zróżnicowanie ważności pogłębia się ostro, gdyż jednocześnie kierunki drugorzędne rozwijają się słabo. Zanika niemal zupełnie ruch na małych rzekach. Podupada żegluga na rzekach i kanałach równoległych do kolei³⁰. Z całych sieci dróg wodnych, konkurencji kolei opierają się tylko pojedyncze szlaki główne, dostępne dla dużych barek i statków. Odwrotne zmiany zachodzą w sieci dróg kołowych. Znaczenie tracą właśnie drogi główne³¹. Ale i na drogi dojazdowe, wskutek

²⁸ Dzięki zastosowaniu kontrejlerów, koszt przeladunku 1 tony na stacjach nadania i odbioru, wynoszący średnio w USA 7,8 dolara, obniża się do niecałych 0,6 dolara [32].

²⁹ Innym skutkiem może być częściowa likwidacja bocznic kolejowych w miastach, w pierwszym rzędzie w dzielnicach o zwartej zabudowie.

³⁰ Przewozy Kanałem Erie w obrotach między Buffalą i Nowym Jorkiem spadły z 4,6 mln ton w 1880 r. do 2,385 mln ton w 1906 r.; w tym ostatnim roku stanowiły już tylko 3% [94] przewozów konkurencyjnymi kolejami New York Central System i Erie Railroad Company. Kanał Men—Dunaj został sparaliżowany przez kolej wkrótce po jego wybudowaniu.

³¹ Jeszcze około 1850 r. kilkaset wózków góralskich przechodziło co tydzień przez Jordanów w kierunku Orawy [13], wioząc sól z Wieliczki i Bochni do Węgier. Z powrotem przewożono rudy węgierskie i ze Spiszu dla hut żelaza w Makowie, Sucheju, Żywcu itd. Później przewozy te ustały, nie tyle nawet pod wpływem bezpośredniej konkurencji kolei w zakresie przewozów, co raczej wskutek upadku przemysłu galicyjskiego, który istnienie swe, do czasu rozwoju kolei,

rozbudowy bocznic i kolei lokalnych nie trafia duża część ładunków. W nowoczesnych zespołach komunikacyjnych obserwuje się zahamowanie ruchów skupiających i zapoczątkowanie ruchów rozpraszających. Kolej i rzeki główne, wciąż jeszcze powiększają swój potencjał przewozowy, zwłaszcza w krajach nowych, ale pod względem tempa wzrostu ustępują drogom kołowym, zarówno dojazdowym i rozdzielczym, jak i dalekobieżnym.

Przystosowanie dróg do potrzeb komunikacyjnych dokonuje się przez stopniowanie technicznego wyposażenia dróg tego samego rodzaju oraz przez wprowadzenie dróg różnych rodzajów komunikacji. W ten sposób, w zespołach wzrasta stale ilość dróg rozchodzących się w różnych kierunkach. Powiększa się także ilość tras w pojedynczych kierunkach, jednakże tylko do pewnej granicy, po której przekroczeniu ilość tras może maleć na rzecz jakości. Nowoczesna technika komunikacyjna pozwala na zaniechanie dobudowy dodatkowych torów kolejowych (trzecich, czwartych) na liniach o dużym natężeniu ruchu, a nawet na redukcję torów istniejących. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu dyspozytorskich urządzeń nastawczych (obok elektryfikacji, dieselizacji itd.), podnoszących bardzo wydatnie przelotność kolei. Urządzenia takie są szczególnie efektywne na obszarach niekorzystnych pod względem topograficznym i klimatycznym (pustynie, bagna), gdzie prowadzenie robót budowlanych i utrzymanie personelu jest trudne i kosztowne (np. na kolei Union Pacific w południowej Nevadzie). W komunikacji samochodowej, autostrada, pod względem przelotności, znaczy więcej niż dwie drogi zwykłego typu i, choć jest niezwykle kosztowna (przeciętnie 300 000—500 000 dolarów za 1 km), w najbardziej ruchliwych relacjach międzymiastowych może być opłacalna.

Prawidłowa struktura przestrzenna zespołów historycznych ustalała się w procesie selekcji dróg (kierunków). Drogi prawidłowo zlokalizowane wytrzymywały próbę czasu i zachowywały swe kierunki, mimo zmian w formach komunikacji. Drogi nieprawidłowe, źle zlokalizowane, budowane dla przejściowych potrzeb itd., ulegały degradacji lub likwidacji. Wybitną umiejętność wyznaczania prawidłowych lokalizacji dróg i miast posiadli Rzymianie³². Miasta przez nich założone były tak dobrze usytuowane, że mimo wielokrotnych zniszczeń i pożarów odradzały się na nowo w tym samym miejscu. To samo dotyczy kierunków dróg rzymskich, które bardzo wyraźnie przejawiają się w dzisiejszym układzie komunikacyjnym Europy. Ale i historia wcześniejsza pełna jest wzmianek o drogach, których kierunki przetrwały przez tysiąclecia, Hezjod np. wzmiankuje o drodze Kyllene (Elis) — Arkadia, uczęszczanej regularnie w celach handlowych, Herodot o doskonałej drodze Sardes — Suza, długości 13 500 stadionów

zawdzięczał izolacji od przemysłu na Zachodzie. Budowa kolei alpejskich podkopała byt wielu osiedli górskich, których mieszkańcy trudnili się przeprawą przez Alpy podróżnych i towarów. Osiedla te wyłudniły się, a ci mieszkańcy, którzy pozostali musieli przestawić się na inne zajęcia (przemysł drzewny, usługi dla turystów). Ożywione dawniej szlaki komunikacyjne uległy prawie zapomnieniu.

³² Rzymianie mieli też specjalne mapy dróg. Słynna jest zwłaszcza Tabula Peutingeriana z IV w. n.e.

(337 mil geograficznych), Strabon o drodze Palibothra (dziś Patna) — Indus, długości 20 000 stadionów, a autorowi Ramajany znane były drogi z Ayodhya w głąb Pendżabu i w okolice Allahabadu. Do kierunku głównej drogi państwa Inków, wiodącej z Quito do północnego Chile, nawiązywano w projektach nowoczesnej autostrady i kolei panamerykańskiej. Stary szlak mułów, którym dziś biegnie druga kolej transandyjska (przez góry Boliwii), był również przez Inków uczęszczany.

Wyselekcjonowane kierunki tworzą sieci, których układ jest tym bardziej regularny, im słabiej działały nań przyczyny uboczne. Jaką formę przybiera układ, zależy w dużej mierze od jego genezy i warunków ewolucji. Układ endogeny, w warunkach ewolucji organicznej, jest z reguły trójkątny; w najregularniejszej postaci wykształcił się on w Europie. Układ egzogeny, ukształtowany arbitralnie i obserwowany najczęściej na obszarach kolonizowanych przez Europejczyków, bywa prostokątny (najbardziej konsekwentnie w Ameryce Północnej), lub amorficzny.

Na kształtowanie się kierunków sieci komunikacyjnych korzystnie wpływa stopniowe rozluźnianie się związku pojazdu z drogą. Samochód wykazuje związek luźniejszy niż kolej, samolot luźniejszy niż samochód (zwłaszcza helikopter i samolot startujący pionowo), wodolot (poduszkowiec) luźniejszy niż statek rzeczny (wodolot może wyjść na brzeg dla dokonania czynności ładunkowych oraz kursować na rzekach płytkich i o dużym spadku). Środek komunikacji mniej skrępowany lub nieskrępowany sztywnym torem może poruszać się w kierunkach, zapewniających minimum nakładów na przemieszczanie mas przewozowych. Do urzeczywistnienia tej możliwości w ekstremalnych zespołach sieci komunikacyjnych predestynowany jest socjalistyczny system gospodarki planowej.

Na pytanie, czy wobec zmienności źródeł ruchu, poszukiwanie trwałych zespołów ekstremalnych jest sensowne, odpowiedź powinna być pozytywna. Stwierdzono bowiem dowodnie, że można ustalić takie kształty sieci komunikacyjnej, których parametry zmieniają się tylko nieznacznie pod wpływem zmian w rozmieszczeniu źródeł ruchu. Co więcej, kształty te, w pewnych warunkach, mogą być regularne. Do interesujących wyników w analizie tego zagadnienia doszedł P. Friedrich [104]. Wyznaczył on funkcję, którą można posługiwać się jako kryterium trwałości dostosowania układu sieci do potrzeb komunikacyjnych. Jej postać jest następująca: $x = f(A, N, g, \dots)$, gdzie x oznacza parametr kształtu sieci, A — koszty inwestycyjne, N — koszty trakcyjne, g — ilość przewozów. Trwałość jest tym większa im słabiej parametr x reaguje na zmiany mierników A, N, g .

Trwałość układu jest własnością także zespołów sieci komunikacyjnych, co tym bardziej zdumiewa, że w czasie trwania układu przemijają i zmieniają się rozmaite formy komunikacji. I to zjawisko można wytłumaczyć stosunkiem kosztów różnych współpracujących ze sobą form komunikacji, a ściślej, stałością tego stosunku. Wprawdzie poprzednio wspomniano o cyklicznych zmianach stosunku kosztów, jako o przyczynie zmian lokalizacyjnych dróg względem

siebie (w kierunku paralelizacji). Jeśli jednak stosunek ten rozpatrywać nie w różnych fazach tego samego cyklu, lecz w tych samych fazach następujących po sobie cyklów, mianowicie w fazach ustabilizowanego rozwoju, wówczas jego stałość ujawnia się wyraźnie (mimo zmieniających się bezwzględnych wysokości kosztów). A oto, jak na przestrzeni wieków kształtował się stosunek kosztów przewozu 1 tony na odległość 1 km w komunikacji pomocniczej i podstawowej, na drogach bocznych i głównych:

ścieżki i drogi gruntowe (siła ludzka i siła zwierząt)	1,5 : 1
drogi gruntowe i drogi twarde nieulepszone (przewozy konne)	1,5 : 1
drogi twarde nieulepszone i drogi twarde ulepszone (przewozy samochodowe)	1,3 : 1
drogi twarde ulepszone i linie kolejowe (przewozy samochodowe i kolejowe)	1,3 : 1

Źródło: [94], [66], [10], [31] oraz obliczenia autora.

Spostrzeżenie to ma doniosłe znaczenie dla wyjaśnienia układu dróg kołowych i ich lokalizacji względem linii kolejowych. Tłumaczy ono, dlaczego wzajemne ustosunkowania kierunków dróg bocznych i głównych (różnych szczebli) są zasadniczo jednakowe, w tych samych kategoriach, mimo że powstały w różnych epokach historycznych, w różnych warunkach technicznych i gospodarczych. Ma ono także pewną wartość metodyczną. Trawestując metodę aktualistyczną, wprowadzoną do geologii przez K. Lyella, można stwierdzić, że stałość stosunku kosztów wskazanych form komunikacji pozwala, na podstawie aktualnego stosunku, wnosić o zespołach komunikacyjnych narosłych historycznie. Trzeba jednak uwzględnić niewielki spadek stosunku kosztów, zaznaczający się w komunikacji nowoczesnej. Choć ustalona wartość mierników jest bardzo przybliżona, spadku tego nie można traktować jako przypadkowego, gdyż widoczne są już jego ślady w strukturze zespołów sieci komunikacyjnych (platynacja).

4. ZRÓŻNICOWANIE PRZESTRZENI GEOGRAFICZNEJ I EKONOMICZNEJ

Nie jest celem niniejszego rozdziału omawianie tradycyjnej problematyki związków między środowiskiem geograficznym i ekonomiką z jednej, a komunikacją z drugiej strony. Z rozległego kręgu zagadnień autor wybrał jedno: czy jest możliwe ujęcie wpływu środowiska geograficznego i ekonomiki w teoretycznym zespole sieci komunikacyjnych? Zagadnienie to, w istocie rzeczy, sprowadza się do pytania: jak daleko można posunąć uogólnienie wpływu środowiska geograficznego i ekonomiki na formowanie się i formy zespołów sieci komunikacyjnych?

W zakresie środowiska geograficznego rozwijały się dotychczas dwa rodzaje uogólnień: systematyczne i typologiczne.

W ramach uogólnień systematycznych starano się wyjaśnić wpływ poszczególnych komponentów środowiska (budowa geologiczna, ukształtowanie

powierzchni, wody, klimat, gleby, roślinność i świat zwierzęcy) na rozwój i rozmieszczenie sieci komunikacyjnej, bez względu na to gdzie on występował. Ustalono np. wartość różnych utworów geologicznych, jako podłoża linii komunikacyjnych i materiałów budowlanych, opór jaki stawia komunikacji nachylenie terenu różnych stopni, dopuszczalną nośność statków przy różnych gwarantowanych głębokościach rzek, warunki tworzenia się zasp śnieżnych i piaszczystych, lawin śnieżnych i kamienistych, mgieł, ułatwiający i utrudniający wpływ różnych roślin, siłę zwierząt jucznych i pociągowych itd. Dla badań zespołów sieci komunikacyjnych ważne są różnice w oddziaływaniu tych samych komponentów na poszczególne rodzaje komunikacji.

Uogólnienia typologiczne miały na celu wyróżnienie naturalnych jednostek przestrzennych, znamiennej pod względem wpływu na komunikację. Na tej podstawie przeprowadzono komunikacyjne regionalizacje środowiska geograficznego kontynentów, stref, prowincji itd. Zazwyczaj ograniczano się przy tym do jednego kryterium — morfologii. Zastosowanie drugiego kryterium, np. roślinności prowadziło do nowej regionalizacji (E. Otremba), a więc do dwóch regionalizacji jednocechowych zamiast do jednej regionalizacji dwucechowej. Faktem jest, że zróżnicowanie morfologiczne stanowi niejako przewodnią cechę zróżnicowania krajobrazu, zwłaszcza w granicach tych samych stref klimatycznych. Toteż najnowsze próby typologii krajobrazów i taksonomii jednostek regionalnych w dalszym ciągu wychodzą z podziału środowiska geograficznego na krajobrazy nizin, wyżyn i gór. Pozostałe składniki krajobrazu uwzględniają dopiero przy przejściu do jednostek niższego rzędu, ale w skali mikroregionów zależność lokalnych stosunków klimatycznych, wodnych, biotycznych i glebowych od urzeźbienia terenu, związanego nierozłącznie z charakterem podłoża skalnego, jest jeszcze bardziej ścisła. Również komunikacja wykazuje szczególną wrażliwość na urzeźbienie w związku z trudnościami w pokonywaniu nachyleń terenu. Miarą tej wrażliwości są największe pochylenia i najmniejsze promienie łuków, dopuszczalne w budowie dróg różnych rodzajów komunikacji (tab. 4).

Tab. 4

Rodzaj komunikacji	Największe pochylenia	Najmniejsze promienie łuków w m
1. Koleje		
główne	1 : 40	300
boczne	1 : 25	200
2. Drogi kołowe		
główne	1 : 25	300
boczne	1 : 15	50
3. Drogi wodne	1 : 1200	300

Źródło: C. Pirath [85]

Pochylenie linii kolejowej większe niż 3‰ zmniejsza siłę pociągową lokomotywy o połowę; przy pochyleniu ponad 10‰ , jakie w górach spotyka się nierzadko, spadek siły pociągowej lokomotywy wynosi 90% , a przy pochyleniu 15‰ lokomotywa może poruszać się zaledwie sama (na odcinkach adhezyjnych; koleje zębate i linowe mogą być o wiele bardziej strome). Wraz z pochyleniem rosną koszty użytkowania linii kolejowych. Pokonanie 1 km na odcinku o pochyleniu 20‰ kosztuje tyle, co pokonanie 2 km na równinie [39]. Wrażliwość dróg kołowych na nachylenie terenu jest mniejsza. Toteż przy przejściu przez góry drogi trasuje się inaczej niż koleje. Drogi dochodzą zwykle do końca doliny poprzecznej, a następnie wspinają się do najdogodniejszej przełęczy, albo też zaczynają wspinąć się stopniowo po zboczach już od samego początku pasma górskiego; koleje natomiast dążą do najkrótszych tras poprzez drążenie tuneli. Przejście z nizin do średnich pięter gór i stąd do gór wysokich wymaga często zmiany środków komunikacji. Zmiany te powodują zahamowanie ruchu ładunków i pasażerów, a dzięki temu powstanie osiedli. Na nizinach rozlokowały się ciężkie koleje, autostrady i żeglowne rzeki; na piętrach średnich koleje są rzadsze, rośnie znaczenie dróg kołowych lżejszych typów, żegluga śródlądowa jest uprawiana tylko na skraju i to w sprzyjających warunkach hydrograficznych; w górach wysokich również drogi kołowe należą do wyjątków, wzrasta rola ścieżek uczęszczanych przez zwierzęta juczne i dźwigaczy pieszych, a żegluga o znaczeniu wyłącznie lokalnym ogranicza się do sporadycznie występujących jezior. Im większe jest nasilenie potrzeb przewozowych na liniach przechodzących przez obszary góryste, tym bardziej zacierają się różnice techniczne ich wyposażenia, związane ze wzrostem wysokości względnych i bezwzględnych; rzadko jednak zanikają zupełnie. W przypadku kolei utrzymują się np. w szerokości torów (koleje wąskotorowe w górach), a z reguły w długości pociągów, w typie lokomotyw itd. Wybitnym dziełem sztuki inżynierskiej są koleje andyjskie zbudowane na bardzo dużych wysokościach (w dziele tym zasłużyli się polscy inżynierowie E. Malinowski i W. Folkierski). Kolej Lima-Cerro de Pasco osiąga, w tunelu Galera, 4 840 m npm, kolej Mollendo—Puno, na płaskowyżu Cruzero Alto, 4 470 m npm, kolej Ascotañ—Collahuasi 4 820 m npm, kolej Rio Mulato—Potosi 4 880 m npm.

Na nizinach, siły środowiskowe, przeciwdziałające kształtowaniu się regularnych układów sieci komunikacyjnej, są stosunkowo słabsze. Kraje nizinne i równinne, zwłaszcza otoczone górami lub morzem i górami, oprócz regularności, wykazują takie cechy charakterystyczne jak jednolitość oraz centralizacja w stolicy. Przykładem Francja, Węgry, europejska część ZSRR. Rzeki, zarówno gdy dzielą, jak i gdy łączą, wywołują odkształcenie kierunków, tak głównych jak i drugorzędnych. Dążność dróg lądowych ku ujściom rzek, ku brodom i do lokalizowania się w dolinach rzecznych znajduje wyraz w zmniejszaniu się wartości współczynnika kierunkowego i w paralelizacji. Odkształcający wpływ rzek rośnie na terenach wyżynnych i górskich. Na ogół w górach starych ma on charakter pozytywny (przyciągający komunikację), w górach

młodych negatywny. Rozległe masywy reńskich Gór Łupkowych byłyby uciążliwą przeszkodą komunikacyjną, gdyby Ren nie przecinał ich pośrodku i, oprócz doskonałej drogi wodnej, nie stwarzał warunków topograficznych dla budowy dróg i kolei. Nawet dziś, ruch w dolinie Renu jest wyjątkowo intensywny, ale tuż obok na wzniesieniach — minimalny. W górach młodych, w niezakończonych wąskich dolinach przełomowych nie ma dogodnych tras dla dróg i kolei, istnieje natomiast zagrożenie powodziowe. Dlatego dawniej drogi lądowe omijały takie doliny i kierowały się raczej wzdłuż wododziałów. Dopiero nowoczesna technika udostępniła je masowej komunikacji (np. dolinę górnej Reuss).

Góry nie tylko mają sieć komunikacyjną odmienną od nizin, ale ponadto zróżnicowaną w zależności od typu gór (urzeźbienia, podłoża skalnego). Góry wysokie o zwartej budowie i wielkich dolinach poprzecznych mają inną sieć niż góry o luźnej budowie, podzielone na wiele łańcuchów (Jura), w których doliny podłużne są połączone przez krótkie doliny poprzeczne; jeszcze inna jest sieć w górach zrębowych (bryłowych). W górach zbudowanych z nieprzepuszczalnych utworów krystalicznych sieć formuje się inaczej aniżeli w górach zbudowanych z wapieni i piaskowców, w których wody żłobią wąskie i trudne do przekroczenia doliny. Różnice w sieci drogowej Rudaw i sąsiadujących z nimi piaskowcowych Gór Nadłabskich (Saska Szwajcaria) są tego wymownym przykładem.

W sieci komunikacyjnej gór słabo rozwinięte są drogi boczne (tworzą one jedynie pojedyncze macki w kierunku wzniesień), a wcale nie wykształciły się drogi obwodowe. W częściach gór o łatwych przejściach dochodzi niekiedy do silnego skupienia wielu dróg głównych. W Ameryce Północnej, mimo iż obszarem wypadowym masowej kolonizacji było wybrzeże atlantyckie od Bostonu po Norfolk, główne drogi na zachód, wskutek hamującego wpływu Appalachów, skupiły się na stosunkowo krótkim odcinku między New Yorkiem a Baltimore.

