

POLSKA
AKADEMIA
NAUK

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

LUDWIK MAZURKIEWICZ

ZASTOSOWANIE
METODY SYMULACJI
W BADANIU ZMIAN
PRZESTRZENNEJ
STRUKTURY MIASTA



ROK 1977

ZESZYT 5

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

WYKAZ ZESZYTÓW
PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ
za ostatnie lata

1971

- 1—2 Teoretyczne problemy współczesnej kartografii, s. 227 + nlb., zł 30,—
- 3—4 Problemy regionalizacji w krajach Trzeciego Świata, s. 232, zł 30,—

1972

- 1 Procesy urbanizacji w ZSRR, s. 132 + nlb., zł 30,—
- 2 Metody fotointerpretacyjne w badaniach geograficznych, s. 173 + nlb., zł 30,—
- 3—4 Modele migracji, s. 426 + nlb., zł 66,—

1973

- 1 Geografia rolnictwa. Problematyka i kierunki badań, s. 200 + nlb., zł 30,—
- 2 Problemy urbanizacji w krajach Trzeciego Świata, s. 174, zł 27,—
- 3—4 Kartograficzna metoda badań w geografii, s. 166 + nlb., zł 30,—

1974

- 1—2 Przestrzeń krajów Trzeciego Świata. Problemy metodologiczne, s. 212, zł 48,—
- 3—4 Zasoby, człowiek i środowisko, s. 93, zł 24,—

1975

- 1—2 Przestrzenna dyfuzja innowacji, s. 202, zł 48,—
- 3—4 Matematyczne modelowanie środowiska, s. 131, zł 48,—

1976

- 1 Modele w geografii fizycznej, s. 151, zł 24,—
- 2 Modele dyfuzji i łańcuchy Markowa w analizie przestrzennej, s. 124, zł 24,—
- 3—4 Metody matematyczne w badaniach struktury przestrzennej rolnictwa, s. 151, zł 48,—

1977

- 1 Zdjęcia i obrazy satelitarne w badaniach środowiska geograficznego, s. 147, zł 24,—
- 2 Przestrzenne modele symulacyjne, s. 153, zł 24,—
- 3 Integracja systemu planowania oraz rozwoju miast w Europie Zachodniej, s. 128, zł 24,—
- 4 Badanie i zbieranie map. Przegląd historyczny, s. 78, zł 24,—

ZASTOSOWANIE METODY SYMULACJI
W BADANIU ZMIAN
PRZESTRZENNEJ STRUKTURY MIASTA
(NA PRZYKŁADZIE WAŁBRZYCHA)

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND OF SPATIAL ORGANIZATION

LUDWIK MAZURKIEWICZ

THE SIMULATION TECHNIQUE
AS APPLIED TO THE STUDY CHANGES
IN URBAN SPATIAL STRUCTURE
(ON THE EXAMPLE OF WAŁBRZYCH)



YEAR 1977

FASC. 5

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>

POLSKA
AKADEMIA
NAUK

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

LUDWIK MAZURKIEWICZ

ZASTOSOWANIE
METODY SYMULACJI
W BADANIU ZMIAN
PRZESTRZENNEJ
STRUKTURY MIASTA
(NA PRZYKŁADZIE WAŁBRZYCHA)



ROK 1977

ZESZYT 5

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK
<http://rcin.org.pl>

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Halina Szulc
Sekretarz Redakcji: Zuzanna Siemek
Członkowie: Kazimierz Klimek, Wanda Spryszyńska,
Władysława Stola, Andrzej Żeromski

Adres Redakcji:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
Polskiej Akademii Nauk
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

Redaktor Wydawnictwa: Marzena Pawłowska-Chachaj

Redaktor techniczny: Helena Repa

Printed in Poland

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1978.
Nakład: 460 egz. Ark. wyd. 5, ark. druk. 4,25, ark. A1 6. Papier
druk. sat. kl. IV, 70 g, 70×100. Oddano do składania 6 VII 1977.
Podpisano do druku I II 1978. Druk ukończono w lutym 1978.
Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. 1521/77— M-7 Cena zł 24.—

<http://rcin.org.pl>

SPIS TREŚCI

Wstęp		7
Wprowadzenie		7
Cel i przedmiot pracy		10
Metoda i obszar badań		10
I. Przestrzenna struktura funkcjonalna Wałbrzycha — empiryczna analiza zmian		16
II. Modelowanie empirycznej struktury przestrzenno-funkcjonalnej Wałbrzycha — wyniki zastosowania modelu Batty'ego		28
III. Modelowanie empirycznej struktury przestrzenno-funkcjonalnej Wałbrzycha — wyniki zastosowania modelu opartego na mechanizmie „pośrednich możliwości”		43
Zakończenie		58
Literatura		62
The Simulation Technique as Applied to the Study of Changes in Urban Spatial Structure (on the example of Wałbrzych) — summary		63
Применение имитационного метода для изучения изменений территориальной структуры города (на примере города Валбжих) — резюме		66

WSTĘP

WPROWADZENIE

Ze względu na treść i charakter badawczy praca nawiązuje do jednego z zasadniczych nurtów teorii rozwoju struktury przestrzennej miast — problematyki modeli układów funkcjonalnych (P. Korcelli 1974).

Koncepcję modeli układów funkcjonalnych można uważać za nowy sposób podejścia do zagadnienia opisu oraz wyjaśnienia procesu rozwoju i funkcjonowania organizmu miejskiego w kontekście zmian w jego wymiarze przestrzennym. Koncepcja ta zaczęła kształtować się stosunkowo niedawno, bo w końcu lat pięćdziesiątych, na bazie prac planistycznych wykonywanych dla obszarów miast i aglomeracji miejskich. Jej początki wiążą się z okresem podejmowania pierwszych prób na polu wdrażania metodologii systemów oraz badań operacyjnych do analiz wewnętrznych struktur miejskich, a także z przewrotem, jakiego w metodach badań społeczno-ekonomicznych dokonało upowszechnienie elektronicznej techniki obliczeniowej.