Drogi różnych rodzajów komunikacji powstałe w tych samych regionach fizyczno-geograficznych mogą niejednakowo odkształcać się od układu regularnego. Koleje np. nawet gdy łączą te same punkty końcowe mają z reguły inne trasy i inne punkty pośrednie niż dawne trakty drogowe (tylko niektóre linie wąskotorowe biegną brzegiem dróg kołowych). W takim przypadku miasta pominięte przez koleje, przedtem dobrze prosperujące, podupadają; z drugiej strony małe wioski, znalazłszy się na trasie kolei, urastają do rangi miasta. Koleje mają zwykle lepiej dobrane trasy niż wcześniej wytyczone drogi kołowe. Wskutek bowiem ograniczonych możliwości technicznych starano się dawniej wykorzystać do maksimum dogodności terenu, co nadmiernie komplikowało przebieg dróg. Obecnie, dzięki postępowi technicznemu, możliwe jest prostowanie dróg; czyni się to dla usprawnienia ruchu samochodowego i zmniejszenia strat, jakie pociąga za sobą pokonywanie każdego odkształcenia trasy przez wzrastającą liczbę pojazdów. Prostowanie tras obserwuje się również w kolejnictwie. Przykładem może być kolej Bolonia—Florencja, której

wydłużenie zredukowano między innymi przez drążenie głębszych tuneli. Ogólnie biorąc, im ważniejsza jest droga komunikacyjna (im większe są przezozy), tym bardziej prosta powinna być jej trasa.

O. Blum, oprócz ukształtowania pionowego, uwzględnia ukształtowanie poziome i stara się ustalić typy położenia komunikacyjnego. Rozróżnia on [11]: 1. położenie przyczółkowe (Fenicja, Holandia), 2. położenie pomostowe (Szlezwik, Panama), 3. położenie centralne (basen Saony, okręg Jeziora Czterech Kantonów), 4. położenie nieckowate (Węgry, Mezopotamia), 5. położenie górskie: a. grzbiety (Tyrol), b. gniazda (Abisynia), c. stoki (Chile), 6. położenie arterialne (Egipt, Syberia), 7. położenie nad morzami wewnętrznymi (Imperium Rzymskie, Japonia), 8. położenie wyspowe i półwyspowe.

Choć środowisko geograficzne nie wywiera determinującego wpływu na komunikację, jego typy nie mogą być pominięte przy ustalaniu typowych zespołów sieci komunikacyjnych. Jednakże typologiczne uogólnienia wpływu środowiska, jakkolwiek niezwykle doniosłe w badaniach geograficznych, nie zawsze są wystarczające. W próbach skonstruowania modelu teoretycznego zespołu sieci komunikacyjnych trzeba dążyć do wyższych stopni ogólności. Wydaje się to możliwe do osiągnięcia przy pomocy metod matematycznych. Niestety, do zadowalających rozwiązań jest jeszcze daleko.

W modelach algebraicznych wpływ środowiska może być ujęty przy pomocy odpowiednio dobranych parametrów, wyrażających opór stawiany komunikacji przez środowisko. Ponieważ dążymy do zespołów sieci komunikacyjnych spełniających warunek minimum kosztów budowy i eksploatacji, opór ten winien być wyrażony w kategoriach ocen ekonomicznych. Można się przy tym posłużyć pojęciem długości wirtualnej, sformułowanym przez W. Launhardta [56]. Długość wirtualna danej linii komunikacyjnej o zróżnicowanym profilu oznacza taką długość umownej linii komunikacyjnej prostej i poziomej, że przewóz 1 tony kosztuje tyle, co na linii danej. Niech linia dana równa się 100 km, a przewóz 1 tony na całej długości kosztuje 80 zł. Przy tym samym koszcie, na linii prostej i poziomej można przewieźć 1 tonę na odległość większą, np. 150 km. Stosunek długości wirtualnej do długości rzeczywistej, który w tym przykładzie wynosi 1,5 (150 : 100) nazywa się współczynnikiem wirtualności. Jego to wartości, ustalone doświadczalnie, można by wprowadzić jako parametry do równań, wyrażających strukturę zespołów sieci komunikacyjnych.

Daleko idące uogólnienie modeli geometrycznych wydaje się możliwe przy pomocy metod topologicznych. Na potrzebę zastosowania pojęć topologii w analizie geograficznej zwrócił uwagę K. Dziewoński [29], podkreślając między innymi, topologiczną równoważność przestrzeni geograficznej i przestrzeni ekonomicznej oraz możliwość ich wzajemnej transformacji. Jednakże w zakresie zjawisk komunikacyjnych, które mają charakter liniowy (jednowymiarowy), możliwość ta przedstawia się inaczej aniżeli w zakresie zjawisk powierzchniowych (dwuwymiarowych). Możliwe jest wprawdzie odwzorowanie wzajemnie — jednoznaczne płaszczyzny na prostej, bowiem zbiór wszystkich punktów płaszczyzny jest równej mocy (ma tę samą liczbę kardynalną) ze zbiorem wszystkich punktów

prostej, ale odpowiedniość ta nie jest topologiczna, gdyż nie są zachowane warunki ciągłości. W istocie, figury o różnych wymiarach (homojach) nie mogą być topologicznie równoważne.

Na związek między teorią punktów stacjonarnych, a pojęciami topologii wskazywano już wcześniej. Jest on rozważany, np. przy poszukiwaniu przejść na obszarze górskim. Matematycznie, poszukiwanie to sprowadza się do zadania minimaksymalnego, w którym chodzi o znalezienie minimaksymalnych punktów stacjonarnych funkcji dwóch zmiennych $f(x, y)$. Punkty takie otrzymały nazwę punktów siodłowych a w krajobrazie górskim można je sobie wyobrazić jako przełęcze. W interpretacji komunikacyjnej, rozwiązanie zadania wskazuje trasę, której punkt najwyższy leży możliwie nisko (najniższe maksimum).

Drogi komunikacyjne, z których zbudowane są zespoły sieci, wykazują własności zależne od kierunków. Własności te będą nazywane anizotropowymi, przez analogię do anizotropii fizycznych własności materiałów. Najwyraźniej odmienne są własności dróg komunikacyjnych biegnących w kierunkach głównych i dróg komunikacyjnych biegnących w kierunkach bocznych.

Anizotropia jest cechą zespołów sieci komunikacyjnych nawet na obszarach najmniej zróżnicowanych pod względem fizycznogeograficznym. Główne jej przyczyny tkwią w wymaganiach samej komunikacji, jak również w anizotropii przestrzeni ekonomicznej. Między własnościami anizotropowymi zespołów i przestrzeni ekonomicznej istnieje obustronna zależność. Badanie anizotropii powinno przyczynić się do pogłębienia tezy o jednowymiarowym charakterze komunikacji i skończonej ilości dróg oraz do redukowania w modelach geograficznoekonomicznych upraszczającego założenia, że komunikacja jest dostępna w każdym miejscu.

Niektóre ważne własności anizotropowe przestrzeni ekonomicznej dają się uogólnić w wysokim stopniu. Należy do nich przede wszystkim skupienie produkcji, ludności i osiedli wzdłuż dróg komunikacyjnych, zwłaszcza wzdłuż dróg głównych. Przez skupienie mas przewozowych w kierunkach głównych zmniejsza się ilość przewozów i uzasadnione stają się kosztowne inwestycje drogowe, usprawniające przewozy. Własność tę więc warunkują korzyści dużej skali, zarówno w produkcji, jak i w komunikacji. Na terenach rolniczych o przewozach rozproszonych, koszt 1 tkm i 1 pkm jest dwu, trzykrotnie wyższy niż na terenach przemysłowych o przewozach skupionych, zapewniających intensywne wykorzystanie środków komunikacji. C. Pirath obliczył, że w Wirtembergii rozproszenie przemysłu, przekraczające optimum spowodowało wzrost kosztów przewozów o 10% [85]. Gdy jednak skupienie przewozów przewyższy miarę należyłą, bardzo wydatnie wzrastają koszty trwałych urządzeń komunikacji.

Skupienie produkcji, ludności i osiedli wzdłuż dróg komunikacyjnych różnego rzędu można mierzyć statystycznie, a stwierdzone zależności wyrażać ilościowo. A. Lösch np., dyskutując skupienie miejsc centralnych (funkcji centralnych) przyjmuje, że ich liczba na liniach pierwszorzędnych jest dwa i więcej razy, a na liniach drugorzędnych w przybliżeniu półtora raza większa,

niż na liniach trzeciorzędnych. W. Isard zauważa, że na obszarze, ciągnącym się wzdłuż linii komunikacyjnej, uprawa roli może być bardziej intensywna i strukturalnie odmienna od uprawy na obszarze położonym bliżej osiedli, lecz źle udostępnionym przez komunikację. Odkształcenia sieci osadniczej spowodowane przez komunikację powtarzają się z prawidłowością, którą już dawniej próbowano ująć w schematach teoretycznych (J. Cybulski, K. Lichtenstein i T. Rutti) [27].

W ścisłym związku z niejednakowym zagęszczeniem przestrzeni ekonomicznej pozostaje zróżnicowanie struktury przestrzennej zespołów sieci komunikacyjnych. Dotychczas zwracano uwagę tylko na zróżnicowanie ilości (gęstości) i znaczenia (hierarchii) dróg w zespołach ukształtowanych w odmiennych warunkach geograficznoekonomicznych. Natomiast zmiany kształtów zespołów przy przejściu od przestrzeni równogęstej do przestrzeni anizotropowej nie były badane.

Charakterystyczne są zmiany wywołane przez podniesienie rangi jednego kierunku w zespole sieci komunikacyjnych. Zewnętrznym tego wyrazem jest podniesienie klasy technicznej drogi, biegnącej w tym kierunku.

Udoskonalona droga (niech stanie się ona przez to drogą główną) powoduje reorientację obszarów rynku (obsługi). Obszary te, caeteris paribus, niejako wyciągają się i spłaszczają wzdłuż drogi doskonalszej. Ilustruje to ryc. 23. Zaobserwowaną reorientację można przedstawić za pomocą funkcji metamatycznych. Autor proponuje, by jako matematyczne przybliżenie zmienionego kształtu obszarów rynku, przyjąć funkcję $K = \psi \cos \alpha + c$, gdzie K oznacza kształt obszaru rynku, ψ — współczynnik proporcjonalności, c — wielkość stałą niezależną od kierunku³³. Współczynnik ψ trzeba wyznaczać doświadczalnie. Gdy jego wartość maleje, kształt funkcji spłaszcza się coraz bardziej. To zaś oznacza wzrost rozpiętości kosztów przewozu drogą udoskonaloną i nieudokonaloną. Między wartością współczynnika, a stosunkiem kosztów istnieje więc korelacja ujemna.

Jednakże na drodze udoskonalonej lokalizacja produkcji i osiedli są częstsze i większe. Wskutek tego, odpowiadające im obszary rynku rozszerzają się w kierunku poprzecznym, a zwężają w kierunku podłużnym. Wydłużony kształt pozostaje właściwy dla sieci rynków, rozciągniętej wzdłuż drogi doskonalszej (ryc. 24).

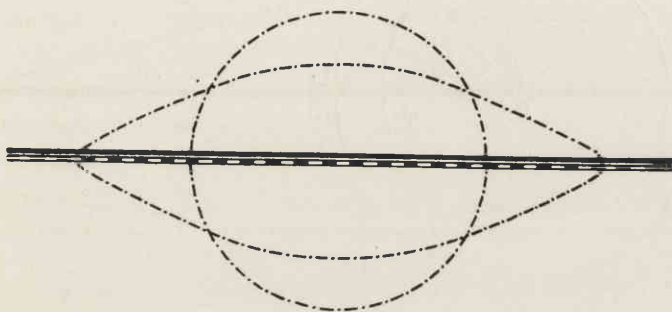
³³ Obszary rynku jako wielkości zmienne dyskutuje szczegółowo W. Isard [43]. Rozważa on przede wszystkim zagadnienie granicy, oddzielającej obszary zaopatrywane przez dwóch producentów. Równanie granicy ma postać następującą:

$$\sigma_{\varrho} + r_{\varrho} s_{\varrho}^{\circ} + \sum_{i=A}^F b_i r_i s_{i\varrho} = \sigma_{\nu} + r_{\nu} s_{\nu}^{\circ} + \sum_{i=A}^F b_i r_i s_{i\nu} \quad (\varrho \neq \nu) \quad (\varrho, \nu = 1, \dots, \eta),$$

gdzie σ_{ϱ} , σ_{ν} oznacza krańcowe koszty produkcji w miejscach P_{ϱ} i P_{ν} , r — stawkę taryfową za jednostkę produktu, s_{ϱ}° , s_{ν}° — odległości z P_{ϱ} i P_{ν} do dowolnego punktu na wspólnej granicy, $A \dots F$ — różne surowce zużywane w produkcji, b_i — stały współczynnik wskazujący liczbę jednostek surowca i zużywanych na jednostkę produktu.

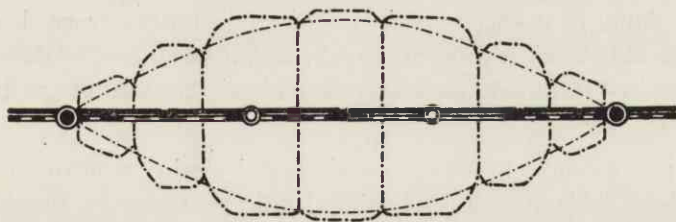
Poczynione spostrzeżenia pozwalają zorientować się ogólnie w kierunkach odkształcenia sieci dróg bocznych, wywołanego przez wyodrębnienie się w zespole dróg głównych i doskonalszych: 1. drogi boczne dojazdowe, łączące z zapleczem gęściej rozmieszczone miejsca produkcji, odchylają się ku położeniu prostopadłemu. 2. drogi boczne obwodowe ulegają spłaszczeniu.

W jakim stopniu odkształcają się drogi boczne dojazdowe, przy zmianie własności kierunków, można ustalić, przyjmując za miernik anizotropii zróżnicowane kierunkowo koszty przewozu. Niewłaściwe wydaje się przy tym przyjęcie zróżnicowania przeciętnego, bowiem na udoskonalonej drodze głównej o skon-



23. Reorientacja obszaru rynku (obsługi) pod wpływem ulepszenia komunikacji

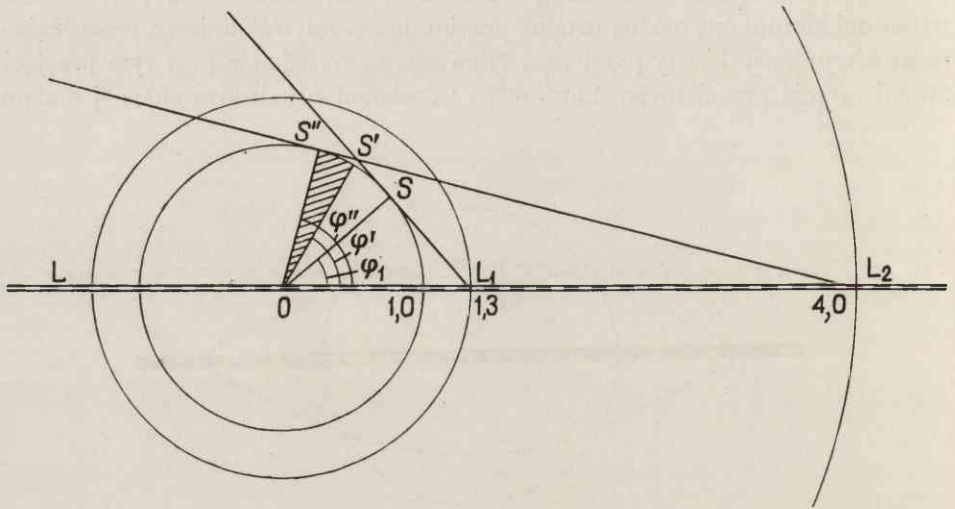
centrowanych przewozach (np. na kolei zelektryfikowanej) koszty jednostkowe są niższe niż przeciętnie na sieci dróg danego rodzaju komunikacji, a na drodze bocznej (np. na brukowanej drodze dojazdowej), przeciwnie. Ustalony więc stosunek kosztów kolejowych i samochodowych $1 : 1\frac{1}{3}$ należy zmienić, pod-



24. Sieć rynków wzdłuż drogi głównej (ulepszonej)

nosząc go w przybliżeniu do $1 : 4$ (po uwzględnieniu kosztów przeładunku). Związaną z tym zmianę lokalizacji drogi bocznej względem drogi głównej uwidacznia ryc. 25. Koło wewnętrzne oznacza obszar homogeniczny pod względem komunikacyjnym. Niech linia LL_2 będzie drogą główną o stosunkowo

niższych kosztach przewozu. Ze środka koła wewnętrznego kreślimy dwa okręgi pomocnicze o promieniach $1\frac{1}{3}$ i $4,0$, tj. odpowiadających ustalonym stosunkom kosztów. Z punktu L_1 i L_2 prowadzimy styczne do okręgu wewnętrznego w punkcie S i S'' , a ze środka promienie OS i OS'' . Promienie te można



25. Odształcenie drogi bocznej w anizotropowym zespole linii komunikacyjnych. Wpływ drogi głównej (ulepszonej)

sobie wyobrazić jako drogi boczne. Nachylenie drogi OS względem drogi głównej LL_2 wynosi w przybliżeniu 40° , a więc tyle co w zespole elementarnym, przedstawionym na ryc. 21. Różnica między nachyleniem drogi OS i drogi OS'' pomniejszona o kąt kosztów przeładunku (SOS') jest poszukiwanym odształceniem drogi bocznej, związanym z czynnikiem anizotropii ($75^\circ - 61^\circ = 14^\circ$).

Bardziej skomplikowane, w porównaniu z pojedynczą drogą, jest określenie odształcenia układu sieci dróg bocznych. Zdaniem autora, właściwą przy tym metodą może być rachunek tensorowy, a analogii warto szukać w krystalografii fizycznej [79].

Weźmy pod uwagę sektor północo-wschodni sieci o układzie prostokątnym. Trzeba znaleźć, jakiemu odształceniu ulegnie prostokąt (w przykładzie kwadrat) w punkcie A , wyobrażającym węzeł komunikacyjny (ryc. 26). Współrzędne punktu A w odniesieniu do ustalonych w przestrzeni osi układu wynoszą (x_1, x_2) . Definiujemy najpierw odształcenie odcinka wskutek przemieszczenia \vec{u} : jest to stosunek przyrostu długości do długości początkowej. W przypadku ogólnym ma ono postać:

$$e = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{du}{dx}$$

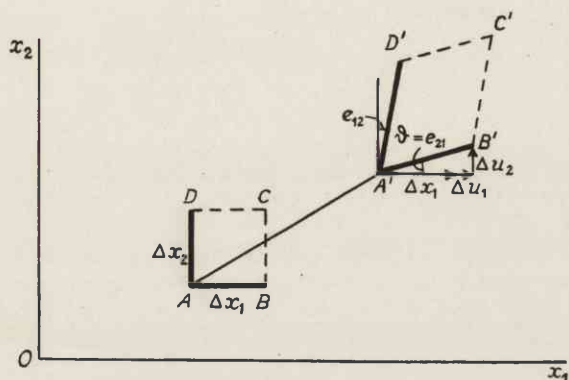
W przestrzeni dwuwymiarowej przemieszczenie \vec{u} dane jest równaniami:

$$\Delta u_1 = \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial u_1}{\partial x_2} \Delta x_2,$$

$$\Delta u_2 = \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \Delta x_2.$$

W skrócie $\Delta u_i = \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \Delta x_j = e_{ij} \Delta x_j$ ($i, j = 1, 2$).

Ponieważ $[\Delta u_i]$ i $[\Delta x_j]$ są wektorami, przeto $[e_{ij}]$ jest tensorem.



26. Odształcenie sieci dróg bocznych (sektor pn.-wsch.)

Rozważmy wektor AB . Kładąc dla niego $\Delta x_2 = 0$, możemy napisać:

$$\Delta u_1 = \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \Delta x_1 = e_{11} \Delta x_1,$$

$$\Delta u_2 = \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \Delta x_1 = e_{21} \Delta x_1.$$

Interpretacja geometryczna wektorów Δu_1 i Δu_2 jest następująca: e_{11} przedstawia wydłużenie wektora AB w kierunku osi Ox_1 (odkształcenie rozciągające).

Jego miarą jest $\lim_{\Delta x_1 \rightarrow 0} \frac{\Delta u_1}{\Delta x_1} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1} = e_{11}$. e_{21} przedstawia obrót wektora AB w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (odkształcenie ścinające).

Jego miarą jest $\text{tg } \vartheta = \frac{\Delta u_2}{\Delta x_1 + \Delta u_1}$. W podobny sposób można wykazać odkształcenie wektora AD (e_{22} , e_{12}).

Jak więc widać, przemieszczenie \vec{u} przekształca kwadratowy układ odcinków $ABCD$ w równoległobok $A'B'C'D'$, zmieniając nie tylko długość odcinków,

ale także kąty zawarte między nimi. Zmniejszenie kąta między odcinkami pogrubionymi jest prawidłowe. Można je tłumaczyć stosunkowo większym zagęszczeniem masy, oczekującej przewozu. Odnosi się tu twierdzenie o wzroście ilości komunikacji wraz ze wzrostem kąta zawartego między kierunkami dróg³⁴.

Liniową zależność między tensorem odkształcenia e_{ij} , a skalarem — masą, oczekującą przewozu Q można by ująć równaniem $\|e_{ij}\| = \|a_{ij}\| \Delta Q$, gdzie tensor a_{ij} jest współczynnikiem, określającym odkształcenie układu dróg bocznych przy wzroście ilości masy przewozowej o jednostkę. Jednakże sens praktyczny może mieć tylko poszukiwanie związków korelacyjnych, a nie funkcyjnych.

³⁴ Twierdzenie to udowodnił Z. Wasiutyński [104].