Za teoretyczne podwaliny modeli układów funkcjonalnych uważa się hipotezy interakcji społecznej w przestrzeni (P. Korcelli 1974). Twórcami hipotez byli niezależnie od siebie S. A. Stouffer (1940) i J. Q. Stewart (1947). Sformułowane przez nich założenie dotyczy przyczyn kształtowania się układu przestrzennych powiązań (interakcji) między rozmieszczonymi w różnych obszarach przestrzeni populacjami o różnych (i w różny sposób dających się mierzyć) rozmiarach. Według autorów hipotez wielkość przestrzennej interakcji jest jednoznacznie zdeterminowana przez wielkości pozostających w określonym związku funkcjonalnym populacji oraz miarę odległości między nimi.

Hipoteza interakcji społecznej w przestrzeni S. A. Stouffera nosi nazwę modelu pośrednich możliwości. J. Q. Stewart sformułował swoją hipotezę w oparciu o analogię z prawem powszechnego ciężenia Newtona, stąd też znana ona jest jako model grawitacji.

Hipotezy interakcji społecznej znalazły szerokie zastosowanie w badaniach nad przyczynami zmian w przestrzennym rozkładzie wielu dziedzin ludzkiej działalności. Do badań miejskich wprowadzono je początkowo przy okazji prac nad planowaniem sieci wewnątrzmijskiego transportu. Doświadczenia w tym zakresie stały się załącznikiem modeli układów funkcjonalnych. Ich właściwy rozwój nastąpił od połowy lat sześćdziesiątych, od czasu sformułowania znanego modelu Lowry'ego.

Duża część stosowanych obecnie modeli układów funkcjonalnych stanowi w znacznej mierze wynik rozwinięć i modyfikacji założeń, których autorem był J. Lowry.

Przedmiotem badania i zastosowania modeli układów funkcjonalnych jest przestrzenna organizacja podstawowych dziedzin życia i działalności człowieka. Przestrzenna organizacja dziedziny działalności, lub prościej układ przestrzenny działalności, będzie w dalszym ciągu rozumiany jako zbiór miejsc ludzkiej aktywności życiowej lub zawodowej jednego rodzaju odniesiony do rejonów miasta.

Elementem układu przestrzennego działalności jest mieszczący się w granicach jednego rejonu sumaryczny obszar związany z jednym sposobem użytkowania ziemi lub/i ilość miejsc działalności jednego rodzaju skupiona na tym obszarze. Rozmieszczenie elementów układów działalności względem siebie na obszarze miasta określa przestrzenną organizację działalności miejskich.

Funkcje, które ludzie pełnią w miejscach swojej aktywności nie zachodzą we wszystkich miejscach równocześnie. Spowodowane jest to tym, że zbiór ludzi jest mniej liczny od zbioru miejsc ludzkiego działania i dla pełnienia swoich codziennych czynności ludzie muszą przemieszczać się w obszarze miasta wiążąc zróżnicowane funkcjonalnie elementy przestrzennych układów działalności systemem interakcji społecznych.

Powiązane między sobą siecią interakcji społecznych przestrzenne układy działalności tworzą układy funkcjonalne. Wśród tych układów podstawowe znaczenie dla rozwoju przestrzennej struktury miasta ma układ miejsca pracy — miejsca zamieszkania¹. Wzajemne oddziaływanie, za pośrednictwem interakcji społecznych, przestrzennych układów działalności w obrębie różnych układów funkcjonalnych decyduje o kształcie przestrzennym miasta (P. Korcelli 1974).

W ujęciu modeli układów funkcjonalnych zjawisko zmian w miejskiej organizacji przestrzennej sprowadza się do generowania ciągu następujących po sobie w czasie zmian w stanach struktury układów funkcjonalnych. Zmiany stanu struktury układów tworzących przestrzenną organizację funkcjonalną miasta nie następują w każdym z nich w tym samym momencie czasu. Zakłada się, że tylko niektóre układy działalności posiadają właściwości inicjujące ten proces. Zmiana stanu ich struktury znajduje odbicie w stanie, jaki przyjmuje układ interakcji przestrzennych, co z kolei powoduje zmianę na poziomie układów funkcjonalnych. Zapoczątkowane w jednym układzie funkcjonalnym zmiany przenoszą się w inne, zazębiające się z nim układy, kreując w rezultacie proces przemian w miejskiej strukturze przestrzennej.

Obraz przestrzennej organizacji (struktury) funkcjonalnej miasta jako zespołu uzupełniających się układów funkcjonalnych jest uproszczonym schematem pewnego aspektu rzeczywistości miejskiej. Aby odwzorować za pomocą narzędzia modelującego wybrany wycinek tej rzeczywistości należy zachować izomorficzną odpowiedniość między strukturą będącą przedmiotem badania a strukturą modelową.

¹ W dalszym ciągu pracy dla ułatwienia termin „Układ przestrzenny miejsc zamieszkania (pracy)” często stosowany będzie zamiennie jako termin „układ przestrzenny ludności (zatrudnienia)”;

ludność i zatrudnienie będą traktowane umownie, jako pojęcie zastępcze dla pojęcia działalności.

Zabezpieczając odpowiedniość o takim charakterze można dla opisu rzeczywistości posłużyć się językiem matematyki. Elementy i relacje w strukturze modelowej definiuje się wówczas przy pomocy zmiennych matematycznych (J. Lowry 1965).

Lista zmiennych stanowi jedynie opis struktury modelowej w języku matematyki, a w odniesieniu do rzeczywistej struktury przestrzennej wskazuje, która z działalności miejskich oraz które powiązania między nimi zostały wyodrębnione i będą uwzględnione w modelowaniu.

Proces modelowania wymaga przyjęcia pewnych założeń o sposobie przebiegu zmian w wybranym wycinku rzeczywistości. Założenia te uwzględnione w modelu określają jego strukturę logiczną, która wyrażona jest charakterem zależności funkcyjnych między zmiennymi matematycznymi. Zapisem tych zależności są równania. Zbiór równań matematycznych opisujący w języku liczb sposób, w jaki zmiany w organizacji przestrzennej jednych układów działalności wpływają na strukturę układów z nimi powiązanych nosi nazwę modelu układów funkcjonalnych.