IV. MODEL ZESPOŁU SIECI KOMUNIKACYJNYCH

Próby teoretycznego i syntetycznego ujęcia zespołu sieci komunikacyjnych powinny mieć na widoku konstrukcję modeli zespołu. Pewne rezultaty na tej drodze może dać adaptacja modeli skonstruowanych dla innych zagadnień. Do takich modeli, oprócz wymienionych już w rozdziale II, można zaliczyć: 1. model komiwożacza, 2. model środka między, 3. model pęku dróg (sieci scentralizowanej). Pierwszy z nich wymaga adaptacji, polegającej na zhierarchizowaniu tras w zespole. W wersji oryginalnej trasy mają jednakową ważność. Trzeba więc najpierw wyznaczyć układ tras głównych, następnie układ tras drugorzędnych, trzeciorzędnych itd. Tak uzupełniony model ma jeszcze istotny mankament: niedostateczną spójność tras. Jego obraz geometryczny przypomina dendryty H. Steinhausa. Zaletą drugiego modelu jest to, że zawiera zmienne proporcjonalne do kosztów, przypadających na jednostkę długości drogi. Nie daje jednak zespołu kompletnego i nie uwzględnia ukształtowanego już ośrodka regionalnego, ani czynników innych niż minimalizacja odległości ekonomicznych, wyznaczających lokalizację takiego ośrodka. Może mieć zastosowanie do małych jednostek terytorialnych, zwłaszcza nowo inwestowanych, gdzie lokalizacja ośrodka jest zmienną decyzyjną. Gdy ośrodek jest znany, kształt sieci scentralizowanej, łączącej go z osiedlami obszaru obsługi, daje model trzeci.

Bliższa analiza wszystkich trzech modeli wykaże potrzebę skonstruowania bardziej adekwatnego modelu zespołu sieci komunikacyjnych. Kontynuując dotychczasowe rozumowanie, autor próbuje sformułować założenia, podstawowe własności i cząstkowe rozwiązania takiego modelu. Jego nazwa, model anizotropowy, uwypukla własności niedostatecznie zbadane, a z punktu widzenia geografii ekonomicznej nader interesujące.

1. MODEL KOMIWOŻACZA

Sformułowanie problemu: komiwożacz wyrusza z danego osiedla typu p i chce odwiedzić wszystkie n osiedla tego typu w regionie (rozumowanie można rozszerzyć przez objęcie osiedli innych typów do najniższych włącznie). Jaka jego trasa³⁵ będzie najkrótsza?

³⁵ Przystosowując model komiwożacza do zagadnień projektowania sieci dróg, dobrze jest wyobrazić sobie, że komiwożacz porusza się własnym samolotem i w każdym osiedlu ma możliwość lądowania.

Ilość tras (działań), jakie można ułożyć [65] pomiędzy n osiedlami, jeśli wyjściowe osiedle jest stałe, wynosi $n - 1!$ Rośnie ona niezwykle szybko z liczbą n , np. $20! = 2\,432\,902\,008\,176\,640\,000$. Toteż wyznaczenie dopuszczalnych tras byłoby zadaniem trudnym, nawet dla maszyn szybko liczących.

Ale w matematyce bywa często tak, że przez skomplikowanie zagadnienia czyni się je dogodniejszym do analizy. Otóż nietrudno wykazać, że zbiór skończony F może być rozszerzony do zbioru nieskończonego F^* a zbiór indeksów przyporządkowanych poszczególnym działaniom — do zbioru nowego, w taki sposób, że rozszerzony problem staje się problemem programowania liniowego, zaś jego rozwiązaniem jest jedno z działań ze zbioru F . Z kolei każdy problem propagowania liniowego może być traktowany jako gra zero-jedynkowa. Rozpatrywany więc problem jest przykładem, jak nieoczekiwane zastosowania może mieć teoria gier.

Sformułowanie programu liniowego przytacza się za H.W. Kuhnem [52]. Niech T_n będzie zbiorem tras, opisanym przez $n \times n$ macierzy permutacji $t = (t_{ij})$. Niech C_n oznacza brzeg wypukły T_n w n^2 — wymiarowej przestrzeni Euklidesowej. Wielościan C_n rozpościera $(n^2 - 3n + 1)$ — wymiarową liniową odmianę wszystkich $x = (x_{ij})$ z $x_{ii} = 0$ i $\sum_j x_{ij} = \sum_i x_{ij} = 1$ dla wszystkich i oraz j . Każda niezerowa macierz $b = (b_{ij})$ określa półprzestrzeń $\sum b_{ij} x_{ij} \geq \beta$, podtrzymującą C_n zgodnie z zasadą: $\beta = \text{minimum } \sum b_{ij} t_{ij}$ dla $t = (t_{ij}) \in T_n$. Wszystkie ściany C_n , tj. jego $(n^2 - 3n)$ — wymiarowe przekroje z podtrzymującą hiperpłaszczyzną, dają nieujemną całką b .

2. MODEL ŚRODKA MIEDZI

Środkiem miedzi sieci telefonicznej [68] nazywa się punkt usytuowania centrali telefonicznej taki, że jej połączenie z szafkami ulicznymi, w których schodzą się przewody od poszczególnych aparatów, wymaga najmniej miedzianego kabla. Zamiast kabli o różnej grubości (zależnej od ilości i grubości żył) możemy podstawić drogi o różnych kosztach budowy (zależnych od ilości pasm ruchu, jakości nawierzchni) i przemieszczania mas przewozowych. Punkt Q jest środkiem miedzi, gdy

$$\phi(Q) = \sum_{i=1}^n c_i r_i = \min,$$

gdzie c_i oznacza liczbę dodatnią proporcjonalną do kosztów jednostki długości kabla, łączącego centralę Q z szafką P_i , a r_i — długość kabla QP_i . Minimum funkcji $\phi(Q)$ można wyznaczyć trzema metodami. Najprostsze jest rozwiązanie przy pomocy analogii dynamicznej, znanej również teorii lokalizacji [82]. Okazuje się przy tym, że funkcja $\phi(Q)$, której minimum szukamy, równa jest potencjałowi danego pola sił. W przypadku, gdy punkty P_i nie leżą wszystkie na linii prostej, co w praktyce jest regułą, $z = \phi(x, y)$ jest powierzchnią wypukłą ku dołowi, skąd wynika, że istnieje dokładnie jedno minimum funkcji $\phi(Q)$. Na wypukłości potencjału opiera się druga metoda wyznaczania

środku miedzi. Polega ona na ograniczaniu wielobokami obszaru, w którym środek miedzi musi się znajdować. Po skończonej liczbie kroków otrzymujemy obszar dość mały, by błąd popełniony przez przyjęcie punktu dowolnego zamiast dokładnego środka miedzi nie miał praktycznie znaczenia. Trzecia metoda sprowadza się do postępowania iteracyjnego z zastosowaniem określonych wzorów.

3. MODEL PĘKU DRÓG (SIECI SCENTRALIZOWANEJ)

Dane są: obszar o określonej powierzchni i granicy, położenie centrum, ku któremu zorientowana jest cała komunikacja, liczba m dróg i ich punktów końcowych R na skraju obszaru, drogi dojazdowe równoległe względem siebie. Trzeba znaleźć kształt (formę) sieci dróg, zapewniający minimum łącznych kosztów komunikacyjnych. Zagadnienie to występuje najczęściej w planowaniu miast, skąd też zaczerpnięto metodę jego rozwiązania, operującą rachunkiem wariacyjnym [34].

Niech $S_h(x)$ oznacza drogi, e_h — granice ich obszarów obsługi ($h = 1, 2, \dots, m$) i m — liczbę dróg. W ujęciu matematycznym zagadnienie polega na tym, żeby spośród wszystkich układów funkcji $S_1, S_2, \dots, S_m, e_1, e_2, \dots, e_m$, wyznaczyć taki układ, który minimalizuje koszty ponoszone przez komunikację w okresie roku (\mathcal{J}).

$$\mathcal{J} = \int f(x, e_h(x), S_h(x), S'_h(x)) dx = \min.$$

Poszukiwanie optymalnego kształtu sieci dróg wygodnie jest rozpocząć od określenia optymalnego przebiegu jednej drogi, chwilowo przy założeniu danego i stałego obszaru obsługi (ciężenia).

Dla h -tego obszaru, roczne nakłady wynoszą:

$$\begin{aligned} \mathcal{J}_h = & A_{uII} + \int_{x=0}^i \{ a_w [\int_{e_{h-1}(x)}^{S_h(x)} q(x, y) (S_h(x) - y) dy + \int_{S_h(x)}^{e_h(x)} q(x, y) (y - S_h(x)) dy] + \\ & + [a_{uI} + a_w \int_{\xi=0}^x (\int_{e_{h-1}(x)}^{e_h(\xi)} q(\xi, y) dy) d\xi] \sqrt{1 + S'_h(x)} \} dx, \end{aligned}$$

zaś dla sumy obszarów cząstkowych $\mathcal{J} = \sum_{h=1}^m \mathcal{J}_h$.

Oznaczenia: A_{uII} — koszty niezależne od ruchu, dotyczące dróg dojazdowych na całym obszarze (zł/rok), a_{uI} — koszty niezależne od ruchu, dotyczące dróg poszukiwanych (nie dojazdowych), przeliczone na jednostkę długości drogi (zł/km w roku), a_w — koszty jednostkowe bezpośrednio zależne od ruchu (zł/tkm), q — gęstość masy przewozowej (t/km² w roku).

W równaniu, obok poszukiwanych funkcji $S_h(x)$, jako niewiadome występują także funkcje $e_h(x)$, które jednak mogą być wyeliminowane. Dają się one wyrazić jako funkcje krzywych $S_h(x)$ i $S_{h+1}(x)$, tj. sąsiednich dróg, oddzielonych w zasięgu swej obsługi krzywą funkcyjną $e_h(x)$.

$$e_h(x) = e_h(S_h, S_{h+1}).$$

Przy założeniu równomiernego rozmieszczenia źródeł ruchu i regularnej struktury sieci dróg, tak wyrażona h -ta granica dwóch przyległych obszarów wynika z równania:

$$e_h(S_h, S_{h+1}) = \frac{1}{2} (S_h(x) + S_{h+1}(x)) + \int_x^i (\sqrt{1 + S_{h+1}'^2(x)} - \sqrt{1 + S_h'^2(x)}) dx.$$

Pochodna wariacyjna całki podstawowej (\mathcal{J}) wyznacza kształt sieci dróg, spełniający warunek minimum kosztów komunikacyjnych. Rozwiązanie zagadnienia dane jest w układzie równań różniczkowych:

$$[f] S_h = \frac{\partial f}{\partial S_h} - \frac{d}{dx} \frac{\partial f}{\partial S_h'} = 0.$$

Z m równań, tj. tylu ile jest dróg, uzyskuje się poszukiwany kształt sieci.

4. MODEL ANIZOTROPOWY

Morfologia (kształt, budowa) anizotropowego zespołu sieci komunikacyjnych jest funkcją hierarchii, lokalizacji względem siebie i wymiarów dróg różnych rodzajów komunikacji, tworzących zespół. Możemy więc napisać:

$$M_z = f(\chi, \varphi, \zeta),$$

gdzie M_z oznacza morfologię zespołu, χ — hierarchię, φ — lokalizację względem siebie, ζ — wymiary dróg w zespole. Miernikami zmiennych zależnych są: obciążenia przewozami (tkm/km), kąty nachylenia, stosunek ilości dróg w węzłach i stosunek długości dróg w zespole.

Niech kryterium optymalności (funkcja wyboru) ma postać:

$$C_{S+E}^A = \sum_{i=1}^n S_i c_i^s + \sum_{i=1}^n \phi_i l_i c_i^e = \min \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Tutaj C_{S+E}^A oznacza ogólny koszt zespołu anizotropowego, składający się z kosztów budowy dróg i kosztów przemieszczania mas (zł), S_i — długość dróg i -tego rodzaju komunikacji (km), c_i^s — koszt jednostkowy budowy dróg i -tego rodzaju komunikacji (zł/km), ϕ_i — masę przewożową w i -tym rodzaju komunikacji (ton), l_i — średnią odległość przewozu w i -tym rodzaju komunikacji (km), c_i^e — koszt jednostkowy przemieszczania mas w i -tym rodzaju komunikacji (zł/tkm). Tym samym zespół anizotropowy powinien spełniać warunek:

$$C_{S+E}^A < C_{S+E}^U,$$

tzn. winien funkcjonować przy kosztach niższych od kosztów zespołu, jaki można skonstruować na podstawie tradycyjnych modeli sieci komunikacyjnej (por. model zespołu uproszczonego). Podział kosztów na koszty budowy dróg i koszty przemieszczania mas podyktowany jest niezgodnym ich oddziaływaniem na morfologię zespołu anizotropowego. Można skonstruować zespół

najoszczędniejszy pod względem kosztów budowy dróg, który jednak nie będzie najoszczędniejszy pod względem kosztów przemieszczania mas i odwrotnie.

Warunki funkcjonowania opisują następujące nierówności i równania:

- (1) $\phi_1^S > \phi_2^S$
- (2) $\varphi \leq 180^\circ$
- (3) $S_1 < S_2, S_1^w \leq S_2^w$
- (4) $c_1^S > c_2^S, c_1^e < c_2^e, c_1^o < c_2^o$
- (5) $\Delta c_S < \Delta c_e$
- (6) $c_1^o : c_2^o = \text{const}$
- (7) $c\varphi < c_2^o \vee c\varphi > c_2^o, c\varphi < c_2^o \supset K, c\varphi > c_2^o \supset S^{36}$
- (8) $\phi_2^\omega = I_2^\omega$
- (9) $G_1 > G_2 < G_1'$.

Oznaczenia: ϕ_1^S, ϕ_2^S — potok ruchu na drodze głównej (pierwszorzędnej) i bocznej (drugorzędnej) (tkm/km), S_1^w, S_2^w — ilość dróg głównych i bocznych w węzle, c_1^o, c_2^o — łączne koszty jednostkowe komunikacji głównej i bocznej (zł/tkm), $\Delta c_S, \Delta c_e$ — przyrost kosztów budowy dróg i przemieszczania mas (zł/km), warunek [7] — koszt jednostkowy przewozów łamanych ($c\varphi$) może być niższy lub wyższy od kosztów bezpośrednich przewozów drogą boczną; jeśli jest niższy to zachodzi komplementarność (K) drogi głównej i bocznej, jeśli jest wyższy — substytucja (S) drogi głównej przez drogę boczną, $\phi_2^\omega, \phi_2^\omega$ — ruch dojazdowy (przewozy na krótkie odległości) i bezpośredni (przewozy na średnie i dalekie odległości) na drogach bocznych (tkm), warunek [9] — gęstość mas przewozowych w sektorze zawartym między dwiema kolejnymi drogami głównymi: $G_1(G_1')$ — gęstość w pasie terenu przylegającym do drogi głównej, G_2 — gęstość w strefie przejściowej obsługiwanej przez drogi boczne.

H i e r a r c h i a d r ó g

Ważność dróg, ich rolę w zespole sieci komunikacyjnych, mierzy się wielkością wykonywanych przewozów. W modelu teoretycznym wchodzi w grę tylko przewozy potencjalne. Do ich określenia może służyć model grawitacji [44]. Jednakże w czystej postaci daje on obraz bardzo uproszczony. Przystosowanie do zagadnień przewozów potencjalnych wymaga wprowadzenia do modelu grawitacji odpowiednich wag.

$$F_{ij} = \psi \frac{d_i(L_i)^\alpha \cdot d_j(L_j)^\beta}{l_{ij}^\gamma},$$

przy czym F_{ij} oznacza siłę przyciągania komunikacyjnego między ośrodkami i oraz j , ψ — stałą proporcjonalność, L_i, L_j — liczby ludności, d_i, d_j — dochody ludności (dla przewozów pasażerskich) lub tonaż produkcji przemysłowej (dla

³⁶ \vee, \supset — symbole alternatywy i implikacji z logiki zdań (symbolika Peano — Russella).

przewozów ładunków) w przeliczeniu na 1 mieszkańca, α , β — wykładniki ruchliwości mieszkańców³⁷ lub przewozowości produkcji przemysłowej, l_{ij} — odległość między ośrodkami i oraz j ³⁸.

Dla ustalenia przewozów potencjalnych na danej drodze należy dodać siły przyciągania komunikacyjnego między n ośrodkami położonymi na jej miejscowym i tranzytowym obszarze obsługi (suma $\frac{n(n-1)}{2}$ działań). Ograniczając odpowiednio obszar obsługi można ustalić przewozy potencjalne kolejnych odcinków drogi.

Zmianę ważności odcinków drogi, w miarę wzrostu odległości od osiedla głównego, lepiej ujmując równanie:

$$\log \phi_i^p = \psi \log l,$$

gdzie ϕ_i^p oznacza potencjalny potok ruchu na i -tej drodze, ψ — współczynnik proporcjonalności, l — odległość w km. D. Neft [77] wyznaczył doświadczalnie wartość współczynnika proporcjonalności dla New Yorku, Londynu i Paryża (ruch pasażerski). Zamykają się one w przedziałach: 3,27—1,64, 3,14—1,26 i 2,84—1,36. Przy takich wartościach, współczynnik korelacji obu zmiennych wyniósł: 0,69, 0,82, i 0,83.

Stosunek ważności dróg różnego rzędu przejawia się praktycznie najczęściej jako stosunek drogi głównej do drogi bocznej. Czy w tym zakresie da się stwierdzić zależności prawidłowe? Autor przeprowadził doświadczenie, polegające na porównaniu wielkości przewozów (w tkm) na drogach głównych i bocznych; porównywał oddzielnie przewozy każdej drogi głównej z sumą przewozów na odgałęziających się od niej drogach bocznych. W regionie doświadczalnym regułą okazała się przewaga drogi głównej. Ponieważ znaczna część przewozów z dróg bocznych nie dociera do drogi głównej lub kończy się w osiedlach stycznych, przewaga drogi głównej ma swą przyczynę w dużej sile własnych i tranzytowych źródeł ruchu (korzyści produkcji i komunikacji w dużej skali). Możemy ją zapisać

$$\phi_1^s > \sum_{j=1}^n \phi_2^s.$$

Gdy doświadczenie, ograniczone początkowo do relacji droga kołowa główna — drogi kołowe boczne, kolej główna — koleje boczne, rozszerzono do relacji kolej — drogi kołowe rozdzielcze i dojazdowe, przewaga drogi głównej (kolei) uwielokrotniła się.

Wskutek zróżnicowania ruchu na drogach głównych na część zależną i niezależną (względnie) od ruchu na drogach bocznych, reakcje wzajemne obu kategorii dróg na zmiany ruchu nie zawsze są natychmiastowe. Ruch na drodze głównej może wzrastać, bez widocznego wzrostu na drogach bocznych. W końcu

³⁷ Wartość wykładnika wzrasta wraz z rozmiarami aglomeracji ludności.

³⁸ W. Mylroie, która badała międzyosiedlowe przewozy pasażerskie, stwierdziła najściślejszą stosunkowo korelację z wynikami obliczeń teoretycznych wtedy, gdy w modelu grawitacji $\alpha = \beta = 1/2$, $\eta = 2$, $d_i = d_j = 1$ [44].

jednak, postępujące naprzód ożywienie drogi głównej wymaga także aktywność przewozową dróg bocznych. Na ogół im dłuższa jest droga główna, tym głębiej przenika jej wpływ wzdłuż dróg bocznych. Zasięg bowiem opłacalnego dowozu wzrasta wraz z długością przewozu na drodze tańszej (głównej). Ożywienie ruchu może też rozpoczynać się od dróg bocznych (regiony rolnicze). Spowodowany tym przyrost ruchu na drodze głównej można ująć w formule:

$$\phi_1^s(t+1) = \phi_1^s(t) + \sum_{j=1}^n \varepsilon_{12_j} \phi_{2_j}^s(t+1),$$

skąd

$$\varepsilon_{12_h} = \frac{\partial \phi_1^s(t+1)}{\partial \phi_{2_h}^s},$$

gdzie t oznacza rok t , $t+1$ — rok następny, ε_{12_j} — zwiększenie ruchu na drodze głównej wskutek przyrostu o jednostkę ruchu na j -tej drodze bocznej, ε_{12_h} — wpływ przyrostu ruchu na h -tej drodze bocznej na zwiększenie ruchu na drodze głównej.

Układ hierarchiczny zespołu jest taki, że drogi niższego rzędu dublują drogi wyższego rzędu w kierunkach ważniejszych i uzupełniają w kierunkach mniej ważnych, zgodnie z zasadą substancji (paralelizacji) i komplementarności. W kierunku najważniejszym (oś zespołu) bieżą, przy założeniu sprzyjających warunków geograficznych, drogi wszystkich rodzajów komunikacji: wodne, kolejowe i kołowe. W kierunkach drugorzędnych bieżą koleje i drogi kołowe główne. Kierunki trzeciego rzędu obsługuje sieć dróg kołowych bocznych. Te ostatnie można by dalej różnicować na drogi rozdzielcze, wicynalne i kapilarne. Postęp sprawności komunikacyjnej wymaga nieraz podwyższenia hierarchiczności zespołu, z drugiej jednak strony tendencje do stworzenia systemu komunikacyjnego, przystosowanego do funkcjonowania w zmiennych warunkach powściągają rosnącą hierarchizację (antynomia)³⁹.

Zespół sieci komunikacyjnych więc tworzy się przez nałożenie na siebie sieci dróg różnych rodzajów komunikacji. Gdyby przestrzeń ekonomiczna była jednorodna lub zagęszczona regularnie, każda sieć z osobna i wszystkie razem spełniałyby warunek minimum kosztów komunikacyjnych przy układzie sześciobocznym foremnym (w rozwinięciu — trójkątnym równobocznym) lub kwadratowym. Ponieważ jednak przestrzeń ekonomiczna jest anizotropowa, optymalne kształty zespołu odchylają się od tych układów. W jakim kierunku?

L o k a l i z a c j a d r ó g w z g l ę d e m s i e b i e

Wskazuje na to cały dotychczasowy wywód, przede wszystkim zaś fakt rozszczepienia procesu komunikacyjnego na komunikację bezpośrednią i komu-

³⁹ Interesujące byłoby stwierdzenie, czy w badaniu drożności zespołu (tzn. czy jest drożny, czy nie), przy różnych stanach masy przewozowej, jak też w badaniu przepływów masy przewozowej, mógłby być przydatny rachunek zdań. Dotychczas znalazł on zastosowanie w rozwiązywaniu podobnego zagadnienia w zakresie sieci elektrycznych.

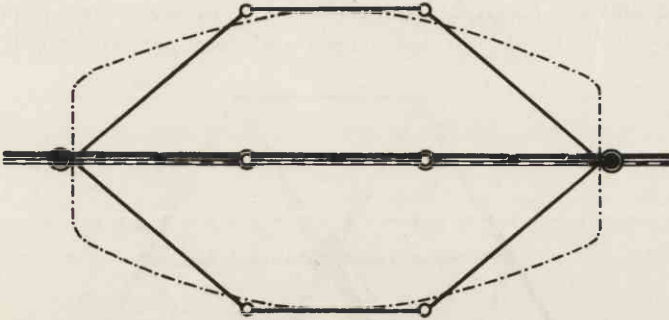
nikację łamaną oraz reorientacja obszarów rynku pod wpływem udoskonalenia komunikacji.

W komunikacji łamanej, odbywającej się na drogach bocznych i głównych, drogi boczne dojazdowe odchylają się ku położeniu prostopadłemu względem dróg głównych. W ten sposób odległości kosztowniejszego ruchu dojazdowego, jak również ruchu kończącego się w osiedlach stykowych, zostają utrzymane w granicach optimum (zgodnie z prawem załamania komunikacji wraz z poprawkami). Komunikacja bezpośrednia znów, dążąc do najkrótszych połączeń, powoduje zaostrenie kątów, a w konsekwencji spłaszczenie regularnego — heksagonalnego i trygonalnego — układu obwodowych dróg bocznych w kierunku drogi głównej. Jednakże, by drogi bezpośrednie były opłacalne, ruch na nich musi być dostatecznie duży. W założeniach przyjęto, że ruch ten równa się co do rozmiarów ruchowi dojazdowemu. W krajach o rozwiniętej motoryzacji stan równowagi został już osiągnięty lub nawet przekroczony (por. tab. 2), a zmiana zakresu pracy kolei i powiększanie się udziału bocznic w obrocie ładunków kolejowych wskazuje, że proces wzrostu bezpośrednich przewozów samochodowych nie jest jeszcze zakończony. Spłaszczenie więc może się jeszcze zaostrić.

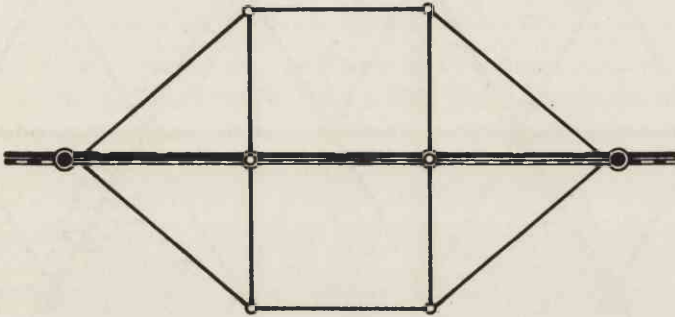
Rozszczepienie procesu komunikacyjnego odbywa się w ramach wyznaczonych przez układ obszarów rynku i ich ośrodków, który sam kształtuje się pod wpływem komunikacji. Szczególny przypadek wzajemnego oddziaływania zachodzi, gdy udoskonalenie komunikacji powoduje reorientację obszarów rynku, a to z kolei wyznacza spłaszczenie układu dróg bocznych wzdłuż drogi głównej. Zdaniem autora, funkcja $K = \psi \cos \alpha + c$, określająca reorientację obszarów rynku mogłaby stanowić także pierwsze przybliżenie matematyczne spłaszczenia układu dróg bocznych. Trzeba by tylko podnieść wartość stałej c i dobrać odpowiednio współczynnik ψ , aby uzyskać wypukłość odpowiadającą rozmieszczeniu ośrodków, a nie przebiegowi granic obszarów rynku. Obrazem geometrycznym byłaby co prawda figura podobna do elipsy, a nie spłaszczony układ heksagonalny, co jednak nie oznacza, że w porównaniu z układem rzeczywistym odchylenia byłyby większe w każdym przypadku. Zresztą z ryc. 27 widać, że różnice między wykresem funkcji $K = \psi \cos \alpha + c$, a spłaszczonym sześciobokiem nie są zbyt duże. (Odcinki proste wiążą osiedla rozmieszczone jak na ryc. 24; $\psi = 1$; $c = 1$ cm).

Trasami dróg bocznych bezpośrednich mogą być linie, dzielące obszar obsługi na podobszar opłacalności komunikacji bezpośredniej i podobszar opłacalności komunikacji łamanej w stosunku do miasta, wymagalnego rządu, położonego na drodze głównej. Dostępność takich dróg dla ruchu z obu podobszarów przyciąga masę przewozową, a w następstwie nakłady inwestycyjne na wyposażenie techniczne. Toteż trasy układu spłaszczonego tworzą zazwyczaj pierwszy, licząc od drogi głównej, dobrze zainteresowany obwód drogowy. Na obszarach rolniczych rozwojowi zainwestowania dróg obwodowych sprzyja efektywność okrężnej komunikacji samochodowej (ryc. 13—16).

Stałe relacje między drogami głównymi i bocznymi, wyrażające się w spłaszczeniu układu dróg bocznych wzdłuż drogi głównej, autor nazwał prawem platynacji⁴⁰.



27. Wykres funkcji $K = \psi \cos \alpha + c$ a układ heksagonalny. Porównanie spłaszczenia



28. Hipotetyczny zespół anizotropowy

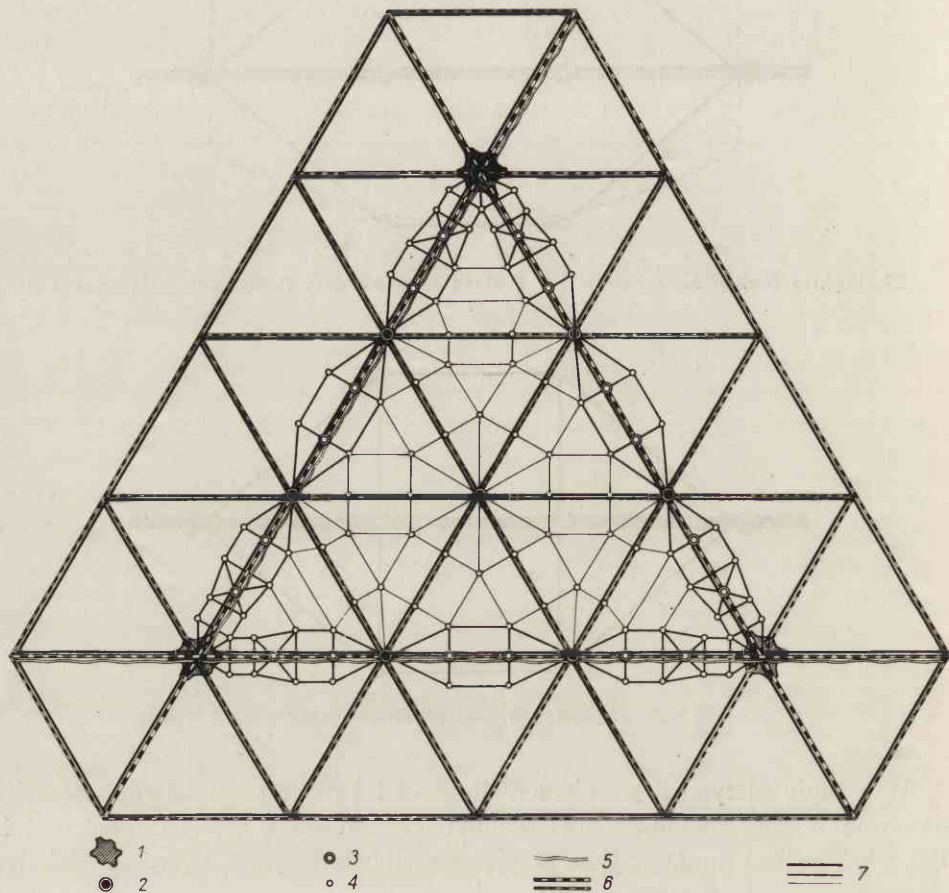
Wyrażenie platynacji w miarach długości i kąta jest ryzykowne. Bardziej sensowne wydaje się ujęcie stwierdzonych zależności w postaci nierówności. Tak więc, jeśli za punkt wyjścia przyjąć sześciobok foremny, wówczas odchylenia modelu anizotropowego można zapisać:

$$\frac{X_a}{Y_a} > \frac{X_h}{Y_h} \quad \begin{array}{l} 60^\circ \leq \varphi_2^x \leq 90^\circ \\ \varphi_2^\omega < 60^\circ \end{array}$$

gdzie X_a , X_h oznacza oś podłużną (drogę główną) w modelu anizotropowym i w sześciobocznym foremnym, Y_a , Y_h — oś poprzeczną w modelu anizotropowym i w sześciobocznym foremnym, φ_2^x , φ_2^ω — nachylenie dróg bocznych: dojazdowej i bezpośredniej (część obwodnicy) względem drogi głównej. Ryc. 28 przedstawia zespół anizotropowy wyprowadzony z warunków obszaru hipotetycznego (ryc. 24).

⁴⁰ Od gr. platýnō spłaszczyć, rozszerzyć.

W miarę oddalania się od drogi głównej wpływ czynników odkształcających słabnie i drogi boczne dążą do układu trójkątnego równobocznego lub kwadratowego. Ponieważ jednak muszą one nawiązywać do dróg pozostających pod wpływem drogi głównej, przeto odkształcenie przenosi się dalej, przybierając formy nieregularne, niekiedy przeciwstawne. Spłaszczenie poprzeczne lub ukośne wiąże się z lokalnymi zagęszczeniami mas przewozowych.



29. Anizotropowy model zespołu sieci komunikacyjnych

1 – węzły I klasy; 2 – węzły II klasy; 3 – węzły III klasy; 4 – węzły IV klasy; 5 – rzeki; 6 – koleje; 7 – drogi

W modelu anizotropowym długość dróg bocznych jest nieco większa niż w modelu równobocznym (licząc wg ryc. 22 i ryc. 29 o ok. 2%). Mimo to model anizotropowy jest bardziej efektywny, gdyż, dzięki lepszemu przystosowaniu do obsługi przeważającej części ruchu skupionego wzdłuż dróg głównych, wymaga mniejszych kosztów na przemieszczanie mas przewozowych. Jest to cecha o podstawowym znaczeniu. Jak bowiem wykazano wcześniej, w toku rozwoju komunikacji maleje udział kosztów dróg, a wzrasta udział kosztów przemieszczania mas.

Wymiary liniowe

Charakterystyczną cechą zespołu anizotropowego, różniącą go od zespołu heksagonalnego foremego, jest stosunek ilości dróg różnych rodzajów komunikacji, zbiegających się w węzłach (drogi wodne, z powodu zbyt nieregularnego występowania, pominięto). Stosunek dróg kołowych (składających się na sieć podstawową przedstawioną w modelu anizotropowym) do linii kolejowych jest stały i wynosi 2, zasadniczo we wszystkich klasach węzłów zespołowych ($12:6 = 12:6 = 4:2 = 2$). Wyjątek stanowią węzły trzeciej klasy, położone w sąsiedztwie węzłów pierwszej klasy, w których liczba dróg kołowych jest trzykrotnie większa. Tyle samo wyniósłby stosunek w pozostałych węzłach trzeciej klasy, gdyby wprowadzić do nich drogi kołowe wycinalne o kierunkach diagonalnych. Ogólnie możemy napisać:

$$\frac{S_2^{wI}}{S_1^{wI}} \approx \frac{S_2^{wII}}{S_1^{wII}} \approx \frac{S_2^{wIII}}{S_1^{wIII}} \approx \text{const.}$$

W zespole heksagonalnym foremnym, stosunek dróg kołowych do linii kolejowych, w węzłach pierwszej i drugiej klasy wynosi 1, co z miejsca budzi zastrzeżenia (niewystarczające zróżnicowanie własności i funkcji różnych rodzajów komunikacji), następnie, w węzłach trzeciej klasy raptownie podnosi się do 3.

Ilość węzłów w każdej klasie jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości. Im większy jest węzeł, tym mniejsza jest liczebność danej klasy, zaś klasy liczebnie duże składają się z węzłów małych.

Stosunek długości dróg różnych rodzajów komunikacji ma zawsze ten sam znak, co stosunek ilości dróg w węzłach, ale odmienną, wyższą wartość. W modelu przedstawionym na rys. 29, drogi kołowe (sieć podstawowa) są dłuższe od linii kolejowych 4 razy. Wprowadzenie dróg wycinalnych i kapilarnych podniosłoby tę wielokrotność do 12—16. Stosunki rzeczywiste w różnych krajach, jak również warunkujące je czynniki, były wielokrotnie komentowane w literaturze geograficznej i komunikacyjnej. Z czynników ściśle ogólnych istotne są stosunki różnych rodzajów komunikacji w zakresie: kosztów przewozu (dróg i przemieszczenia) (λ), przelotności dróg (μ), wykorzystania przelotności (ν). Zależność między nimi, a stosunkiem długości dróg można ująć następująco:

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{1}{\lambda\mu\nu},$$

tzn. stosunek długości dróg kołowych (tylko przystosowanych do ruchu samochodowego) do długości linii kolejowych układu się odwrotnie proporcjonalnie do stosunku kosztów własnych, przelotności dróg i jej wykorzystania.

Gęstość dróg zależy od wielkości niezbędnego i wystarczającego obszaru obsługi każdej drogi. Im mniejszy jest obszar niezbędny i wystarczający, a to z kolei wiąże się ze stopniem zagospodarowania, tym gęściej rozmieszczone są drogi. Gęstość tę można mierzyć, porównywać i oceniać z punktu widzenia

zabezpieczenia potrzeb komunikacyjnych i udostępnienia terytorium, przy pomocy wzoru Engla, uzupełnionego przez Uspienskiego [78] (wzór, oprócz długości dróg S i terytorium A , uwzględnia liczbę ludności L i ilość mas przewozowych ϕ):

$$G_s = \sqrt[3]{\frac{S}{A} \cdot \frac{S}{L} \cdot \frac{S}{\phi}} = \sqrt[3]{\frac{S}{AL\phi}}$$

W obliczaniu rozległości oczek, ściśle zależnej od gęstości sieci dróg, przydatny jest wzór Böttchera [39]:

$$R = \frac{A}{1/2 S} = \frac{2A}{S}$$

Oznacza on, że średnią rozległość oczek otrzymuje się, dzieląc powierzchnię, pomyślaną w kształcie kwadratu, przez pół długości dróg i odkładając jedną połowę jako równoległe poziome, a drugą jako równoległe pionowe.

*

Wyniki dotychczasowej analizy dostarczają wielu elementów potrzebnych do geometrycznego ujęcia anizotropowego zespołu sieci komunikacyjnych; nie dają jednak obrazu pełnego. Elementy brakujące zostały w zarysie rozpoznane, ale jeszcze nie mogą być wyrażone dyskursywnie czyli w twierdzeniach.

W ryc. 29 przyjęto skrajną lokalizację dróg bocznych względem dróg głównych, mianowicie lokalizację pod kątem 90° (wyraża to zmajoryzowanie dróg bocznych przez główne). W ten sposób uzyskano większą regularność sieci dróg kołowych. Sieć ta składa się z trójkątów i prostokątów, łączy więc w sobie zalety obu tych układów (wady zostały zmniejszone przez zastosowanie właściwego układu dróg do właściwego układu potrzeb przewozowych).

W sąsiedztwie wielkich miast, na drogach tak głównych jak i bocznych, wzrasta liczba węzłów trzeciej klasy. W rezultacie drogi boczne są krótsze i gęstsze. Kurczenie się odległości między węzłami jest współzależne ze zmniejszaniem się obszarów rynku i ekscentrycznym przesuwaniem się ich ośrodków w kierunku wielkich miast.

Drogi radialne wszystkich rodzajów komunikacji mają wyższą ważność niż drogi obwodowe. Najwyraźniej zaznacza się to w okolicy wielkiego miasta. Pierwsza droga kołowa obwodowa, nie licząc drogi okalającej strefę brzeżną miasta (dla przerzutów ruchu na różne kierunki), zawierająca w dodatku odcinki niskiej klasy technicznej, biegnie w znacznym od niego oddaleniu (poza środkiem dwusiecznej). Im bowiem większe miasto, tym dłuższy jest promień obszaru bezpośredniej obsługi. Spore kliny powierzchni na zapleczu wielkich miast, bez dróg, ujętych w modelu klas technicznych, oznaczają tereny rekreacyjne.

V. TYPOLOGIA ZESPOŁÓW SIECI KOMUNIKACYJNYCH

Im szerszy jest zasięg związków, które chcemy przedstawić, tym mniej zadowalający jest jeden model i tym bardziej niezbędne jest jego rozwinięcie poprzez wyodrębnienie wielu typów. Pojęcia typologiczne różnią się od zwykłych pojęć klasyfikujących. *Differentia specifica* polega na tym, że pojęcia typologiczne funkcjonują w charakterze wzorca [57]. Z wzorcem porównuje się przedmioty rzeczywiste, by stwierdzić ich podobieństwo do niego. Można je ułożyć w szereg uporządkowany, posługując się odpowiednimi pojęciami porządkującymi (używanymi częściej w sposób intuicyjny niż zdefiniowany).

Rozróżnia się dwa rodzaje typów: idealne (nie powiązane stosunkiem oznaczenia z żadnym przedmiotem) i empiryczne (powiązane stosunkiem oznaczania przynajmniej z jednym przedmiotem). Typy idealne nie są bynajmniej dowolnymi fikcjami pojęciowymi. Komponuje się je z cech rozproszonych wśród przedmiotów rzeczywistych (wyjaskrawionych i zespolonych), z myślą o poznaniu empirycznej rzeczywistości, a dyrektywy logiki, jeśli są przestrzegane, gwarantują ich naukową użyteczność.

Pojęcia typologiczne spełniają trojaki funkcje: terminologiczne, klasyfikacyjne i heurystyczne. Pozwalają one na wykrycie i wyjaśnienie różnic w występowaniu zjawisk konkretnych, czym są zainteresowane nauki idiograficzne, jak również na stwierdzenie prawidłowości w mechanizmie zjawisk, co jest celem nauk nomotetycznych.

W tworzeniu pojęć typologicznych można posługiwać się jedną cechą bądź wieloma cechami badanego przedmiotu. Gdy używamy tylko jednej cechy, która musi być stopniowalna, mówimy o quasi typie, gdy zaś powiększamy ilość cech do n — o typie n -wymiarowym. W tym przypadku niektóre cechy mogą być stopniowalne, inne dychotomiczne, albo też wszystkie mogą być dychotomiczne. Przy wyodrębnianiu typów trzeba się liczyć z dwoma, szczególnie, czynnikami. Są to [57]: 1. punkt widzenia, z którego rozpatruje się badany przedmiot, 2. rodzaj przyjmowanych zależności przyczynowych i genetycznych.

W przypadku zespołów sieci komunikacyjnych, za punkt widzenia przyjęto strukturę przestrzenną określoną trzema cechami: hierarchią dróg, lokalizacją

zacja dróg względem siebie i wymiarami liniowymi. Wśród zależności przyczynowych za istotne uznano zależności struktury przestrzennej od funkcji różnych rodzajów komunikacji, warunków historycznych i warunków geograficznych. Wszystkie te zależności były już rozpatrywane, ale tylko w przejawach najbardziej ogólnych. W dalszym postępowaniu trzeba wziąć pod uwagę przejawy mniej ogólne, układające się w charakterystyczne grupy. Przy tak wielu cechach i zależnościach, typologia zespołów musiałaby być niesłychanie rozbudowana. Zadanie teoretyczne, do którego spełnienia zmierza autor, pozwala jednak na skrócone jej ujęcie.

Model zespołu anizotropowego łączy dwa układy dróg: trójkątny i prostokątny (osiągające optimum w formie trójkątów równobocznych i kwadratów), z których każdy może stanowić osnowę struktury przestrzennej odrębnego typu. Możemy więc wyróżnić: 1. typ zespołu o strukturze trójkątnej oraz 2. typ zespołu o strukturze prostokątnej. Pierwszy kształtuje się w warunkach ewolucji organicznej, na obszarach równinnych, drugi jest z reguły wynikiem kształtowania arbitralnego na obszarach tak równinnych jak i górzystych, o ile doliny podłużne są połączone przez doliny poprzeczne.

Konkretyzując częściowo oba wymienione typy, możemy wyróżnić w ich ramach cztery następujące podtypy.