Zastosowanie modelu układów funkcjonalnych w badaniu zmian w przestrzennej strukturze funkcjonalnej miasta polega na odtworzeniu tych zmian zgodnie z założeniami badawczymi (hipotezami) przyjętymi w modelu oraz ma na celu konfrontację wyników modelowania z rzeczywistym przebiegiem badanego zjawiska. Rzeczywistość reprezentowana jest przez materiał empiryczny. Jest on tylko wtedy użyteczny dla potrzeb modelowania, gdy ma charakter ilościowy, to znaczy, gdy badany proces ujęty jest w postaci szeregów lub rozkładów liczbowych. Co do charakteru takiego rozkładu zakłada się, że jest on obrazem efektu działania pewnego prawa rządzącego procesem. Właśnie to prawo, leżące u podłoża takiego, a nie innego rysunku przebiegu procesu, jest w postaci hipotezy wyrażone równaniami modelu układów funkcjonalnych. Jeśli więc zakłada się, że znany jest mechanizm kierujący procesem rzeczywistym, to dla odtworzenia wystarczy znać początkowy stan procesu oraz podstawowe parametry jego rozkładu lub przebiegu. Parametry i stan wyrażone są zbiorem liczb. Podstawiając je w miejsce zmiennych równań modelu i rozwiązując te równania otrzymuje się jako wynik również zbiór liczb o określonym rozkładzie nazywany modelem procesu. Elementy empirycznego rozkładu liczbowego i modelu procesu reprezentują poszczególne, następujące po sobie stany badanego procesu. Ponieważ obliczone stany odpowiadają stanom rzeczywistym i przebiegają w takiej samej kolejności procedura modelowania, w wyniku której uzyskuje się model procesu nosi nazwę symulacji (odtworzenia) procesu (J. Winkowski 1974).

Dla uzyskania modelu procesu potrzebny jest nie tylko zbiór równań, ale również algorytm ich rozwiązania. Jest to napisany w języku maszyny cyfrowej program ustalający kolejne kroki przy obliczaniu wszystkich równań dla każdego zbioru danych empirycznych. Dzięki algorytmowi symulacji procesu model układów funkcjonalnych nabiera charakteru operacyjnego, to znaczy jest zdolny do odtworzenia (liczbowego) obrazu symulowanego procesu.

Podobnie jak wszystkie modele, również modele układów funkcjonalnych mogą mieć dwojaki charakter — opisowy i normatywny. Według D. W. Millera i M. K. Starra (1971) modele opisowe obrazują system, natomiast modele normatywne służą poszukiwaniu optymalnej struktury systemu. Pełniąc funkcje opisowe

operacyjny model układów funkcjonalnych pozwala śledzić, wywołane decyzjami lokalizacyjnymi, prawdopodobne zmiany w teoretycznej strukturze przestrzennej układu miejskiego. Służąc celom normatywnym generuje on obraz odpowiadający pewnym z góry założonym wzorcom struktury funkcjonalno—przestrzennej miasta lub optymalizuje przebieg zmian w tej strukturze ze względu na określony zbiór kryteriów, celów, czy też potrzeb planistycznych. W pierwszym i drugim przypadku metoda symulacji spełnia jedno zadanie — pozwala projektować pewną hipotetyczną strukturę funkcjonalno-przestrzenną badanego obszaru, którą następnie można porównać z rzeczywistością. Jeżeli konfrontacja z rzeczywistością dotyczy modelu procesu o opisowym charakterze, metoda symulacji umożliwia testowanie, czyli określenie stopnia empirycznego poparcia dla hipotezy zawartej w modelu układów funkcjonalnych. Gdy model układów funkcjonalnych ma normatywny charakter, zestawienie otrzymanego za jego pomocą modelowego obrazu z rzeczywistością pozwala ocenić, na ile ta ostatnia odpowiada przyjętym normom.

CEL I PRZEDMIOT PRACY

Celem pracy jest symulacja procesu przebiegu zmian w przestrzennej strukturze funkcjonalnej Wałbrzycha ujętej w kategoriach układu bazy ekonomicznej i ludności miasta. Zostanie ona przeprowadzona w drodze zastosowania dwóch modeli układów funkcjonalnych. Pierwszy z nich będzie modelem opisowym. Przy jego pomocy weryfikacji zostanie poddana hipoteza opisująca proces zmian w strukturze układu bazy ekonomicznej i ludności miasta, jako podlegające prawu samoregulacyjnego rozwoju zjawisko, kontrolowane w swoim przestrzennym wymiarze działaniem grawitacyjnej zasady lokalizacyjnej.

Drugi model będzie miał za zadanie określić stopień zbieżności między rozwojem rzeczywistej struktury przestrzennej Wałbrzycha a jej rozwojem w stanie zrównoważonym.

Przestrzenna struktura funkcjonalna miasta zostanie przedstawiona w postaci dwóch funkcjonalnych układów związanych z przestrzennymi układami miejsc zamieszkania i miejsc pracy w dwóch sektorach odpowiadających funkcjom bazy ekonomicznej miasta. Pierwszy model symulował będzie zmiany w układzie typu miejsca zamieszkania — miejsca pracy ogółem oraz w układzie miejsca zamieszkania — miejsca pracy w sektorze endogenicznym. Przedmiotem modelowania drugiego modelu będzie układ typu miejsca zamieszkania — miejsca pracy w sektorze produkcyjnym oraz układ miejsca zamieszkania — miejsca pracy w sektorze konsumpcyjnym. Zakres i znaczenie tych pojęć podano i wyjaśniono poniżej.

METODA I OBSZAR BADAŃ

Stanowiącą przedmiot badania strukturę układów oparto o przestrzenne rozmieszczenie miejsc zamieszkania oraz miejsc pracy w trzech grupach zatrudnienia tworzących bazę ekonomiczną miasta — zatrudnionych w sektorze egzogenicznym, w sektorze endogenicznym o orientacji produkcyjnej i w sektorze endogenicznym o orientacji konsumpcyjnej (M. Bat ty 1972a). Ilość wszystkich czterech rodzajów

miejsce działalności odniesiono do 22 rejonów, na które podzielony został badany obszar. Liczba miejsc danego rodzaju działalności w jednym rejonie określała wielkość elementu układu przestrzennego działalności.

W przypadku układu mieszkalnictwa wielkość elementów jego struktury przestrzennej została ustalona na podstawie danych ze spisu powszechnego w latach 1960 i 1970. Liczbę rejonowych wielkości ludności w latach międzypisowych oszacowano zgodnie z założeniem o liniowym charakterze związku między jej liczbą a czasem.