1. Podtyp odotropowy⁴¹, zwrócony ku drodze głównej. Tworzy się na obszarach wybrzeżnych, pomostowych, nowo zagospodarowanych, a także wysoko uprzemysłowionych, jeśli arteria główna (np. żeglowna rzeka) ma szczególnie dogodny kierunek i własności technicznoekonomiczne. Na drodze głównej skupiają się ważniejsze ośrodki życia gospodarczego i (lub) tranzyt. Z prostą hierarchią połączone jest największe zróżnicowanie ważności dróg bocznych i głównej. W układzie dróg bocznych przeważają drogi dojazdowe prostopadłe lub ukośne, natomiast drogi owalne występują sporadycznie (w zespołach dużej skali) lub nie występują wcale. Wskutek rozrzedzenia dróg bocznych, stosunek ich długości do długości drogi głównej jest niski.

2. Podtyp egzotropowy⁴², zwrócony na zewnątrz. Jego głównym węzłem jest zwykle duży port morski, zbierający drogi z zaplecza, którego gospodarka nastawiona jest na szeroką wymianę handlową z zagranicą. Z czasem port taki może rozrósć się do wielkiej aglomeracji miejskiej i przemysłowej i stać się, sam w sobie, ważnym celem komunikacji z zaplecza. Podtyp ten reprezentują zespoły o niezbyt złożonej hierarchii, lecz dużej różnicy w przewozach i wyposażeniu technicznym dróg głównych i bocznych. W strukturze przestrzennej dominują drogi radialne skupione w węźle głównym. Sieć dróg bocznych łączy się z nimi w układzie dendrytycznym, albo jest także radialna. Niewykształcona najczęściej w pełni sprawia, że stosunek długości dróg bocznych i dróg głównych jest niewysoki.

⁴¹ Od gr. *ōdōs* droga i *trópos* zwrot, obrócenie.

⁴² Od gr. *éksō* na zewnątrz i *trópos* zwrot, obrócenie.

3. Podtyp policentryczny. Kształtuje się na obszarach górnictwoprzemysłowych o grupowym układzie osadniczym i rolnictwoprzemysłowych o względnie zrównoważonej sieci ośrodków centralnych. Orzeka się go o zespołach o dość złożonej hierarchii, ale umiarkowanej różnicy w ważności dróg. Każdy ośrodek jest węzłem dróg radialnych głównych i bocznych. Układ dróg bocznych jest pełny i stosunkowo najbardziej regularny. Jeśli ośrodki są przestrzennie zwarte, w układzie kierunkowym i w hierarchii zaznacza się dominowanie dróg bezpośrednich. Pełne wykształcenie sieci dróg bocznych podnosi stosunek jej długości do długości dróg głównych.

4. Podtyp monocentryczny. Formuje się w warunkach silnej centralizacji politycznoadministracyjnej lub gospodarczo przestrzennej. Charakteryzuje go najbardziej złożona hierarchia i wielkie zróżnicowanie ważności dróg. Zmajoryzowaniu życia społeczno-gospodarczego przez jeden ośrodek odpowiada dominowanie dróg radialnych. Drogi te przyporządkowują sobie układ dróg bocznych, odkształcając go w ten sposób, że z odcinków zewnętrznych dróg owalnych tworzą się nowe drogi radialne. Następuje jak gdyby polaryzacja układu dróg bocznych, równocześnie bowiem wyjaskrawia się dojazdowy charakter drugiej części dróg bocznych. Nowe linie radialne wydłużają sieć dróg bocznych, dzięki czemu, w podtypie monocentrycznym, nie tylko ilość dróg w węzle, ale i stosunek długości dróg bocznych i dróg głównych, osiąga najwyższą wartość.

W kolejnych podtypach następuje stopniowo komplikacja układu hierarchicznego i wzrost stosunku długości dróg bocznych do długości dróg głównych. Układ przestrzenny dróg bocznych względem dróg głównych rozwija się od pojedynczych dróg dojazdowych o kierunku prostym i ukośnym, przez połączenia dendrytyczne, do układu pełnego, który w końcu ulega odkształceniu przez wyodrębnienie się, z dróg bocznych, nowych dróg bezpośrednich urastających z czasem do rangi dróg głównych; rozwój ten przebiega zgodnie z twierdzeniem o paralelizacji.

Pojęciami typologicznymi niższych rzędów są: klasy zespołów, rodzaje zespołów i odmiany zespołów. Dochodzi się do nich przez dalsze stopniowanie rozwoju i różnicowanie warunków przestrzennych zespołów. To ostatnie polega nie tylko na wyróżnieniu jednostek typologicznych środowiska geograficznego (przedstawionych w rozdziale III § 4) i zagospodarowania przestrzennego, lecz także na uwzględnieniu skali przestrzennej zespołów. Stopniowanie tej cechy zespołów pozwala wyróżnić: zespoły elementarne, zespoły regionalne: mikrozespoły, mezozespoły i makrozespoły, zespoły prowincjonalne, zespoły krajowe, zespoły strefowe i zespoły kontynentalne.

W typologii zespołów, uwzględniającej historyczne warunki ich rozwoju, szczególne miejsce zajmują zespoły konwergencyjne. Orzeka się je o zespołach danego typu (podtypu, klasy itd.), które wykazują cechy innego typu, nabyte w toku przystosowania się do zmienionych warunków środowiskowych, głównie ekonomicznych. Często jest zwłaszcza wprowadzanie dróg przekątniowych do

układu prostokątnego, co upodabnia go do układu trójkątnego. Zachodzi to między innymi, przy przejściu od pasmowego do powierzchniowego zagospodarowania obszarów; towarzyszy temu rozwój ośrodków centralnych, a więc i dośrodkowego układu komunikacyjnego.

Orzekanie pojęć typologicznych o zespołach rzeczywistych ogranicza się do indywidualów, które wykazują wystarczające podobieństwo do wzorców. Nawet przy bardzo rozbudowanej typologii, pewna ilość zespołów rzeczywistych nie wykazuje wymaganego minimum podobieństwa (trudnego zresztą do wyznaczenia w sposób ostry). Zespoły takie nazywa się endemicznymi.

VI. WERYFIKACJA

Rozdział ten nie pretenduje do wyczerpującej weryfikacji modelu anizotropowego ani wyróżnionych typów i podtypów. Spełni on swe zadanie, jeśli przez weryfikację częściową wykaże, iż mimo różnorodnych zakłóceń, ogólne cechy zespołu teoretycznego urzeczywistniają się i dalsze prace w tym zakresie są celowe.

Zastosowana procedura weryfikacji obejmuje dwa stadia: weryfikację geograficzną i weryfikację statystyczną.

Weryfikacja geograficzna polega na określeniu stref komunikacyjnych, w których zespoły wykazują podobieństwo do tego lub innego typu lub podtypu. Przeprowadzona w węższym podziale regionalnym, byłaby właściwie identyfikacją zespołów rzeczywistych, które należałoby poddać dalszemu badaniu, metodami kartograficznymi lub statystycznymi, pod względem stopnia zgodności z wzorcem teoretycznym. Identyfikacja dróg w zespołach wymagałaby danych o każdej drodze. Zebranie takich danych nie jest (praktycznie) możliwe ani konieczne. Można przyjąć, że mapy zgeneralizowane w wysokim stopniu, nie zawierają przypadkowych składników sieci komunikacyjnych (eliminują je)⁴³, a takimi właśnie mapami wypadło się posługiwać, wobec niedostępności map szczegółowych dla większości państw świata i nieporównywalności tych map, które są dostępne (różne kryteria klasyfikowania dróg na zamieszczone i pominięte). Największą stosunkowo jednolitość w ujęciu sieci komunikacyjnej w poszczególnych państwach wykazują atlasy. Niestety, nie ma aktualnych i dostatecznie szczegółowych atlasów komunikacyjnych świata (wszystkich trzech rodzajów komunikacji), trzeba więc było sięgnąć do atlasów ogólnogeograficznych, wybierając — oczywiście — największe i najnowsze, jak np. *The Times Atlas of the World* [101] i *Atlas Mira* [2]. Pomocne okazały się przeglądowe mapy komunikacyjne kontynentów, ciekawie i starannie opracowane przez G. Köhlera, G. Sendlera i Ch. Claussa [50] oraz narodowe atlasy komunikacyjne.

Stwierdzono już, że w najbardziej typowej postaci, zespoły sieci komunikacyjnych o strukturze trójkątnej wykształciły się w Europie, a zespoły o struk-

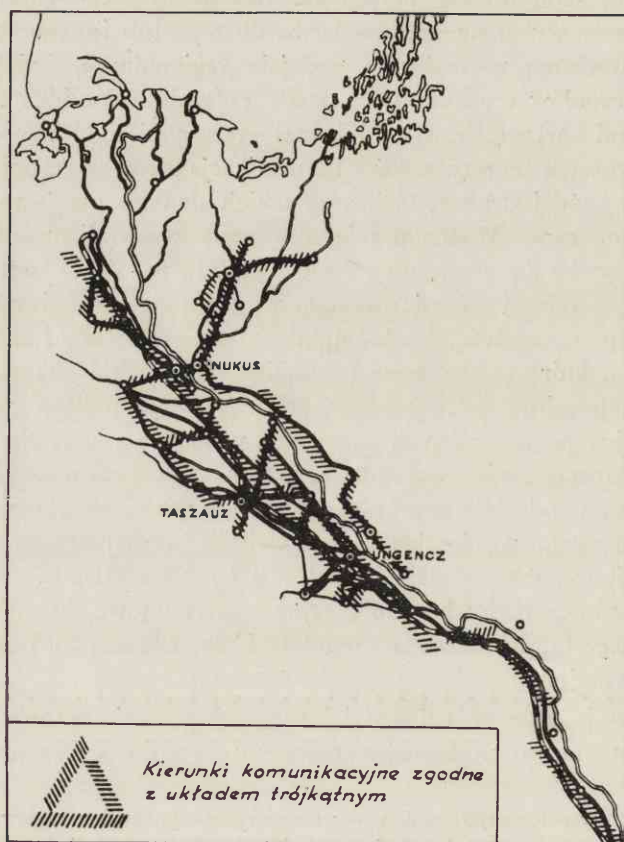
⁴³ W zespołach współczesnych znajdujemy często relikty dawnych zespołów. Ich pierwotne funkcje zamarły; są więc martwymi szczątkami, bądź też pełnią inną funkcję, np. dawne kanały żeglowne służą jako szlaki turystyczne.

turze prostokątnej w Ameryce Północnej (zdumiewającą regularność wykazuje sieć dróg kołowych). Podział pozostałych kontynentów jest mniej ostry. Na ogół dla Azji kontynentalnej charakterystyczny jest typ trójkątny, a dla Azji wyspiarskiej — typ prostokątny, uwarunkowany, między innymi, przez ukształtowanie poziome i pionowe wysp. W Afryce i Australii rozwinęły się oba typy z przewagą typu trójkątnego; podobnie w Ameryce Południowej. Na trzech ostatnich kontynentach formowanie się zespołów sieci komunikacyjnych jest, po większej części, dopiero zapoczątkowane; może ono pójść w kierunku zarówno prostokątnego, jak i przede wszystkim układu trójkątnego, pod wpływem konsolidacji gospodarki narodowej i jej struktury przestrzennej.

W jakich strefach najliczniej reprezentowane są poszczególne podtypy zespołów?

1. Podtyp odotropowy

A. Klasa zespołów o układzie trójkątnym (w zespołach zapoczątkowanych — amorficznym): Azja Środkowa, doliny rzek Azji południowo-wschodniej i niektórych rzek Europy, dolina Nilu. Przykłady: zespół Amu-darii, zespół oren-



30. Zespół odotropowy trójkątny

burskotaszkencki, zespół karagandzki, zespół turkiestańskosyberyjski, zespoły, których osią jest kolej transsyberyjska i południowsyberyjska, zespół tzw. drogi jedwabniczej, zespół tzw. drogi kałgańskiej, zespół Jangcy-ciang, zespół Gangesu, zespół Renu, zespół Rodanu, zespół Kair-Asuan (ryc. 30).

B. Klasa zespołów o układzie prostokątnym: wybrzeża i Wielkie Równiny Ameryki Północnej, zachodnie wybrzeża Ameryki Południowej, Azja wyspiarska, wschodnie wybrzeża Półwyspu Apenińskiego i Skandynawskiego. Przykłady: zespół Mobile-Tallahassee, zespół Jacksonville-Miami, zespół drogi Św. Wawrzyńca, zespół Toronto-Kingston, zespół Winnipeg-Regina-Lethbridge, zespół Kansas City-Denver, zespół Antofagasta-Coquimbo, zespół Santiago-Concepción, zespół Djakarta-Semarang-Surabaja, zespół Surabaja-Djakakarta, zespół Djokjakarta-Sukabumi, zespół Sendai-Hacinoe, zespół Niigata-Akita, zespół Kumamoto-Kagosima, zespół Rimini-Ankona-Pescara-Termoli, zespół Tarent-Corigliano, zespół Crotone-Reggio di Calabria, zespół Umeå-Boden-Haparanda (ryc. 31).

2. Podtyp egzotropowy

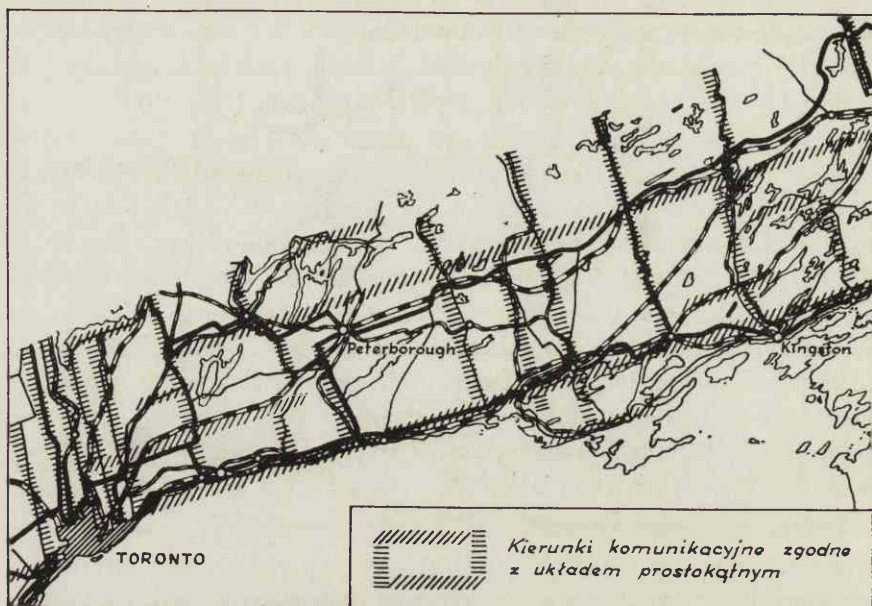
A. Klasa zespołów o układzie trójkątnym (lub radialnym): strefy obsługi portów morskich Europy (zespoły w strefach największych portów mogą przybierać, w pojedynczych przypadkach, kształty quasi monocentryczne), południowej i północnej Afryki, południowo-wschodniej Azji, południowo-wschodniej Australii, krajów La Platy i Brazylii. Przykłady: zespół Londynu, zespół Hamburga, zespół Szczecina, zespół Gdańska, zespół Leningradu, zespół Kapsztadu, zespół Port Elizabeth, zespół Tunisu, zespół Bombaju, zespół Kalkuty, zespół Kantonu, zespół Szanghaju, zespół Melbourne, zespół Sydney, zespół Buenos Aires, zespół Montevideo, zespół São Paulo, zespół Rio de Janeiro (ryc. 32).

B. Klasa zespołów o układzie prostokątnym: strefy obsługi portów morskich Ameryki Północnej (zwłaszcza średnich i małych)⁴⁴, Australii Zachodniej, Górnej i Dolnej Gwinei (zespoły zapoczątkowane z jednym kierunkiem głównym). Przykłady: zespół Nowego Orleanu, zespół Corpus Christi, zespół Pensacola, zespół Tamy, zespół Portlandu, zespół Quebec, zespół Seattle, zespół Perth, zespół Konakry-Kankan, zespół Matadi-Leopoldville, zespół Luanda-Malanże (ryc. 33).

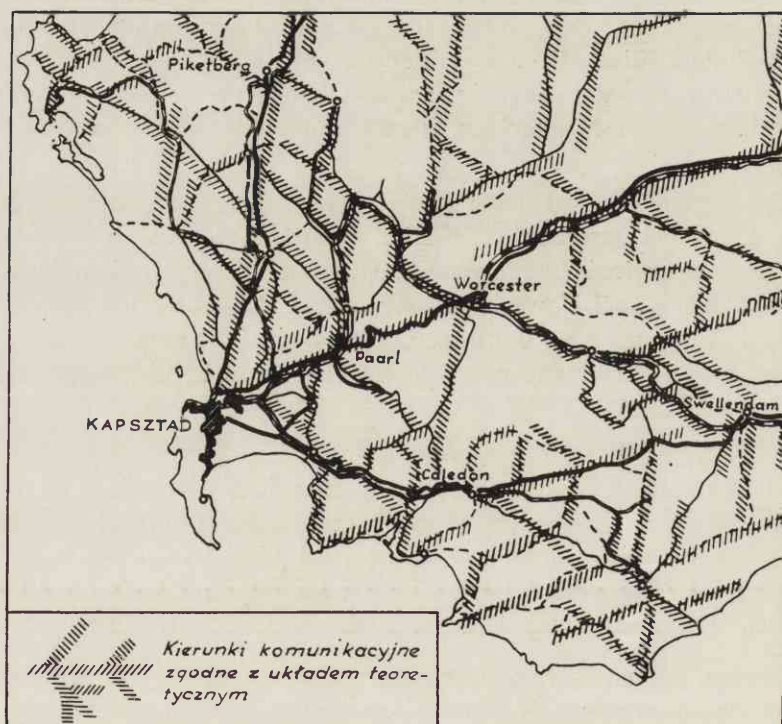
3. Podtyp policentryczny

A. Klasa zespołów o układzie trójkątnym: kraje europejskie o silnym rozdrobnieniu w okresie feudalizmu (zwłaszcza Niemcy), utwalonym w sieci dróg i węzłów kołowych, do których nawiązywał późniejszy rozwój kolei i przemysłu; okręgi górniczo-przemysłowe Europy; sporadycznie w Azji południowo-wschodniej. Przykłady: zespół Leeds-Bradford-Halifax-Huddersfield, zespół

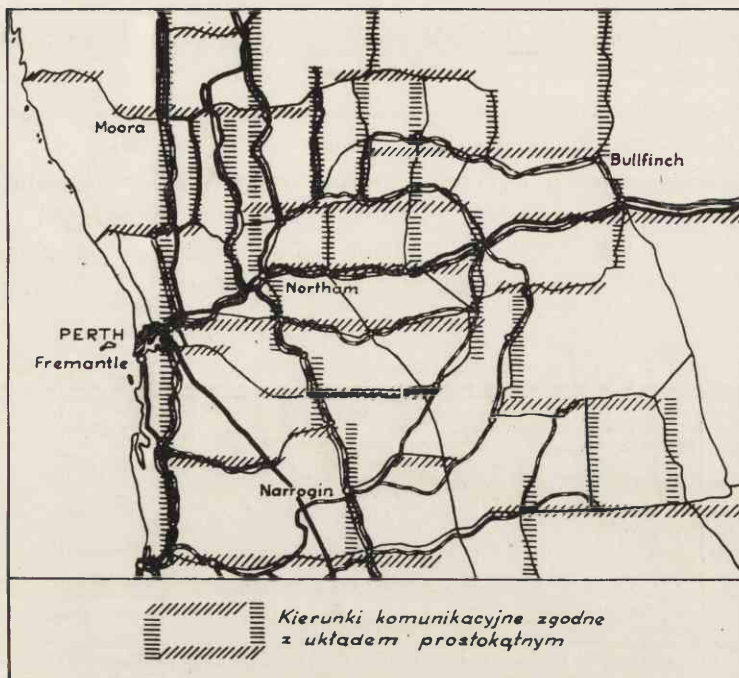
⁴⁴ W strefach obsługi miast metropolitalnych zespoły prostokątne, tak egzotropowe jak i monocentryczne, przekształcają się w zespoły konwergencyjne. Jest to cecha różniąca zespoły egzotropowe i monocentryczne prostokątne od zespołów egzotropowych i monocentrycznych trójkątnych, które najbardziej charakterystyczne formy przybierają właśnie w dużej skali.