Rozmiary elementów układów związanych z sektorami bazy ekonomicznej miasta uzyskano w drodze zastosowania metody pomiaru bezpośredniego. Punktem wyjścia w metodzie bezpośredniego pomiaru było ustalenie przebiegu zmian w wielkości zatrudnienia w czasie w każdym zakładzie i instytucji znajdujących się na badanym obszarze. Dokonano tego na podstawie materiałów otrzymanych w Miejskim Urzędzie Statystycznym. Korzystano z dwóch rodzajów formularzy: formularza ZK (sprawozdanie o stanie i ruchu zatrudnionych) i BSR—21 (informacja o zatrudnieniu). Wzory formularzy podano w załączniku 1.

Otrzymany dla każdej badanej jednostki szereg czasowy podzielono następnie na trzy składowe odpowiadające sektorom bazy ekonomicznej. Podział był przeprowadzony na podstawie danych uzyskiwanych w drodze wywiadu bezpośredniego. W praktyce wywiad nie dotyczył wszystkich jednostek. Nie uwzględniono tych, których zatrudnienie z uwagi na charakter pełnionych funkcji należało w całości do jednego z sektorów bazy ekonomicznej.

Udział poszczególnych sektorów w całości zatrudnienia zakładowego ustalono w dwóch etapach. Najpierw dzielono zatrudnienie na dwie podstawowe części

Załącznik 1

Wzory formularzy ZK i BSR—21

Nazwa i adres jednostki sprawozdawczej	Numer statystyczny jednostki sprawozdawczej obowiązujący od dnia 1 I 1971 r.	Termin złożenia sprawozdania 5 I 1971 r. Adresat
Nazwa i adres jednostki nadrzędnej	ZK Sprawozdanie o stanie i ruchu zatrudnionych za rok 1970
Nazwa i adres zjednoczenia jednostki nadrzędnej	Numer statystyczny jednostki sprawozdawczej obowiązujący do dnia 31 XII 1970 r.	Wypełniają jednostki nie posiadające numerów statystycznych. Podstawowy przedmiot działalności jednostki sprawozdawczej
Ministerstwo	Nazwa województwa powiatu (miasta) (wypełniać tylko dla zakładów położonych na terenie innego powiatu niż zarząd jednostki sprawozdawczej)	Jednostka sprawozdawcza jest finansowana z planu centralnego (terenowego) w dziale
Przed wypełnieniem przeczytać instrukcję Nr 160 ze zmianami z dnia 10 VIII 1970 r.		

Dział I. Zatrudnienie w gospodarce uspołecznionej
Stan w dniu 31 XII 1970 r.

Wyszczególnienie	Ogółem (rubr. 3+5)	Mężczyźni		Kobiety	
		razem	w tym młodociani do lat 18	razem	w tym młodociani do lat 18
1	2	3	4	5	6
OGÓŁEM (wiersze 2+5+6+7+8+ +9+10+11)	1				
Pracownicy pełnozatrudnieni	2				
w tym pracownicy fizyczni	3				
Pracownicy niepełnozatrudnieni	4				
w tym pracownicy niepełnozatrudnieni, dla których głównym miejscem pracy jest jednostka sprawozdawcza	5				
Pracownicy sezonowi	6				
Pracownicy zatrudnieni dorywczo, wynagradzani z osobowego funduszu płac	7				
Osoby zatrudnione przy pracy nakładczej	8				
Osoby wynagradzane z funduszu prowizji	9				
Osoby (agenci) zatrudnieni na podstawie umowy agencyjnej zryczałtowanej	10				
Osoby zatrudnione przez agentów (wymienionych w wierszu 10) zabezpieczone w ZUS	11				
Uczniowie	12				
Kobiety korzystające z urlopu bezpłatnego w celu sprawowania opieki nad małymi dziećmi	13				

odpowiadające grupie egzo- i endogenicznej. Proporcje, w jakich pozostawały obydwie grupy, odpowiadały proporcji, jakie stanowił stosunek dwóch rodzajów dóbr i usług wytwarzanych w zakładzie, tych które znajdowały popyt poza miastem do tych, na które zapotrzebowanie zgłaszane było wewnątrz granic miejskich.

W drugim etapie dzielono zatrudnienie endogeniczne na dwie części. Jako kryterium przyjęto charakter wytwarzanych dóbr i usług. Za produkcyjne uważano te, które były niezbędne dla funkcjonowania innych zakładów o profilu produkcyjnym. Natomiast charakter konsumpcyjny przypisywano tym dobrom i usługom, które

BSR—21

CZ. I. ZATRUDNIENIE

Informacja o zatrudnieniu w latach 1971—1975

Pełna nazwa i adres jednostki (przedsiębiorstwa)

.....

Nazwa i adres jednostki nadrzędnej

.....

Nazwa i adres jednostki naczelnej

.....

Nr statystyczny (podstawowy lub wewnętrzny)

Siedziba zakładu	
Miasto	Wiś

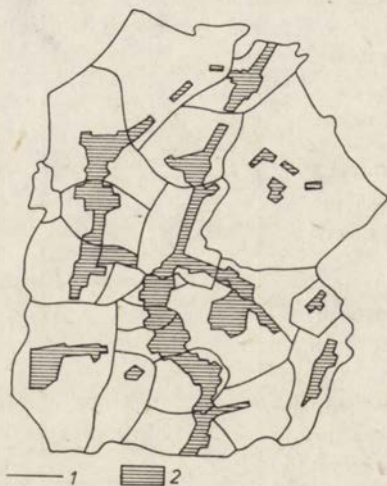
		Stan na dzień 31 XII 1971	Przewidywany stan na dzień 31 XII			
			1972	1973	1974	1975
0		1	2	3	4	5
Zatrudnieni ogółem bez uczniów oraz osób wymienionych w pozycjach 3 do 8	razem					
	w tym kobiety					
Zatrudnieni przy pracy nakładczej	razem					
	w tym kobiety					
Osoby wynagradzane z funduszu prowizji	razem					
	w tym kobiety					
Osoby zatrudnione jako ajenci oraz zatrudnione przez agentów	razem					
	w tym kobiety					
Pracownicy	ogółem (poz. 1+3+5+7)					
	w tym kobiety (poz. 2+4+6+8)					
Pracownicy danej jednostki zatrudnieni czasowo poza granicami państwa na okres dłuższy niż jeden rok	razem					
	w tym kobiety					

służyły bezpośrednio potrzebom konsumpcyjnym ludności miasta. Udział zatrudnienia endogenicznego o orientacji produkcyjnej i konsumpcyjnej w całkowitym zatrudnieniu endogenicznym zakładu stanowił odbicie udziału obydwu rodzajów dóbr i usług w ich całości wytwarzanej przez zakład dla wewnętrznych potrzeb miasta.