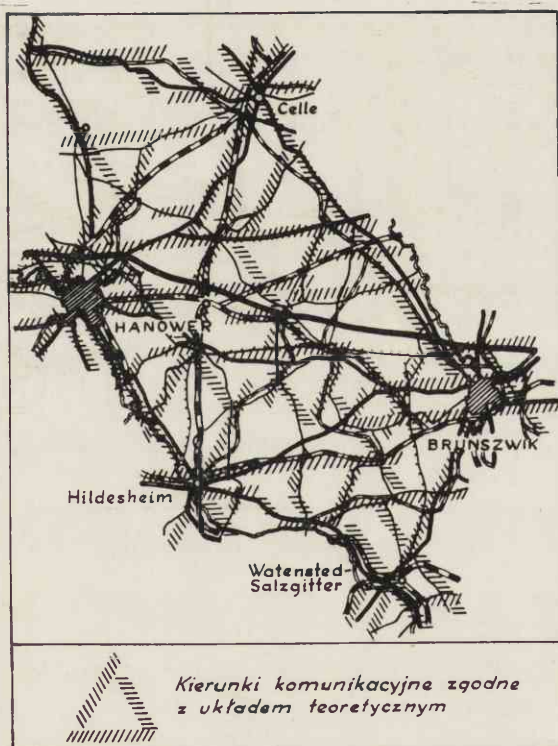
31. Zespół odotropowy prostokątny



32. Zespół egzotropowy trójkątny



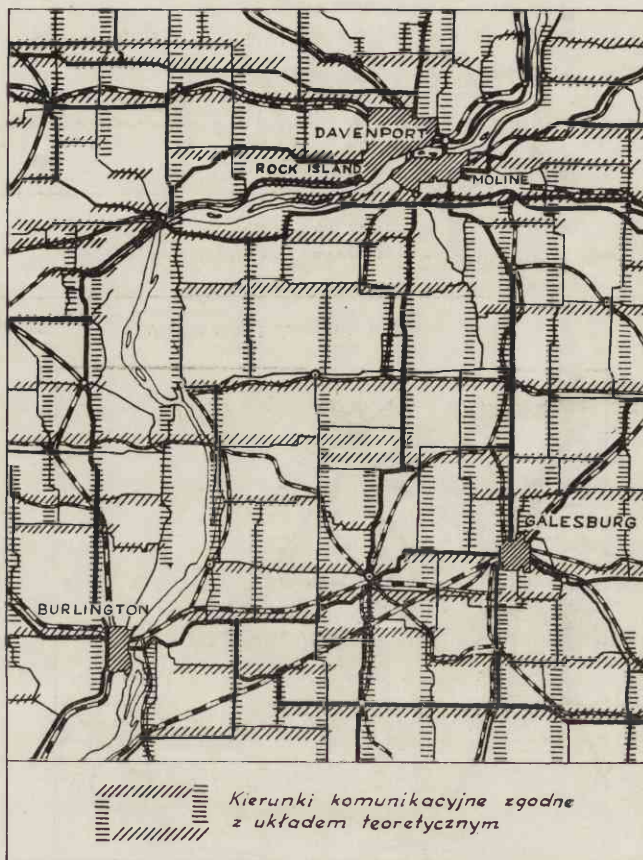
33. Zespół egzotropowy prostokątny



34. Zespół policentryczny trójkątny

Dortmund-Essen-Duisburg-Düsseldorf-Wuppertal, zespół Brunzwik-Salzgitter-Hildesheim-Hanower-Celle, zespół Lüneburg-Uelzen-Dannenberg, zespół Elsterwerda-Grossenhain-Riesa, zespół Bydgoszcz-Toruń, zespół górnośląski, zespół doniecki, zespół Mukden-Czangczun-Harbin (ryc. 34).

B. Klasa zespołów o układzie prostokątnym: Wielkie Równiny, basen Wielkich Jezior i wschodnie okręgi górnictwo-przemysłowe Ameryki Północnej. Przykłady: zespół Davenport-Rock Island-Galesburg-Burlington, zespół Cedar Rapids-Iowa City-Davenport-Clinton, zespół Rochester-Austin-Albert Lea-

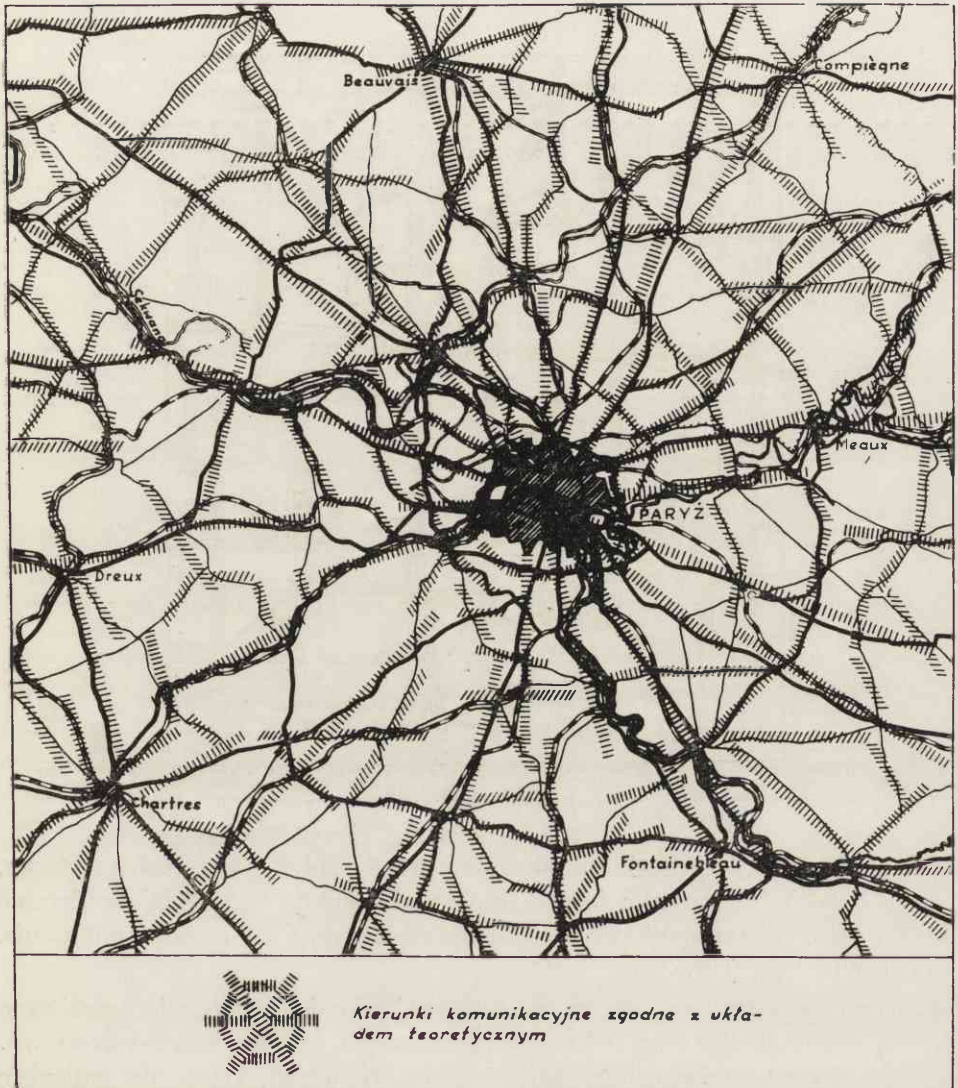


35. Zespół policentryczny prostokątny

Owatonna, zespół Fort Scott-Pittsburg-Parsons-Chanute, zespół Ardmore-Marietta-Gainesville-Sherman-Durant, zespół Grand Rapids-Lansing-Jackson-Battle Creek-Kalamazoo, zespół Kitchener-Guelph-Galt-Waterloo, zespół Pittsburgh-Cleveland-Akron-Canton-Youngstown, zespół Harrisburg-Allentown-Scranton-Sunbury (ryc. 35).

4. Podtyp monocentryczny

A. Klasa zespołów o układzie trójkątnym: strefy obsługi miast metropolitalnych Europy i Azji południowo-wschodniej (poza strefami portów morskich). Przykłady: zespół Moskwy, zespół Warszawy, zespół Berlina, zespół Paryża, zespół Budapesztu, zespół Wiednia, zespół Mediolanu, zespół Madrytu, zespół Delhi, zespół Haidarabadu, zespół Wuhan, zespół Czungking (ryc. 36).

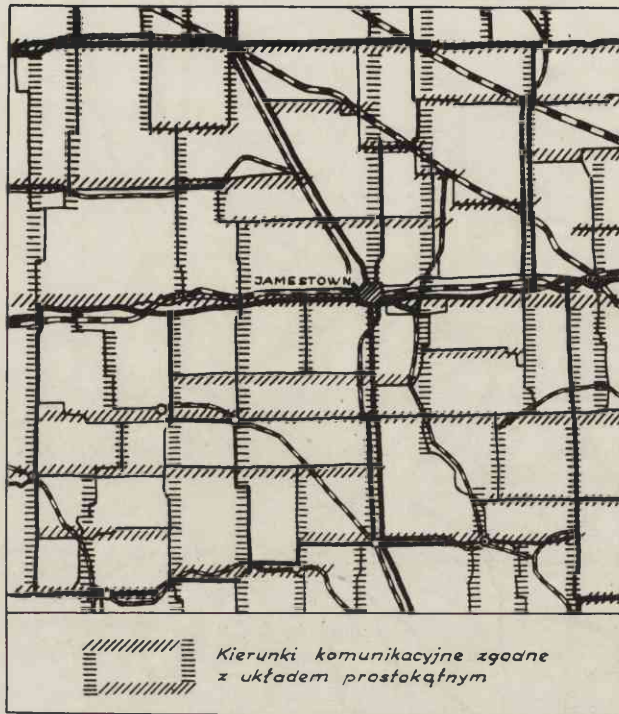


36. Zespół monocentryczny trójkątny

B. Klasa zespołów o układzie prostokątnym: wewnątrz Ameryki Północnej, zwłaszcza strefy średnich i małych ośrodków miejskich. Przykłady: zespół Calgary, zespół Edmontonu, zespół Flint, zespół Wausau, zespół Fargo-Moorhead,

zespół Jamestown, zespół Aberdeenu, zespół Watertown, zespół Des Moines, zespół Omahy, zespół Topeki, zespół Wichity, zespół Denver, zespół Pueblo, zespół Oklahoma City (ryc. 37).

Konwergencyjna odmiana zespołów monocentrycznych i egzotropowych o układzie prostokątnym: strefy obsługi miast metropolitalnych w Ameryce Północnej (we wnętrzu zespoły konwergencyjne monocentryczne, na wybrze-



37. Zespół monocentryczny prostokątny

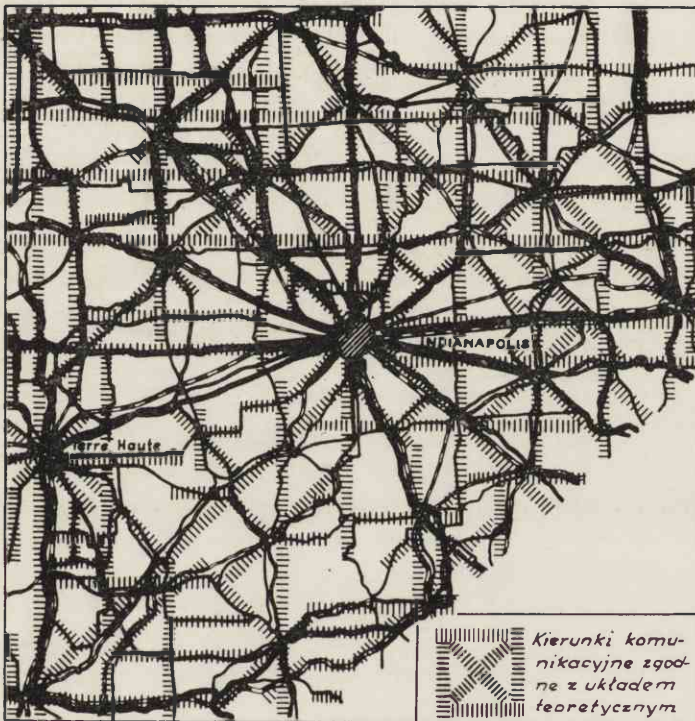
żach zespoły konwergencyjne egzotropowe). Przykłady: zespół Nowego Jorku, zespół Filadelfii, zespół Cincinnati, zespół Indianapolis, zespół Chicago, zespół Detroit, zespół Minneapolis-Saint Paul, zespół Kansas City, zespół Saint Louis, zespół Winnipeg (ryc. 38).

Weryfikacja statystyczna ma na celu stwierdzenie, czy relacje oczekiwane teoretycznie zachodzą rzeczywiście i w jakim stopniu (w porównaniu z wzorcem). Ogranicza się ona do cech niezmienniczych, tj. takich, które nie zmieniają się przy przekształceniach typologicznych i utrzymują się z zespołach historycznych; innymi słowy, do cech przysługujących modelowi anizotropowemu. Wystarczają przy tym proste sposoby statystyczne.

Występowanie pierwszej cechy, tj. przewagi drogi głównej nad sumą dróg bocznych przyporządkowanych, wyrażonej w ilości przewozów można zwery-

fikować, jeśli dysponuje się wynikami szczególnych pomiarów ruchu. Praktycznie więc weryfikacja może być tylko częściowa. Jako doświadczalny region komunikacyjny wybrano województwo poznańskie, liczące 3 219 km linii kolejowych i 31 774 km dróg kołowych. Utworzoną przez nie sieć komunikacyjną podzielono na 36 zespołów. Współczynnik zgodności, ustalony w wyniku porównania przewozów, wyniósł: dla zespołów złożonych z linii kolejowej i dróg kołowych 1,0 (zgodność zupełna), a dla zespołów złożonych z drogi kołowej głównej i dróg kołowych bocznych 0,92.

W weryfikacji drugiej cechy — platynacji, zastosowano umowę, że zamiast lokalizacji dróg kołowych względem linii kolejowych, sprawdzana będzie lokalizacja dróg kołowych bocznych względem dróg kołowych głównych. Jest to o tyle dopuszczalne, że w regionach o ukształtowanej sieci komunikacyjnej w tych samych kierunkach co drogi kołowe główne biegną zwykle również



38. Konwergencyjna odmiana zespołu monocentrycznego prostokątnego

linie kolejowe. Trasy są oczywiście odmienne, ale ich rozróżnienie wprowadziłoby komplikacje, których uwzględnienie, przy obecnym zaawansowaniu teorii zespołów, nie przyniosłoby użytecznych rezultatów. Zbadano pod kątem platynacji wszystkie ważniejsze regiony komunikacyjne świata z ukształtowaną już siecią dróg. Najpierw zidentyfikowano połączenia dróg, mogące stanowić zespoły; było ich 890. Następnie sprawdzono, które z nich są zgodne z hipotetycznym zespołem

anizotropowym (ryc. 28). Za zgodne przyjmowano zespoły wykazujące przynajmniej dwie spośród trzech własności zespołu hipotetycznego (jeśli dwie własności przysługiwały danemu zespołowi w połowie, uznawano je za jedną własność). Współczynnik zgodności wyniósł 0,84. Był on jeszcze dość wysoki nawet, gdy w obliczeniu uwzględniono tylko zespoły, którym przysługiwały wszystkie trzy własności; miał wtedy wartość 0,70.

Dla zweryfikowania trzeciej cechy — stałości stosunku ilościowego dróg kołowych do linii kolejowych w węzłach komunikacyjnych, zbadano wszystkie duże węzły w ważniejszych regionach komunikacyjnych świata (367 węzłów), Aby uzyskać porównywalne stosunki, posłużono się tylko jednym atlasem, mianowicie The Times Atlas of the World. Podczas wrywkowej identyfikacji dróg kołowych i linii kolejowych w węzłach spostrzeżono, że koleje, na mapach w większej skali, zamieszczone są na ogół w całości, natomiast drogi kołowe przystosowane do ruchu samochodowego mniej więcej tylko w 3/4. Stwierdzoną więc ilość dróg kołowych powiększono o 1/4. Dane o strukturze ilościowej węzłów pozwalają na obliczenie, charakteryzujących ją lepiej niż współczynnik zgodności, miar dyspersji, łącznie z najważniejszą — odchyleniem standardowym. Obliczone według wzoru:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\Sigma(x - \bar{x})^2}{n}}$$

(gdzie x oznacza indywidualną wartość stosunku ilościowego dróg do kolei, \bar{x} — wartość tego stosunku w modelu anizotropowym, n — ilość zbadanych węzłów), odchylenie to wynosi zaledwie 0,77. Rozkład wartości stosunku jest dość symetryczny i w rysunku przypomina krzywą Gaussa.

L I T E R A T U R A

- [1] Annual Bulletin of Transport Statistics 1955. United Nations. Geneva 1956.
- [2] Atlas Mira. Moskwa 1955.
- [3] Barciński F., Wstęp do nauki geografii gospodarczej. Poznań 1935.
- [4] Barciński F., Człowiek zmienia oblicze Ziemi. Warszawa 1953.
- [5] Batalow A. L., Transport w sowremiennoy Indii. Moskwa 1961.
- [6] Berezowski S., Geografia transportu. Warszawa 1954.
- [7] Berezowski S., Przegląd dorobku francuskiej geografii transportu. W: „Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej” 1956, z. 2, s. 15—33.
- [8] Berezowski S., Podstawy metodologii geografii transportu. Warszawa 1961.
- [9] Bielousow I. I., Komarow A. W. (red.), Problema wzajemodziejstwa rozlicznych widow transporta. Moskwa 1961.
- [10] Bissaga T., Geografia kolejowa Polski. Warszawa 1938.
- [11] Blum O., Verkehrsgeographie. Berlin 1936.
- [12] Böhm K. P., Die Integrierung und Koordinierung der Güterverkehrsmittel in Grossbritannien. 1959.
- [13] Bujak F., Z odległej i bliskiej przeszłości. Lwów — Warszawa — Kraków 1924.
- [14] Capot-Rey R., Géographie de la circulation sur les continents. Paris 1946.
- [15] Chaczaturow T. S., Ekonomika transporta. Moskwa 1959.
- [16] Chaczaturow T. S. (red.), Razwitije proizwoditielnych sił Wostocznoj Sibiri. Transport. Moskwa 1960.
- [17] Chanukow E. D., Transport i razmieszczeniye proizwodstwa. Moskwa 1956.
- [18] Chojnicki Z., Ocena dorobku polskiej geografii transportu. „Przegląd Geograficzny”, T. 29: 1957, z. 2, s. 317—338.
- [19] Chojnicki Z., Analiza przepływów towarowych w Polsce w układzie międzywojewódzkim. Warszawa 1961.
- [20] Christaller W., Die zentralen Orte in Süddeutschland. Jena 1933.
- [21] Cleef E., Trade Centres and Trade Routes. New York 1937.
- [22] Comey A. C., Regional Planning Theory. Cambridge, Mass. 1923.
- [23] Dagget S., Principles of Inland Transportation. New York 1955.
- [24] Dantzig G. B., Application of the Simplex Method to a Transportation Problem. W: Activity Analysis of Production and Allocation. Ed. by T. C. Koopmans. New York — London 1951.
- [25] Domański R., Lokalizacja przemysłu wobec zmian w systemie transportowym. „Ruch Prawniczy i Ekonomiczny”, T. 21: 1959, z. 1, s. 221—235.
- [26] Domański R., Metody analizy układu sieci drogowej. PAN Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju. Biuletyn, z. 3 (5) 1961, s. 89—109.
- [27] Dziewoński K., Zasady przestrzennego kształtowania inwestycji podstawowych. Warszawa 1948.
- [28] Dziewoński K., Geografia osadnictwa i zaludnienia. Dorobek, podstawy teoretyczne i problemy badawcze. „Przegląd Geograficzny”, T. 28: 1956, z. 4, s. 721—764.

- [29] Dziewoński K., Elementy teorii regionu ekonomicznego. „Przegląd Geograficzny” T. 33: 1961, z. 4, s. 593—613.
- [30] „The Eastern Economists”. New Delhi. Annual Number 1956.
- [31] Economic Survey of Europe in 1956. United Nations. Geneva 1957.
- [32] Economics of Highway Trailers on Flat Cars Service. „Bulletin of American Railway Engineering Association”, T. 57: 1955, nr 525.
- [33] Friedrich E., Schmidt W., Geographie des Welthandels und des Weltverkehrs. Jena 1930.
- [34] Friedrich P., Die Variationsrechnung als Planungsverfahren der Stadt- und Landesplanung. Bremen-Horn 1956.
- [35] Frisch K., Życie pszczół. Biblioteka Wiedzy, Tom. 16, Warszawa.
- [36] Garrison W. L., The Benefits of Rural Roads to Rural Property. Seattle 1956.
- [37] Garrison W. L., Marble D. F., Analysis of Highway Networks: A Linear Programming Formulation. Washington: Highway Research Board, Proceedings, 37: 1—14. 1958.
- [38] Gierałowski Cz., O zastosowanie bodźców ekonomicznych w walce o racjonalizację przewozów. „Transport”, 1956, nr 7.
- [39] Hassert K., Allgemeine Verkehrsgeographie. Bd. 1—2, Berlin und Leipzig 1931.
- [40] Haufe H., Die geographische Struktur des deutschen Eisenbahnverkehrs. Langensalza — Berlin — Leipzig 1931.
- [41] Hettner A., Allgemeine Geographie des Menschen. Bd. 3. Verkehrsgeographie. Bearbeitet von H. Schmitthenner. Stuttgart 1952.
- [42] Hoover E. M., The Location of Economic Activity. New York — Toronto — London 1948.
- [43] Isard W., Location and Space-Economy. New York 1956.
- [44] Isard W., Methods of Regional Analysis: an Introduction to Regional Science. New York — London 1960.
- [45] John J. St., The Railways of Britain. London 1954.
- [46] Kantorowicz Ł. W., O pieremieszczeniu mass. DAN SSSR, T. 37: 1942, nr 7—8, s. 227—229.
- [47] Kantorowicz Ł. W., Gawurin M. K., [Primienienije matematičeskich metodow w woprosach analiza gruzopotokow. W: Problemy powyszenija efektiwnosti raboty transporta. Moskwa 1949.
- [48] Kehr C., A National Plan. New York 1926.
- [49] Kohl J. G., Der Verkehr und die Ansiedelungen der Menschen in ihrer Abhängigkeit von der Gestaltung der Erdoberfläche. Leipzig 1850.
- [50] Köhler G., Sandler G., Clauss C., Verkehrsgeographische Übersichten der Kontinente. „Petermanns Geographische Mitteilungen”, T. 100: 1956, T. 101: 1957, T. 102: 1958.
- [51] Koopmans T. C., Optimum Utilization of the Transportation Systems. „Econometrica”, T. 17: 1940, Supplement, s. 136—146.
- [52] Kuhn H. W., On Certain Convex Polyhedra. „Bulletin of the American Mathematical Society”, Vol. 61: 1955, nr 6, s. 557—558.
- [53] Lange O., Ekonomia polityczna. T. I. Zagadnienia ogólne. Warszawa 1959.
- [54] Lartilleux H., Géographie des chemins de fer français. Géographie universelle de transport. Paris 1947—1950.
- [55] Launhardt W., Die Bestimmung des zweckmässigsten Standortes einer gewerblichen Anlage. „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure”, Bd. 26: 1882, nr 3, s. 106—115.
- [56] Launhardt W., Theorie des Trassierens. Hannover 1887.
- [57] Lazari-Pawłowska I., O pojęciu typologicznym w humanistyce. „Studia Filozoficzne”, 1958, z. 4(7), s. 30—53.
- [58] Leszczycki S., Komunikacja autobusowa w województwie krakowskim. Wiad. Stow. Czł. Pol. Kongr. Drogowych, T. 4: 1930, nr 34.