Podział zatrudnienia miejskiego na trzy części stanowił podstawę do wydzielenia wymienionych poprzednio typów układów funkcjonalnych. W układzie typu miejsca zamieszkania — miejsca pracy ogółem na te ostatnie składały się miejsca pracy związane z wszystkimi trzema sektorami bazy ekonomicznej, podczas gdy w przestrzennym układzie miejsc pracy w sektorze endogenicznym będącym składową drugiego układu funkcjonalnego, miejsca pracy związane były z obydwoma częściami sektora endogenicznego.

Zajęcia produkcyjne w układzie miejsca zamieszkania — miejsca pracy w sektorze produkcyjnym tworzyło zatrudnienie egzogeniczne o orientacji produkcyjnej, natomiast sektor konsumpcyjny w drugim z układów funkcjonalnych składał się z zatrudnienia endogenicznego o orientacji konsumpcyjnej.

Obok danych empirycznych odnoszących się do wielkości działalności miejskich, niezbędne dla przeprowadzenia modelowania było uzyskanie materiałów dotyczących empirycznego stanu układu wymiany ruchu między rejonami miasta. Wyniki badań przejazdów z pracy do domu zostały przeprowadzone przez MPK w 1967 r. Mają one postać macierzy o wymiarach 22×22 . Elementy macierzy podają ilość podróżujących między parami poszczególnych rejonów i i j. Na podstawie macierzy wymiany ruchu w Biurze Studiów i Projektów Komunikacji Miejskiej we Wrocławiu obliczono wartość wymaganego w pierwszym modelu parametru zmiennej odległości. Również w drugim modelu warunkiem przeprowadzenia symulacji



Ryc. 1. Obszar badań

1 — granice rejonów; 2 — tereny miejskiego zainwestowania

Study area

1 — district boundaries; 2 — urban land use area

jest znajomość parametrów równań. Zostały one obliczone na bazie tej samej macierzy wymiany ruchu. Wartości parametrów i ich rola w modelowaniu bliżej omówione zostaną w dalszej części pracy.

Badaniem objęto obszar dwóch miast wchodzących w skład aglomeracji wałbrzyskiej. Są to Wałbrzych i Szczawno-Zdrój, które w dalszym ciągu pracy będą dla ułatwienia określane wspólnym mianem miasta Wałbrzycha. W 1960 r. na jego obszarze zamieszkiwało 128,5 tys. ludności, zatrudnionych było 50,1 tys. osób. W 1971 r. odpowiednie liczby wynosiły 137,5 tys. oraz 56,5 tys. (ryc. 1).

I. PRZESTRZENNA STRUKTURA FUNKCJONALNA WAŁBRZYCHA EMPIRYCZNA ANALIZA ZMIAN

Modelowanie dowolnego procesu zachodzącego w rzeczywistości odbywa się przy założeniu, że jego przebieg jest wynikiem działania dwojakiego rodzaju przyczyn — głównych i ubocznych. Przyczyny główne konstytuują mechanizm wewnętrzny rządzący procesem, przyczyny uboczne decydują o całej masie czynników zewnętrznych, modyfikujących i zacierających wpływ mechanizmu na przebieg procesu (J. Winkowski 1974).

Każdy model, przy pomocy którego symuluje się proces rzeczywisty odtwarza działanie wewnętrznego mechanizmu rządzącego procesem. Zadaniem niniejszego rozdziału jest w pierwszym rzędzie identyfikacja mechanizmu decydującego o kształtowaniu zmian w empirycznym układzie bazy ekonomicznej i ludności Wałbrzycha, a następnie ukazanie głównych tendencji rozwoju rzeczywistej struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta. Punktem wyjścia w tej analizie będzie tabela 1. Układ tabeli pozwala badać zmiany w czasie w strukturze działowej trzech sektorów bazy ekonomicznej Wałbrzycha. Wiersze tabeli przedstawiają dynamikę zmian w zakresie trzech funkcji ekonomicznych pełnionych przez każdy z jedenastu działów gospodarki narodowej. Kolumny prezentują stan struktury funkcjonalno-działowej układu zatrudnienia całkowitego w poszczególnych okresach czasu. Z tabeli wynika, że najmniejsza dynamika rozwoju cechowała w badanym okresie zatrudnienie endogeniczne o orientacji produkcyjnej, niemal całkowicie skupione w trzech działach: przemyśle (udział tego działu spadł z 80 do 70%), transporcie i budownictwie. W dziale przemysłu najwięcej miejsc pracy o charakterze endogeniczno-produkcyjnym skupiło się w górnictwie, energetyce i koksochemii. Charakterystyczny spadek ich liczby jest odbiciem procesu ubywania miejsc pracy w tych resortach.

Natomiast budownictwo i transport nastawione na obsługę szerszej rodzajowo grupy zakładów wykazują tendencje wzrostowe. Nieco szybszy rozwój transportu wynika z obsługi w zasadzie wszystkich zakładów produkcyjnych. Budownictwo jest bardziej wyspecjalizowane — około 40% zatrudnionych związanych było z działalnością budowlano-montażową na terenie kopalń.

Minimalnie większą dynamiką wzrostu legitymuje się zatrudnienie egzogeniczne. Wprawdzie zatrudnieni w tym sektorze należą do 10 działów gospodarki narodowej, jednak olbrzymia ich większość skupia się w przemyśle. Charakteryzujące się fluktuacjami zmiany w wielkości przemysłowego zatrudnienia egzogenicznego są wypadkową dwóch tendencji — szybkiego spadku liczby miejsc pracy

Zmiany w strukturze funkcjonalno-działowej zatrudnienia na obszarze Wałbrzycha w latach 1960—1971

Dział	Lata Funkcje	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
		Przemysł	Egzogeniczne	22531	22185	22083	22063	21396	21827	21784	22480	22191	21945
	Endog. prod.	7989	7959	7756	7811	7780	7770	7604	7599	7317	7146	6993	7062
	Endog. kons.	996	1080	1207	1116	1290	1256	1307	1205	1219	1599	1856	1671
Transport	Egzogeniczne	1792	1673	1727	1859	1879	1961	2018	1938	1916	2068	2086	2136
	Endog. prod.	1262	1279	1348	1399	1543	1547	1563	1608	1673	1731	1722	1816
	Endog. kons.	1136	1217	1197	1277	1310	1234	1285	1270	1287	1272	1483	1504
Budownictwo	Egzogeniczne	469	503	646	726	683	574	625	377	578	537	713	739
	Endog. prod.	1400	1403	1458	1539	1616	1424	1334	1522	1698	1968	1686	1798
	Endog. kons.	1287	1573	1660	1590	1622	1504	1608	1875	2071	1958	1981	1855
Ochrona zdrowia	Egzogeniczne	991	1101	1128	1126	1185	1140	1123	1055	1202	1288	1317	1250
	Endog. kons.	651	592	666	885	1170	1383	1444	1685	1800	1802	1604	1932
Gospodarka komunalna	Egzogeniczne	62	68	62	65	60	58	47	50	49	51	51	50
	Endog. prod.	71	80	74	76	64	63	62	69	61	64	65	69
	Endog. kons.	2852	2453	2702	2581	2613	2569	3068	3123	3020	3086	3158	3298
Obrót towarowy	Egzogeniczne	50	44	69	80	90	37	18	61	28	30	37	44
	Endog. kons.	3745	3911	3598	3471	3398	3440	3226	3275	3423	3472	3635	3669
Nauka, oświata, kultura	Egzogeniczne	256	272	275	286	306	267	294	292	304	295	323	385
	Endog. kons.	1611	1694	1718	1773	1817	1926	2084	1951	2023	2086	2323	2312
Administracja	Egzogeniczne	228	225	236	256	264	269	265	207	201	204	215	208
	Endog. kons.	501	452	466	345	369	487	481	549	590	554	535	552
Instytucje finansowe	Egzogeniczne	29	29	29	29	29	30	30	35	35	37	30	32
	Endog. kons.	260	262	309	344	339	344	355	398	437	505	550	544
Rolnictwo	Egzogeniczne	258	287	265	262	383	385	394	521	508	496	520	552
	Endog. kons.	—	—	—	—	—	12	9	46	21	8	12	139
Inne	Endog. kons.	304	330	361	302	460	348	350	324	583	351	551	349
	Razem	50129	50356	50716	50946	51367	51670	52043	53213	53910	54284	56013	56572

Źródła — materiały własne

Objaśnienia:

Endog. prod. — endogeniczne produkcyjne; Endog. kons. — endogeniczne konsumpcyjne

w kopalniach oraz systematycznego ich wzrostu w zakładach innych branż. Kopalnie należą do największych zakładów w mieście — jest ich trzy. W 1960 r. pracowało tam 9 095 osób² (40% całości przemysłowego zatrudnienia egzogenicznego), natomiast w 1971 r. już tylko 6 936 (30%). W pozostałych sześciu, największych po kopalniach zakładach (powyżej 900 zatrudnionych) — trzech branży ceramicznej oraz po jednym z branży chemicznej, włókienniczej i metalowej — zatrudnionych było w 1960 r. 8 146 (36% przemysłowego zatrudnienia egzogenicznego), a w 1971 r. 8 822 (38%) osób. Wliczając w to wybudowany w 1970 r., liczący prawie 1 000 miejsc pracy zakład odzieżowy, otrzymuje się 9 879 (43%) zatrudnionych w siedmiu zakładach przemysłowych sektora egzogenicznego, poza kopalniami. Przyrost miejsc pracy w tych oraz pozostałych zakładach przemysłowych niwelował skutki spadku zatrudnienia w kopalniach, w wyniku czego przebieg zmian w ogólnym zatrudnieniu przemysłowym o charakterze egzogenicznym był mniej więcej wyrównany.

O tempie wzrostu sektora egzogenicznego w dziale transportu i łączności zdecydował przyrost liczby miejsc pracy w czterech przedsiębiorstwach przewozowych podległych PKP i PKS. W 1960 r. zatrudnionych tam było 1 535 osób (86% całości zatrudnienia egzogenicznego w tym dziale), a w 1971 r. 1 670 osób (78%). W budownictwie specjalizacja osiągnęła jeszcze większe rozmiary. W 1960 r. w jednym przedsiębiorstwie pracowało 445 osób (94% działowego zatrudnienia egzogenicznego). W 1971 r. w czterech największych przedsiębiorstwach zatrudnionych było 646 pracowników (87%).

Względny spadek udziału zatrudnienia w dużych zakładach, w ogólnym zatrudnieniu egzogenicznym, miał miejsce również w dziale ochrony zdrowia i opieki społecznej. W liczbach bezwzględnych i w tym przypadku zanotowano wzrost — w 1960 r. 689 zatrudnionych (69% całego działowego sektora egzogenicznego) pracowało w dwóch przedsiębiorstwach zespołu przyrodoleczniczego w Szczawnie-Zdroju. Wprawdzie w 1971 r. liczba ta wzrosła do 834 pracowników, ale było to już 66% wielkości sektora. Resztę miejsc pracy w tym dziale obejmowało głównie szpitalnictwo — w 1971 r. były na terenie Wałbrzycha cztery szpitale.

Trzy działy — transport, budownictwo i ochrona zdrowia oraz rolnictwo i leśnictwo — charakteryzował wzrost liczby miejsc pracy i jednocześnie wzrost udziału w ogólnym zatrudnieniu egzogenicznym. W 1960 r. pracowało tutaj 13% (3 510 osób), a w 1971 r. 16% (4 677 osób). Równocześnie udział zatrudnionych w przemyśle, w sektorze egzogenicznym spadł z 84 do 81%. Pozostałe działy zanotowały brak zmian w tym zakresie — stanowiły one w całym badanym czasie 3-procentową frakcję całości sektora egzogenicznego.

Stosunkowo największym tempem zmian w wielkości zatrudnienia charakteryzował się sektor endogeniczny o orientacji konsumpcyjnej. Nie było w zasadzie działu, który by w tym zakresie zanotował spadek. W dziale przemysłu większość miejsc pracy skupiła się w ośmiu zakładach przemysłu terenowego branży spożywczej, galanteryjnej, drzewnej, odzieżowej. Największym zakładem były Zakłady Mięsne, w których zatrudnienie wynosiło przeciętnie 200 osób. W dziale transportu

² Dane statystyczne podane poza tabelą 1 pochodzą z „Oceny wykonania planu gospodarczego i budżetu” — materiały z posiedzenia MRN w Wałbrzychu za lata od 1960 do 1971.

i łączności dominowały PKP i PKS, poczta i telekomunikacja oraz spółdzielnie usług transportowych.