- [59] Leszczycki S., Nowsze kierunki i prądy w geografii. „Przegląd Geograficzny”, T. 30: 1958, z. 4, s. 543—571.
- [60] Leszczycki S., Geografia stosowana czy zastosowanie badań geograficznych dla celów praktycznych. „Przegląd Geograficzny”, T. 34: 1962, z. 1, s. 3—23.
- [61] Lewis R. G., Handbook of American Railroads. New York 1956.
- [62] Linden W., Verkehr und Raumordnung. W: Raum und Verkehr I. Forschungs- und Sitzungsberichte der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Bremen—Horn 1956.
- [63] Locklin D. Ph., Economics of Transportation Homeowd, Illinois 1954.
- [64] Lösch A., Gospodarka przestrzenna. Przekład z niemieckiego. Warszawa 1961.
- [65] Luce R. D., Raiffa H., Games and Decisions. New York 1957.
- [66] Łopuszyński M., Podstawy rozwoju sieci komunikacyjnej w Polsce. Warszawa 1939.
- [67] Łopuszyński M., Podstawowe zagadnienie polityki komunikacyjnej. Warszawa 1947.
- [68] Łukaszewicz J., Steinhaus H., O wyznaczaniu środka miedzi sieci telefonicznej. „Zastosowania Matematyki”, T. 1: 1954, z. 4, s. 299—307.
- [69] Łukjanow N. A., Srawnitelnaja ekonomiczost' ispolzowanija razlicznych widow transporta. W: Woprosy ekonomiki żeleznodorożnego transporta. Transzeldorizdat 1948.
- [70] Maunier R., La distribution géographique des industries. W: „Revue Internationale de Sociologie”, 16 Année, 1908.
- [71] Mc Lean W. H., Regional and Town Planning in Principle and Practice. London 1930.
- [72] Meyer J. R., Peck M. J., Stenason J., Zwick Ch., The Economics of Competition in the Transportation Industries. Cambridge, Mass. 1959.
- [73] Młodecki W., Koordynacja transportu kolejowego i samochodowego. „Transport”, 1954, nr 9.
- [74] Morgenthaler, Wollert, Gutachten über die kostenmässigen und tariflichen Grundlagen des Leistungswettbewerbes zwischen der Bundesbahn und dem Güterfernverkehr mit Lastkraftwagen. Düsseldorf 1952.
- [75] Müller P., Schiene-Strasse und Schiene-Schiffahrt. Düsseldorf.
- [76] Mumford L., Technics and Civilization. New York 1940.
- [77] Neft D., Some Aspects of Rail Commuting: New York, London and Paris. „Geographical Review”, Vol. 49: 1959, nr 2.
- [78] Nikolski I. W., Geografija transporta SSSR. Moskwa 1960.
- [79] Nye J. F., Physical Properties of Crystals. Oxford 1957.
- [80] Otramba E., Allgemeine Geographie des Welthandels und des Weltverkehrs, Stuttgart 1957.
- [81] The Oxford Atlas. London 1958.
- [82] Palander T., Beiträge zur Standortstheorie. Uppsala 1935.
- [83] Palatas Z., A korszerü közlekedési munkamegosztás alapjai. Budapest 1959.
- [84] Picard R. M., Bilan d'exploitation simplifiée et modernisée d'une petite ligne. „Revue Générale des Chemins de Fer”, Aout 1956.
- [85] Pirath C., Die Grundlagen der Verkehrswirtschaft. Berlin—Göttingen—Heidelberg 1949.
- [86] Pirath C., Das Selbstkostenproblem Schiene—Strasse. W: „Schiene und Strasse” 1953, Dortmund.
- [87] Pirath C., Die Verkehrsteilung Schiene—Strasse in landwirtschaftlichen Gebieten und ihre volkswirtschaftliche Bedeutung. Berlin—Göttingen—Heidelberg 1954.
- [88] Predöhl A., Das Standortproblem in der Wirtschaftstheorie. „Weltwirtschaftliches Archiv”, Vol. 21: 1925, s. 294—321.
- [89] Remy K., Die Eisenbahnen im Rahmen des afrikanischen Gesamtverkehrs. W: Afrika. Handbuch der praktischen Kolonialwissenschaften. Bd. XV, Teil 1. Berlin 1943.

- [90] Richthofen F., Vorlesungen über allgemeine Siedlungs- und Verkehrsgeographie. Berlin 1908.
- [91] Rittershausen H., Bundesbahn im Wettbewerb, die Umstellung eines grössten ehemaligen Monopolunternehmens auf eine neue Zeit. Bad Hersfeld. 1950.
- [92] Sapper K., Allgemeine Wirtschafts und Verkehrsgeographie. Leipzig — Berlin 1925.
- [93] Sauszkin J., Wstęp do geografii ekonomicznej. Warszawa 1960.
- [94] Sax E., Die Verkehrsmittel in Volks- und Staatswirtschaft. Bd. 1—2, Berlin 1918—1920.
- [95] Schmidt P. H., Die geographischen Grundlagen der Verkehrswirtschaft. Jena 1934.
- [96] Schwarzl J., Verkehrskordinierung. Schiene, Strasse, Luftfahrt, Wasserweg im Wirtschaftskampf. Wien 1952.
- [97] Sierks H. L., Grundriss der sicheren, reichen, ruhigen Stadt. Dresden 1929.
- [98] Smirnow A. I., Wybor wniezniego transporta promyszlennych predpriatij. Trudy Wsiesojuznogo Naucznoego-Issledowatielskogo Instituta Żeleznodorożnego Transporta. Transzeldorizdat 1959.
- [99] Stackelberg H., Das Brechungsgesetz des Verkehrs. „Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik“, Bd. 148: 1938, s. 680—696.
- [100] Thünen J. H., Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie. Hamburg 1826.
- [101] The Times Atlas of the World. Vol. I—V. London 1955—1959.
- [102] Tołstoj A. N., Metody ustranienija nieracjonalnych pierewozok pri planirowanii. „Socjalisticeskij Transport“, 1939, nr 9.
- [103] Ullman E. L., Transportation Geography. W: American Geography. Inventory and Prospect. Syracuse N. Y. 1954.
- [104] Wasutyński Z., O kształtowaniu układów komunikacyjnych. Warszawa 1959.
- [105] Watermann H., Die Koordinierung des Eisenbahn- und Strassengüterverkehrs in Frankreich. 1955.
- [106] Weber A. Über den Standort der Industrien. Teil I: Reine Theorie des Standortes. Tübingen 1909.
- [107] Wróbel A., Godowski S., Wojtyniak J., Kompleksowe badania przestrzennej struktury przewozów towarowych w Polsce (założenia, cele, metody). PAN Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju. Biuletyn, z. 3(5) 1961, s. 5—43.
- [108] Wrzosek A., Z geografii komunikacyjnej Pomorza. Toruń 1935.
- [109] Zwonkow W. W., Wzaimoswjaż otdielnych widow transporta i osnovy organizacii smieszannyh pierewozok. Moskwa 1953.
- [110] Żelaznyje dorogi mira. Przekład z angielskiego. Moskwa 1959.

INDEKS RZECZOWY

A l l o k a c j a — w zakresie komunikacji oznacza podział jej zasobów (dróg i środków komunikacyjnych) między różne dziedziny pracy przewozowej. Podział taki może wyznaczać poszczególne drogi i środki komunikacyjne do obsługi przewozowej określonych ładunków i pasażerów bądź, co z punktu widzenia geografii ekonomicznej jest bardziej interesujące, określonych zasięgów przestrzennych (zasięgu bliskiego, średniego i dalekiego, albo pewnych obszarów, linii i osiedli).

A n i z o t r o p i a — Fizyczne własności materiałów można podzielić na niezależne i zależne od kierunku. Pierwsze otrzymały w fizyce nazwę izotropowych (np. gęstość kryształów), drugie — anizotropowych (np. przewodnictwo elektryczne kryształów). Pojęcie anizotropii może być użyteczne w charakterystyce zespołów sieci komunikacyjnych. Okazuje się bowiem, że główne ich własności są anizotropowe, tj. zależne od kierunku. W szczególności odmienne są własności kierunków (dróg) głównych i kierunków (dróg) bocznych. To proste rozróżnienie ma istotne znaczenie dla wyjaśnienia układu przestrzennego zespołów. Pozwala bowiem na zwolnienie najbardziej upraszczających założeń, tkwiących u podstaw układów geometrycznych foremnych (sześciokątnego, trójkątnego): jednorodności komunikacji, jednorodności przestrzeni i statyki. Kierunki bowiem główne i boczne są: obsługiwane przez różne rodzaje komunikacji, skutkiem ewolucji komunikacji oraz skutkiem a zarazem przyczyną zróżnicowania przestrzeni. W rozróżnieniu więc kierunków głównych i bocznych kryje się synteza nowo wprowadzanych przez autora przesłanek, przybliżających schematy geometryczne do rzeczywistości. Użyteczne w badaniu zespołów sieci komunikacyjnych są również metody matematyczne, które wcześniej już znalazły zastosowanie w badaniu anizotropii kryształów.

D e n d r y t y c z n y u k ł a d k o m u n i k a c y j n y — układ przypominający w rysunku rozgałęzienie drzewa lub krzewu.

D r o g i w i c y n a l n e — drogi o znaczeniu miejscowym, tworzące jeszcze sieć połączeń.

D r o g i k a p i l a r n e — pojedyncze drogi, prowadzące do gospodarstw rolnych, obiektów fabrycznych itp. (Od łac. *capillaris* włoskowaty).

I d e n t y f i k a c j a — tu, pierwsze z dwóch zagadnień stwierdzenia zgodności lub braku zgodności między twierdzeniem naukowym a rzeczywistością. Polega na ustaleniu, które składniki rzeczywistości są odpowiednikami twierdzenia naukowego. Drugim zagadnieniem jest ustalenie stopnia zgodności.

K o m p l e m e n t a r n o ść i s u b s t y t u c j a w k o m u n i k a c j i — Komplementarność oznacza wzajemne uzupełnianie się dróg i środków komunikacyjnych, bez którego przewóz nie mógłby być dokonany. Na przykład przewóz ładunku drogą lądową do przystani rzecznej i dalszy przewóz rzeką do portu przeznaczenia, jeśli rzeka stanowi jedyną drogę w kierunku tego portu; albo przewóz ładunku rzeką oraz odcinkami kolei omijającymi wodospady na rzece nie do przebycia przez statki rzeczne (żegluga na rzece Kongo). Substytucja oznacza wzajemne współzawodniczenie przy wykonywaniu tych samych przewozów. Na przykład współzawodnictwo żeglugi rzecznej i kolei biegnącej równoległe do rzeki (dolina Renu).

M o d e l k o m i w o j a ż e r a — układ równań wyznaczający trasy między wybranymi osiedlami pewnego obszaru w taki sposób, by łączna długość tras była jak najmniejsza. Ustalenie

takiego układu tras jest charakterystycznym zadaniem, przed którym staje komiwojażer udający się w podróż handlową.

Model pęku dróg (sieci scentralizowanej) — układ równań wyznaczający kształt sieci dróg niezbędnych do połączenia pewnego zbioru osiedli z danym ośrodkiem centralnym. Kształt sieci winien spełniać warunek minimum łącznych kosztów komunikacyjnych (kosztów dróg i kosztów ruchu).

Model środka miedzi — układ równań wyznaczający usytuowanie centrali telefonicznej w stosunku do szafek ulicznych, w których schodzą się przewody od poszczególnych aparatów w taki sposób, że wymagalna długość miedzianego kabla jest jak najmniejsza. Jeśli w miejsce miedzianego kabla o różnej grubości podstawimy drogi o różnych kosztach budowy, otrzymamy model komunikacyjny.

Prawa paralelizacji — twierdzenie o rozwoju lokalizacji względem siebie dróg różnych rodzajów komunikacji mówiące, że drogi nowych rodzajów komunikacji w swej lokalizacji względem dróg starych rodzajów komunikacji dążą początkowo do położenia prostopadłego później zaś, poprzez stadia pośrednie, do położenia równoległego (paralelnego).

Prawo platynacji — stałe relacje między drogami głównymi i bocznymi, wyrażające się w spłaszczeniu układu dróg bocznych wzdłuż drogi głównej.

Prawo załamania komunikacji — twierdzenie ściśle ogólne, mówiące, że komunikacja łamana (z przeładunkiem, tu — przy użyciu dwóch rodzajów komunikacji) jest najtańsza wtedy, jeśli łączy się w ten sposób, iż sinusy kątów padania i załamania dróg są odwrotnie proporcjonalne do jednostkowych kosztów obu komunikacji; analogia do prawa załamania światła.

Reorientacja obszaru rynku — zmiana obszaru rynku: jego położenia, kształtu i wielkości, w stosunku do dróg komunikacyjnych, pod wpływem ich ulepszenia.

Typologicznych pojęć funkcje — pojęcia typologiczne przyczyniają się do zwiększenia jasności i ostrości pojęciowej, służą do szeregowania i porządkowania pojęć oraz umożliwiają, przez porównanie zjawisk konkretnych z typami, ujawnianie faktów wymagających wyjaśnienia lub prawidłowości dotąd nie zauważonych.

Zespół endemiczny sieci komunikacyjnych — zespół występujący jedynie na danym, zwykle bardzo ograniczonym obszarze.

Zespół egzotropowy sieci komunikacyjnych — zespół zwrócony na zewnątrz; jego głównym węzłem jest zwykle duży port morski, zbierający drogi z zaplecza, którego gospodarka nastawiona jest na szeroką wymianę handlową z zagranicą.

Zespół konwergencyjny sieci komunikacyjnych — zespół danego typu, który wykazuje cechy innego typu nabyte w toku przystosowywania się do zmienionych warunków środowiskowych, głównie ekonomicznych; na przykład zespół o układzie trójkątnym, powstały z zespołu o układzie prostokątnym wskutek rozwoju kierunków przekątniowych.

Zespół odotropowy sieci komunikacyjnych — zespół zwrócony ku drodze głównej; droga taka jest osią zespołu, której przyporządkowany jest układ dróg bocznych.

КОМПЛЕКСЫ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Резюме

Работа носит теоретический характер. Она затрагивает следующие три вопроса: морфологию, типологию и проверку комплексов транспортных сетей. Под названием комплексов транспортных сетей подразумевается связанная и упорядоченная группировка дорог различных видов путей сообщения (которые могут взаимно дополнять или заменять друг друга), функционирующая для общей цели (обслуживание территории или направления) при наименьшей совокупной стоимости.

Автор исходит из предпосылки, что формирование комплексов является закономерным процессом, который должен исследоваться в целях познания законов, управляющих им. Особенно существенны реляции, постоянно выступающие в иерархии, в локализации друг к другу и в количестве путей в комплексах.

Известные ныне модели транспортной сети обладают ограниченной ценностью в теоретическом и практическом отношении, так как выведены они на основе слишком упрощенных предпосылок (однородность путей сообщения, однородное двумерное пространство, статика). Поэтому автор вводит усложняющие предпосылки: дифференциацию собственности отдельных видов транспорта, дифференциацию экономического пространства, а также фактор эволюции. В результате приходит к анизотропной модели комплекса; формулирует его основы, основные черты и частичные решения.

Исходным моментом являются простые, однако постоянно повторяющиеся структурные взаимоотношения в области транспортных сетей. К ним относится пропорция довоза к собственной перевозке в комбинированной коммуникации, а также отношение комбинированной к прямой коммуникации. Из этих пропорций при помощи закона преломления коммуникации выведены элементарные комплексы путей сообщения, содержащие в зачаточной форме элементы пространственной структуры комплексов путей сообщения.

Стоимость перегрузок создает будто-бы новую границу транспортных сред, па которой дополнительно преломляются направления боковых путей относительно главных путей, отклоняясь к вертикальной линии.

Фактор эволюции выясняет возникновение параллельных путей в элементарных комплексах, прочность пространственной конфигурации комплексов, помимо изменчивости транспортных форм, а также частично явления платинаций, т.е. сплющивания, связанного с расширением системы боковых дорог относительно главного пути.

Учет влияния географической среды в теоретических моделях транспорта является в настоящее время возможным благодаря введению в уравнения соответственно подобранных параметров, выражающих сопротивление оказываемое средой путям сообщения. При этом можно было бы использовать понятие виртуальной длины. Далеко идущее обобщение геометрических моделей кажется возможным при помощи топологических методов. Даже на пространствах наименее дифференцированных с точки зрения физикогеографической, комплексы сети путей сообщения обнаруживают анизотропные свойства, т.е. зависимые от направления. Причины этого состоят в требованиях самого транспорта, а также в анизотропности экономического пространства. В счет принимаются прежде всего выгоды крупного масштаба, как в производстве, так и в транспорте.

Анизотропность комплексов транспортных сетей обнаруживается между прочим и в различных особенностях главных путей и второстепенных дорог. Главные дороги вызывают изменение ориентации рыночных зон. Автор предлагает в качестве математической приближенности измененной формы зон принять функцию $K = \Psi \cos \alpha + c$, где K обозначает форму зоны, Ψ — коэффициент пропорциональности, c — постоянную величину, независимую от направления. С изменением ориентации рыночных зон связаны деформации системы боковых дорог относительно главного пути. Деформацию отдельной дороги можно определить при помощи закона преломления коммуникации дифференцируя дополнительно стоимость перевозки в главном направлении и в направлении боковом. Для определения деформации обозначенного сектора сети дорог применяется тензорное исчисление.

Основные элементы анизотропной модели были выяснены, но не все еще могут быть выражены в теоремах. Отношения подчинения (иерархия) путей в комплексе выражаются $\Phi_1^S > \sum_{j=1}^n \Phi_{2j}^S$. Здесь Φ_1^S выражает поток движения на главной дороге, Φ_2^S — поток движения на боковой дороге. Локализация боковых дорог относительно главного пути подчинена закону платинации. Таким образом она отличается от локализации в гексагональной модели, наиболее эффективной в условиях однородности коммуникации, географического и экономического пространства. Отклонение можно выразить:

$$\frac{X_a}{Y_a} > \frac{X_h}{Y_h}$$

$$60^\circ \leq \varphi_2^* \leq 90^\circ$$

$$\varphi_2^\omega < 60^\circ$$

где X_a, X_h обозначают продольную ось (главный путь) в анизотропной модели и гексагональной правильной, Y_a, Y_h — поперечную ось анизотропной модели и гексагональной правильной, $\varphi_2^*, \varphi_2^\omega$ — наклон боковых дорог: подъездной и непосредственной (часть окружной) относительно главного пути. Характерной особенностью анизотропной модели, отличающей ее от гексагонально правильной модели, является соотношение количества дорог различных видов путей сообщения, сходящихся в узлах. Соотношение шоссейных дорог (складывающихся в основную сеть) и железнодорожных линий является постоянным и составляет 2, принципиально во всех классах узлов. Поэтому можем написать:

$$\frac{S_2^{wI}}{S_1^{wI}} \approx \frac{S_2^{wII}}{S_1^{wII}} \approx \frac{S_2^{wIII}}{S_2^{wIII}} \approx \text{const},$$

где S_1^w обозначает количество главных дорог в узле,

S_2^w — количество боковых дорог в узле,

I, II, III — классы узлов.

Рис. 29 является геометрическим изображением анизотропной модели.

Чем шире диапазон связей, которые мы хотим представить, тем менее удовлетворительной является одна модель и тем более необходимым является ее развитие посредством выделения многих типов.

Анизотропная модель заключает в себе две конфигурации дорог: треугольную и прямоугольную (достигающие оптимума в форме равносторонних треугольников и квадратов), каждый из которых может являться основой пространственной структуры особого типа. Таким образом можно выделить: 1. тип комплекса с треугольной структурой, 2. тип комплекса с прямоугольной структурой. В рамках каждого из них можно выделить следующие четыре подтипа: одотропный, экзотропный, полицентричный и моноцентричный. В очередных подтипах возникает постепенно complication иерархической системы и рост соотноше-

ния длины боковых дорог к длине главных дорог. Пространственная система боковых дорог относительно главной дороги развивается от единичных подъездных дорог перпендикулярного направления и диагонального направления, посредством соединений дендритических к полной системе, которая в итоге подвергается деформации путем выделения из боковых дорог новых прямых дорог, вырастающих со временем в ранг главных путей.

Примененная процедура проверки охватывает две стадии: географическую проверку и статистическую проверку. Географическая проверка состоит в определении зон путей сообщения, в которых комплексы обнаруживают сходство с тем или иным типом либо подтипом. Проведенная в более узком районном разрезе она являлась бы собственно идентификацией действительных комплексов, которые необходимо было бы подвергнуть дальнейшему исследованию, картографическими и статистическими методами с точки зрения степени согласованности с теоретическим образом. Целью статистической проверки является установление, действительно ли выступают теоретически предполагаемые реляции и в какой степени. Она сводится к неизменным свойствам, т.е. таким, которые не изменяются при типологических преобразованиях и сохраняются в исторических комплексах; другими словами, к свойствам, присущим анизотропной модели. Достаточными оказались простые статистические методы. Их применение дало: для первого свойства — коэффициент соответствия 0,92, для второго свойства — коэффициент соответствия 0,84, для третьего свойства — стандартное отклонение 0,77.

Список схем

1. Сеть путей сообщения в схемах И. Г. Коля.
2. Проект сети путей сообщения для колоний. Межрайонная система. По В. Х. Мак-Лаину.
3. Система сети путей сообщения. По Сайрусу Керу.
4. Гексагональная система путей сообщения. 1. Краевая система. По А. С. Кимею.
5. Пути сообщения в системе центральных точек. По В. Кристаллеру. 1 — 5 типы центральных точек; 6 — станционные поселения; 7 — главные пути сообщения; 8 — второстепенные пути сообщения; 9 — линии соединения ж.д.
6. Система центральных точек развития на основе путей сообщения. По В. Кристаллеру.
7. Транспортные линии в идеальном экономическом ландшафте (один из секторов). По А. Лёшу.
8. Видоизмененная система Лёша с учетом размещения населения. По В. Исарду.
9. Транспортная эффективность различных геометрических фигур.
10. Упрощенная модель комплекса транспортных сетей. 1 — реки; 2 — железные дороги; 3 — дороги.
11. Капиталовложения на 1 км двухколейной дороги и 1 тонну грузоподъемности грузового поезда.
12. Сравнение себестоимости перевозок мелкого груза различными видами транспорта. По К. Пирату. 1 — коммуникационные самолеты регулярных полетов, использование в 50%; 2 — железные дороги, мелкие грузы, использование в 20%; 3 — 5-тонные автомашины, использование в 50%.
13. Экономические границы коммуникации окружной целенаправленной, осуществленной 5-тонной автомашиной с учетом стоимости и времени (пример 1). 1 — расширенная окружная коммуникация; 2 — нормальная окружная коммуникация; 3 — ограниченная окружная коммуникация; 4 — радиальная коммуникация. Случай 1 — проезд туда с грузом, окружной проезд порожняком, обратный проезд с грузом; случай 2 — радиальные и окружные проезды с грузом; случай 3 — проезд туда с грузом, окружной проезд с грузом, обратный проезд порожняком.

14. Экономические границы коммуникации окружной целенаправленной, осуществленной 5-тонной автомашиной с учетом стоимости и времени (пример 2).
15. Экономические границы коммуникации окружной целенаправленной, осуществленной 5-тонной автомашиной с учетом стоимости и времени (пример 3).
16. Экономические границы коммуникации окружной, сборной 5-тонной автомашиной с учетом стоимости и времени (4 догрузки).
17. Разница в стоимости перевозок до и после закрытия местных железных дорог в перевозках дальнего следования. По К. П и р а т у. Р — издержки перегрузки; В — оплата за использование ж. д. ветки.
18. Обратные пропорции волюминов и стоимостей перевозок железнодорожных и автомобильных.
19. Оптический путь изогнутого луча.
20. Предельный угол.
21. Элементарный комплекс. Локализация шоссейной дороги по отношению к железной дороге.
22. Элементарный комплекс. Отклонение шоссейной дороги вследствие стоимости перегрузки.
23. Изменение ориентации рыночной зоны (обслуживания) под влиянием улучшения путей сообщения.
24. Сеть рынков вдоль главного пути (улучшенного).
25. Отклонение боковой дороги в анизотропном комплексе путей сообщения. Влияние главной дороги (улучшенной).
26. Деформация сети боковых дорог (сектор северо-восточный).
27. График функции $K = \psi \cos \alpha + c$ и гексагональная система. Сравнение сплюснения.
28. Предположительный анизотропный комплекс.
29. Анизотропная модель комплекса транспортных сетей. 1 — узлы I класса; 2 — узлы II класса; 3 — узлы III класса; 4 — узлы IV класса; 5 — реки, 6 — железные дороги; 7 — дороги.
30. Одотропный треугольный комплекс.
31. Одотропный прямоугольный комплекс.
32. Экзотропный треугольный комплекс.
33. Экзотропный прямоугольный комплекс.
34. Полицентрический треугольный комплекс.
35. Полицентрический прямоугольный комплекс.
36. Моноцентрический треугольный комплекс.
37. Моноцентрический прямоугольный комплекс.
38. Конвергенционная разновидность моноцентрического прямоугольного комплекса.

COMPLEXES OF TRANSPORT NETWORKS

Summary

This paper is of a theoretical character. It deals with the following three subject-matters: the morphology, the typology and the verification of complexes of transport networks. The term: complexes of transport networks is meant to represent a cohesive and harmonized set of tracks of diverse types of transport (these types may be supplements or substitutes of each other), operating towards a common purpose (servicing transport within a defined area or in a defined direction), with a minimum total cost involved.

The author presupposes that the formation of such complexes is an orderly process, fit to be investigated in order to recognize its regularities. Of particular significance he considers the interrelation recurring in their hierarchy, in their mutual location and in the number of tracks occurring in these complexes.

The models of transport networks hitherto known are of limited theoretical and practical value, since they were brought into existence due to premises excessively simplified (uniformity of tracks of transport, uniform two-dimensional space, stable conditions). For this reason the author introduces premises more complicated, such as: differentiation in properties of the respective types of transport, differentiation in economic space, and the factor of evolution. These presuppositions led to an anisotropic model of a complex, and the author defines its premises, its fundamental properties and some fraction solutions.

The point of issue are simple, yet steadily repeated structural relations of transport. These comprise: the ratio of safflux to transport proper by transfer transport, and the ratio of transfer transport to direct transport. From these two ratios the author deducts, using the law of transport breaking (refraction), elementary complexes of tracks of transport which, rudimentarily, contain the elements of a spatial structure of complexes of transport networks.

The cost of goods transfer ostensibly creates new boundary to medius of transport, where the directions of lateral tracks towards main tracks is broken supplementarily, deviating into a direction perpendicular to the main tracks.

The factor of evolution throws light on the formation of parallel tracks in elementary complexes, the permanence of a spatial structure of such complexes in spite of innovations in the forms of transport and, partly also, on "platination", i.e. the flattening of the pattern of lateral roads with regard to the main road, combined with a widening of this pattern.

Today the effect of the geographic environment on theoretical models of transport can be taken into consideration by introducing into the respective formulae suitably chosen parameters which indicate the obstacles raised to transport by the environment. Here the concept of the „virtual distance" may be utilized. A far-reaching generalization of geometric models seems to be feasible by the use of topological methods. Even in areas least differentiated as regards their physical geography, complexes of transport networks show anisotropic features, i.e. features dependent on directions. This fact must be ascribed to the requirements of transport itself, as well as to the anisotropy of economic space. The main role is played here by large scale advantages, either as to production or to transport.

The anisotropy of complexes of transport networks appears, inter alia, in the differentiation of the properties of main tracks and lateral tracks. The main tracks lead to a reorientation of market areas. The author suggests, as mathematical approximation of changes in the shape of the market area, the adoption of the function $K = \psi \cos \alpha + c$, where K represents the shape of the area, ψ = the coefficient of proportionality, and c = the value of a constant independent of the direction. The reorientation of the market areas is connected with a deformation of the pattern of lateral tracks with regard to the main track. The deviation of a single track may be defined by the law of transport breaking, with simultaneous additional differentiation of the cost of transport in both the main and the lateral direction. In order to determine the deformation of a specified sector of the network of tracks, the tensor calculus is applied.

The fundamental elements of an anisotropic model have been established; however, not all of them can thus far be expressed discursively, i.e. in theories. The relative importance (the hierarchy) of tracks in a complex may be expressed by the inequality:

$$\Phi_1^S > \sum_{j=1}^n \Phi_{2j}^S$$

Φ_1^S = the stream of transport on the main track, and Φ_2^S = the stream of transport on the lateral track. The location of the lateral tracks with regard to the main track is subject to the law of platination. Thus this location differs from that of a regular hexagonal model, the most efficient model in conditions of uniform transport, and of geographic and economic space. These deviations may be expressed as follows:

$$\frac{X_a}{Y_a} > \frac{X_h}{Y_h}$$

$$60^\circ \leq \varphi_2^\omega \leq 90^\circ$$

$$\varphi_2^\omega < 60^\circ,$$

where X_a, X_h denote the longitudinal axis (main track) of the anisotropic and the regular hexagonal model, Y_a, Y_h — the transversal axis of the respective models, and $\varphi_2^\omega, \varphi_2^\omega$ the inclination of the lateral tracks: the feeder track and the direct track (part of the peripheral trend) as regards the main track. A characteristic feature of the anisotropic model, differentiating it from the regular hexagonal model, is the proportion of the number of tracks of various types of transport converging in the junction points. The ratio of roads to railways is constant in practically all classes of junction points, and equals 2. Thus this ratio may be expressed as follows:

$$\frac{S_2^{wI}}{S_{12}^{wI}} \approx \frac{S_2^{wII}}{S_1^{wII}} \approx \frac{S_2^{wIII}}{S_1^{wIII}} \approx \text{const},$$

where S_1^w defines the number of main tracks meeting at the junction point, and S_2^w — the number of lateral tracks at this junction point; I, II, III denote the respective class of junction points. A geometric illustration of this anisotropic model is shown in Fig. 29.

However, the wider the scope of the interrelations to be taken into consideration, the less satisfactory is one single model and the more imperative is its evolution by distinguishing many types. The anisotropic model comprises two patterns of tracks: the triangular and the rectangular pattern (attaining their optimum values in the shapes of equilateral triangles and squares); each of these may again become the pattern of the spatial structure of a different type. We thus may distinguish: 1) a type of complex of triangular structure, 2) a type of complex of rectangular structure. Within the scope of each of these types the following four subtypes may be distinguished: the odotropic, the exotropic, the polycentric and the monocentric subtype respectively. In the successive subtypes there progressively appear complications in the hierarchic pattern and an increase in the ratio of lengths of lateral tracks to lengths of main tracks. The spatial pattern of lateral tracks with regard to the main track develops from single feeder tracks of perpendicular or oblique direction, by means of deniform junctions, to a full pattern which ultimately under-

goes deformation due to detachment, from the lateral tracks, of new direct tracks that gradually attain the rank of main tracks.

The procedure of verification applied comprises two stages: the geographic and the statistic verification. The geographic verification embraces the definition of zones of transport, in which the complexes reveal similarity with one or another type or subtype. Carried out within narrower regional segments the geographic verification would represent an identification of actual complexes subject to further investigation by cartographic and statistic methods as regards their degree of conformity with the theoretical standard. The purpose of statistic verification is to ascertain whether, and to what degree, the interrelations looked for from a theoretical point of view actually are taking place. This verification is limited to unalterable features, i.e. to those which fail to be altered by typologic alterations and are maintained in historic complexes; in other words, to features characterizing the anisotropic model. In this verification, simple statistic methods proved to be satisfactory. Their application yielded, for the first feature, a coefficient of conformity 0.92; for the second feature it is 0.84, and for the third it is 0.77, the standard deviation.

List of Figures

1. Transport network in figures given by J. G. Kohl
2. Pattern of transport network for colonies. Interregional scheme. After W. H. McLean
3. Pattern of transport network. After Cyrus Kehr
4. Hexagonal pattern of transport network. I. Inland scheme. After A. C. Comey
5. Tracks of transport in a system of central foci. After W. Christaller. 1—5 type of central foci; 6 — transport stations; 7 — main transport tracks; 8 — secondary transport tracks; 9 — junction tracks
6. System of central foci developed on the principle of transport. After W. Christaller
7. Tracks of transport in an ideal economic landscape (one of the sectors). After A. Lösch
8. Modified Lösch system consistent with distribution of population. After W. Isard
9. Transportational effectiveness of various geometric figures
10. Simplified model of complex of transport networks. 1 — rivers; 2 — railway lines; 3 — roads.
11. Cost of investment in 1 km ambidirectional track and 1 ton truck capacity
12. Comparison of net cost of transport of high-value goods by means of various types of transport carriers. After C. Pirath. 1 — airplane transport in scheduled flights; capacity utilized 50%; 2 — railway transport, miscellaneous goods; capacity utilized 20%; 3 — 5 t truck transport; capacity utilized 50%.
13. Economic boundaries of circular transport for delivery by 5 t truck, considering both cost and time (Example 1). 1 — augmented circular transport; 2 — normal circular transport; 3 — limited circular transport; 4 — radial transport. Example 1: one-way run with load, circular run without load, return runs with load; Example 2: both radial and circular runs with load; Example 3: one-way run and circular with load, return run without load
14. Economic boundaries of circular transport for delivery by 5 t truck, considering both cost and time (Example 2)
15. Economic boundaries of circular transport for delivery by 5 t truck, considering both cost and time (Example 3)
16. Economic boundaries of circular transport with intermediate stops, for delivery by 5 t truck, considering both cost and time (4 instances of receiving additional loads)
17. Difference in transport rates before and after discontinuation of lateral railway tracks in through-traffic. After C. Pirath. P — cost of goods transfer; B — siding charges
18. Reverse ratios of volumens and costs of railway and truck transport
19. Optical trend of refracted ray

20. Limit angle
21. Elementary complex. Location of road with regard to railway
22. Elementary complex. Deviation of road due to cost of freight transfer
23. Reorientation of market area (service) due to improvement in transport
24. System of markets along main (improved) transport track
25. Deformation of lateral track in anisotropic complex of transport tracks. Effect of main (improved) track
26. Deformation of pattern of lateral tracks (northeastern sector)
27. Diagram of function $K = \psi \cos \alpha + c$ versus hexagonal pattern. Comparison of "platination" (flattening effect)
28. Hypothetical anisotropic complex
29. Anisotropic model of complex of transport networks. 1 — first rank transport foci; 2 — second rank transport foci; 3 — third rank transport foci; 4 — fourth rank transport foci; 5 — rivers; 6 — railway lines; 7 — roads
30. Odotropic triangular complex
31. Odotropic rectangular complex
32. Exotropic triangular complex
33. Exotropic rectangular complex
34. Polycentric triangular complex
35. Polycentric rectangular complex
36. Monocentric triangular complex
37. Monocentric rectangular complex
38. Convergent variety of monocentric rectangular complex

PRACE GEOGRAFICZNE
INSTYTUTU GEOGRAFII PAN

1. Flis J., Kras Gipsowy Niecki Nidziańskiej. 1954, s. 73, zł 10,—
2. Walczak W., Pradolina Nysy i plejstocenijskie zmiany hydrograficzne na przedpołu Sudetów Wschodnich, 1954, s. 51, zł 18,—
3. Krzymowska A., Franciszek Szwarzenberg-Czerny profesor geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego (1847—1917). 1954, s. 69, zł 9,50
4. Paszyński J., Opady atmosferyczne dorzecza Odry i ich związek z hipsometrią i zalesieniem. 1955, s. 90, zł 16,50
5. Kiełczewska-Zaleska M., O powstaniu i przeobrażaniu kształtów wsi Pomorza Gdańskiego; Biskup M., Osady na prawie polskim na Pomorzu Gdańskim w pierwszej połowie XV w. 1956, s. 224, 3 mapy, zł 31,45
6. Okołowicz W., Geomorfologia okolic środkowej Wilii. 1956, s. 68, zł 10,—
7. Jahn A., Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd. 1956, s. 453, 5 map, zł 52,40
8. Fleszar M., Studia z dziejów geografii ekonomicznej w Polsce od połowy XVIII w. do r. 1848. 1956, s. 105, zł 20,—
9. Praca zbiorowa, Studia geograficzne nad aktywizacją małych miast. 1957, s. 526, zł 58,—
10. Werwicki A., Białostocki okręg przemysłu włókienniczego do 1945 roku. 1957, s. 164, zł 32,—
11. Starkel L., Rozwój morfologiczny progó Pogórza Karpackiego między Dębicą a Trzycianą. 1957, s. 152, 7 map, 20 ilustr., zł 40,—
12. Olszewicz B., Geografia polska w okresie Odrodzenia. 1957, s. 62, zł 15,50
13. Gilewska S., Rozwój geomorfologiczny wschodniej części Wyżyny Miechowskiej. 1958, s. 70 + 17 ilustr. + mapa, zł 20,—
14. Staszewski J., Vertical Distribution of World Population. 1957, s. 116 + 1 tabl. nb., zł 40,—
15. Łomniewski K., Zalew Wiślany. 1958, s. 106, zł 24,—
16. Litterer M., Zmiany w rozmieszczeniu i strukturze ludności Polski Ludowej w latach 1946—1950; Wejpa B., Zagadnienie struktury wieku ludności Polski Ludowej w r. 1950, 1955, s. 112, zł 22,—
17. Uhorczaek F., Mapy użytkowania ziemi — Polska. 1:1 mln. 1957
18. Kukliński A., Struktura przestrzenna przemysłu cegielnianego na Ziemiach Zachodnich, w epoce kapitalizmu. 1959, s. 156 + 19 wkładek, zł 49,—
19. Praca zbiorowa. Z badań środowiska geograficznego w powiecie mragowskim. 1959, s. 132 + 6 wkładek, zł 45,—
20. Tobjasz J., Wykorzystanie środowiska geograficznego dla hodowli w województwie białostockim. 1959, s. 160, 2 mapy, zł 33,—
21. Kowalska A., Paleomorfologia powierzchni podplejstocenijskiej niżowej części dorzecza Odry. 1960, s. 75, 6 map, zł 25,—
22. Starkel L., Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie. 1960, s. 239 + 16 map + 35 fot., zł 78.—
23. Balińska-Wuttke K., Geomorfologia obszaru między Skierniewicami a Rawą Mazowiecką. 1960, s. 112, 3 mapy, zł 43,50
21. Wróbel A., Województwo Warszawskie, Studium ekonomicznej struktury regionalnej. 1960, s. 140, zł 24,—
25. Praca zbiorowa. Problems of Applied Geography. 1961, s. 147 + 10 map + 15 fot.

26. Gieysztor I., Studia hydrologiczne nad potokami tatrzańskimi. 1961, s. 80 + 4 mapy, zł 26,—
27. Praca zbiorowa. Problems of Economic Region. 1961, s. 360, 11 map, zł 77.—
28. Staszewski J., Die Verbreitung der Bevölkerung nach dem Abstand vom Meer. 1961, s. 77 + 2 tabl., zł 20,—
29. Galon R., Morfology of the Noteć—Warta. 1961, s. 129 + mapa, zł 32,—
30. Fleszar M., Geografia ekonomiczna w Polsce do 1939 r. 1962, s. 173, zł 43,50
31. Praca zbiorowa. Land Utilization. Methods and Problems of Research. Proceedings of the International Seminar. Poland, 30.V.—8.VI.1960. 1962, s. 250 + 13 wkładek, zł 63,—
32. Kosiński L., Miasta województwa białostockiego. 1962, s. 163 + wkładki, zł 28,—
33. Kaczorowska Z., Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. 1962, s. 12 + wkładka, zł 28,—
34. Okołowicz W., Zachmurzenie Polski: Stopa M., Burze w Polsce. 1962, s. 185 + 2 wkładki, zł 45,—
35. Biegajło W., Sposoby gospodarowania w rolnictwie województwa białostockiego. 1962, s. 187 + mapy, zł 48,—
36. Dziewański J., Starkel L., Dolina Sanu między Soliną a Zwierzyniem w czwartorzędzie. 1962, s. 86 + 9 wkładek, zł 28,—
37. Chilczuk M., Rozwój i rozmieszczenie przemysłu rolno-spożywczego w województwie białostockim. 1962, s. 159, zł 38,—
38. Radłowska C., Rzeźba północno-wschodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. 1963, s. 178 + 12 fot. + 4 wkładki, zł 60,—
39. Szupryczyński J., Rzeźba strefy marginalnej i typy deglacji lodowców południowego Spitsbergenu. 1963, s. 162 + mapy, zł 35,—
40. Kosiński L., Procesy ludnościowe na ziemiach odzyskanych. 1963, s. 128 + wkładka, zł 28,—
41. Domański R., Zespoły sieci komunikacyjnych. 1963, s. 110, zł 24,—
42. Stasiak J., Historia jeziora Kruklin w świetle osadów strefy litoralnej. 1963 (w druku)
43. Mileska I. M., Regiony turystyczne Polski. 1963, s. 156, zł 34,—
44. Gilewska S., Rzeźba progu środkowotriasowego okolic Będzina. 1963 (w druku)
45. Chilczuk M., Sieć ośrodków więzi społeczno-gospodarczej wsi w Polsce. 1963 (w druku).
46. Praca zbiorowa. Problems of Geomorphological Mapping. 1963 (w druku).

Varia

- Kaczorowska Z., Spis zagranicznych czasopism i wydawnictw seryjnych z zakresu nauk o ziemi, znajdujących się w bibliotekach polskich. 1957, s. 377, zł 100,
- Ratajski L., Szewczyk J., Zwoliński P., Polskie nazewnictwo geograficzne świata. 1959, s. 857, zł 135,—
- Łodyński M., Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce. Zeszyt 1. Katalog atlasów i dzieł geograficznych, 1482—1800. 1961, s. 248, zł 72,—
- Łodyński M., Centralny Katalog zbiorów kartograficznych w Polsce. Zeszyt 2. s. 113, zł 28,—