Największym zakładem o endogenicznej funkcji konsumpcyjnej w dziale budownictwa była „Fabryka Domów”. Pracowały tam w 1960 r. 463 osoby, a w 1971 — 683, a więc 1/3 zatrudnienia w tym dziale wraz z kooperującymi zakładami, w których zatrudnionych było w 1971 r. 309 osób — stanowiło to nieco ponad 50% miejsc pracy. Poważny udział w zasobach miejsc pracy, w dziale budownictwa miały przedsiębiorstwa budownictwa komunalnego. Zatrudnionych było tu przeciętnie 350 osób. Pod względem tempa wzrostu miejsc pracy dominowała ochrona zdrowia i opieka społeczna. Zatrudnienie skupiało się w szpitalnictwie i przychodniach rejonowych.

Obok budownictwa największe zakłady w sektorze endogenicznym konsumpcyjnym należały do gospodarki komunalnej. Dominowały przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej, zaopatrzenia w wodę i oczyszczania miasta. W 1960 r. zatrudnionych w nich było 1 443 (48% miejsc pracy), a w 1971 — 1 324 osoby (39%).

W pozostałych działach stabilizacją zmian ze względu na liczbę miejsc pracy wyróżnia się obrót towarowy oraz administracja i wymiar sprawiedliwości. Stosunkowo dużym natomiast tempem wzrostu legitymuje się oświata, nauka i kultura.

W zestawieniu z empirycznym obrazem zmian w strukturze działowej układu bazy ekonomicznej miasta dane dotyczące ludności były więcej niż skromne. Dostępne materiały pozwoliły jedynie oszacować jej wzrost, dla którego przyjęto liniowy charakter.

Dane empiryczne zebrane w tabeli 1, oraz uściślająca je charakterystyka rozwoju funkcji ekonomicznych w układzie działowym, uwzględniająca zakłady skupiające największą liczbę miejsc pracy, pozwalają uchwycić podstawowe tendencje zmian w zatrudnieniu całkowitym Wałbrzycha w badanym okresie czasu. Oto one:

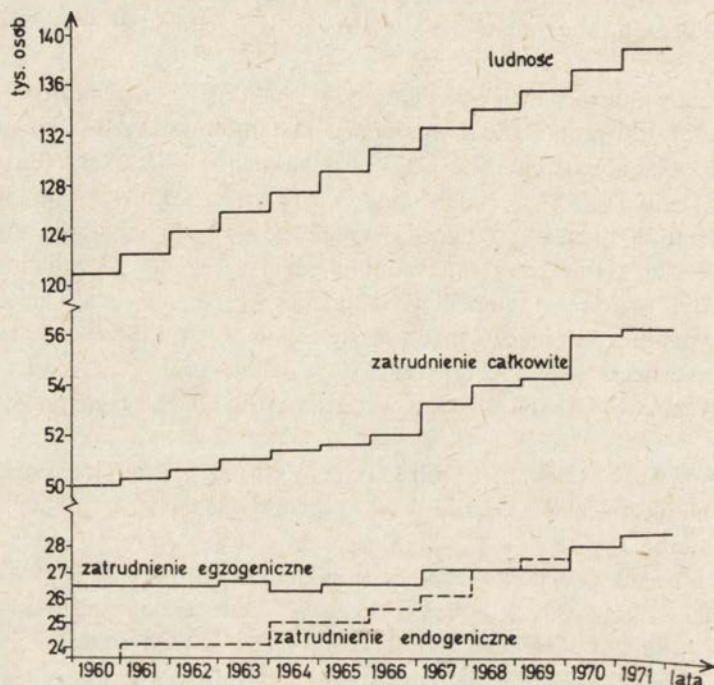
1) Niemal całkowity brak zmian wykazywał sektor endogeniczny produkcyjny, którego wielkość jest wynikiem nałożenia na siebie dwóch przeciwstawnych kierunków rozwoju składających się nań działów; stały spadek zauważa się w zatrudnieniu w przemyśle, natomiast wzrost notuje transport i budownictwo.

2) Sektor egzogeniczny po trwającym 7 lat okresie stagnacji powiększył swoje rozmiary. W jego obrębie zachodziły dwa współzależne zjawiska. Z jednej strony następował spadek udziału największych zakładów pracy w ogólnosektorowej ilości zatrudnienia. Większość odnotowanego w badanym czasie wzrostu liczby miejsc pracy (z wyjątkiem roku 1967 i 1970) lokalizowała się poza największymi zakładami, które w większości należały do jednostek planu centralnego i pełniły wyspecjalizowane funkcje egzogeniczne (por. R. Domański 1972). Funkcje tego typu skupione były całkowicie w dziale przemysłu oraz w minimalnym stopniu w transporcie. Z drugiej strony wzrastała rola funkcji o charakterze ośrodków centralnych powiązanych z jednostkami planu terenowego. Ten rodzaj zatrudnienia egzogenicznego związany był ze wszystkimi działami poza przemysłem.

3) Największe tempo wzrostu notował sektor endogeniczny o orientacji konsumpcyjnej. Zjawisko jego rozwoju objęło tylko niektóre działy. Były to: ochrona zdrowia i opieka społeczna, oświata, nauka, kultura, administracja i wymiar spra-

wiedliwości, instytucje finansowe, częściowo budownictwo i transport. W niewielkim natomiast stopniu zmieniły swój udział inne działy, a wśród nich dwa największe z wchodzących w skład tego sektora — obrót towarowy i gospodarka komunalna.

Rycina 2 pokazuje, w jaki sposób kształtował się przebieg zmian w liczbie ludności i wielkości obydwu podstawowych sektorów bazy ekonomicznej Wałbrzycha. Zatrudnienie endogeniczne traktowane jest jako całość złożona z grupy konsumpcyjnej i produkcyjnej. Jak widać największe tempo w badanym okresie przejawiał rozwój ludności miasta. Tempo wzrostu wielkości obydwu sektorów było mniejsze



Ryc. 2. Przebieg zmian w liczbie ludności i wielkości podstawowych sektorów bazy ekonomicznej Wałbrzycha w latach 1960–1971

Changes in population size and economic base structure. The city of Wałbrzych 1960–1971

i bardziej zróżnicowane, szczególnie w przypadku sektora egzogenicznego. Przez pierwszych 7 lat rozmiary zatrudnienia egzogenicznego niemal nie ulegały zmianom. Dwie poważniejsze zmiany nastąpiły dopiero w 1967 r., a potem w 1970 r. Natomiast tempo rozwoju zatrudnienia endogenicznego nie zmieniło się wiele na przestrzeni 12 lat. Przewyższało ono dynamikę wzrostu zatrudnienia całkowitego, było jednak niższe od tej, którą wykazywała ludność. Różnica w wielkości między obydwoma sektorami, wynosząca w 1960 r. ponad 3 tys. zatrudnionych, została w 1968 r. zupełnie zlikwidowana. Po 1969 r. sektory egzo- i endogeniczny notowały podobną prędkość wzrostu i równy udział w zatrudnieniu ogólnym Wałbrzycha. Również zmiany w strukturze działowej obydwu sektorów przebiegały odmiennie, różniąc się przed i po 1969 r.

Strukturę działową bazy ekonomicznej miasta w 1960 r. cechowała, odziedziczona po poprzedzającym go okresie zmian, poważna dysproporcja w wielkościach między działami gospodarki narodowej (tab. 2). W sektorze egzogenicznym dominował przemysł i transport, w sektorze endogenicznym — gospodarka komunalna i obrót towarowy. Po 1960 r. tempo ich względnego wzrostu należało do najmniejszych. Był to okres szybkiego rozwoju innych działów — ochrony zdrowia i opieki społecznej, oświaty, kultury, nauki, instytucji finansowych, szkolnictwa i budownictwa. Pełnione przez te działy funkcje egzogeniczne miały charakter standardowy i dzięki ich rozwojowi miasto umacniało swoje znaczenie jako ośrodek centralny przy jednoczesnym braku zmian w ogólnej ilości zatrudnienia egzogenicznego. Cały przyrost zatrudnienia całkowitego przypadał natomiast na rozwijające się w tych działach funkcje endogeniczne.

Wzrost znaczenia wyspecjalizowanych funkcji egzogenicznych w latach 1967 i 1970 zmienił dotychczasowy kierunek zmian strukturalnych w sektorze endogenicznym. Obok działów rozwijających się w poprzednim okresie wzrosło również zatrudnienie w gospodarce komunalnej i obrocie towarowym. Zwiększyła się wielkość nie tylko wyspecjalizowanej części sektora egzogenicznego, nadal rozrastało się zatrudnienie w jego standardowej części. Rezultatem tych przemian było dość znaczne przyspieszenie rozwoju zatrudnienia całkowitego powodujące, że w ostatnich latach tempo jego wzrostu upodobniło się do tempa zmian w liczbie ludności miasta.

Jeżeli jednak weźmie się pod uwagę cały badany przedział czasu okazuje się, że stosunkowo największą korelację z tempem rozwoju ludności wykazywał przyrost endogenicznego zatrudnienia konsumpcyjnego. Zbieżność ta staje się niemal zupełna, gdy rozpatruje się tylko te jego działy, które zanotowały największe tempo wzrostu.

Niewidoczny natomiast był wpływ sektora egzogenicznego na rozwój ludności miasta. Wprawdzie zmiany wykazywały egzogeniczne funkcje standardowe, jednak ich oddziaływanie nie mogło być duże. Z kolei przyrosty ilości zatrudnienia egzogenicznego, które miały miejsce w latach 1970 i 1971 ograniczyły się całkowicie do żeńskiej siły roboczej, a więc nastąpiły w ramach istniejących zasobów ludności. Jedynie wzrost w 1967 r. mógł znaleźć odbicie w zjawisku rozwoju ludności, nie zmieniło to jednak charakteru wskazanej tendencji.

Niskie tempo, jakie wzrost ludności wykazywał w tym czasie (poniżej 1 000 osób rocznie) szło w parze z bardzo powolnym przyrostem, a często i spadkiem wielkości tych działalności, których stan rozwoju w 1960 r. wykazywał dużą przewagę nad pozostałymi działalnościami miejskimi. Chodzi tu o wspomniane już poprzednio cztery działy — przemysł, transport, gospodarkę komunalną i obrót towarowy. Przemysł i transport należały do najszybciej rozwijających się działów w latach pięćdziesiątych. Ich wzrost zahamowany został dopiero w roku 1960. Związany z nimi wówczas przyrost ludności pobudził rozwój endogenicznych funkcji konsumpcyjnych. Struktura działowa tych funkcji dostosowana była do struktury popytu na usługi komunalne, mieszkaniowe, podstawowe usługi w zakresie handlu, szkolnictwa, lecznictwa. Na tle dynamicznego rozwoju podstawowych działalności

endogenicznych funkcje konsumpcyjne wyższych rzędów rozwinęły się w mniejszym stopniu i dopiero po 1960 r. nastąpił ich właściwy wzrost.

Brak dużych zmian w sektorze egzogenicznym w latach 1960—1967 i niewielkie tempo wzrostu zatrudnienia całkowitego spowodowały, że po okresie szybkiego przyrostu w latach pięćdziesiątych liczba mieszkańców miasta w badanym dwunastoleciu, ustalona została na skutek zmian zatrudnienia w wymienionych już działach endogenicznego zatrudnienia konsumpcyjnego.

Podsumowując, można powiedzieć, że u podstaw procesu zmian w układzie bazy ekonomicznej i ludności Wałbrzycha w latach 1960—1971 leżał rozwój zatrudnienia egzogenicznego i całkowitego w okresie poprzedzającym badane dwunastolecie. Zmiany w liczbie ludności miasta w tym czasie określały jej poziom na początku badanego okresu. Osiągnięty poziom liczby mieszkańców oraz charakter rozwijanych w latach pięćdziesiątych konsumpcyjnych funkcji endogenicznych spowodowały przewartościowanie struktury zmian w tej części sektora endogenicznego, która następnie w warunkach niemal zupełnego braku rozwoju zatrudnienia egzogenicznego była jedyną formą wzrostu zatrudnienia całkowitego.

Za mechanizm zmian w rozwoju układu bazy ekonomicznej i ludności Wałbrzycha w badanym czasookresie należy więc uznać tempo wzrostu zatrudnienia w sektorze egzogenicznym w latach pięćdziesiątych, który pobudził rozwój ludności i zatrudnienia całkowitego miasta oraz zjawisko sprzężonego zwrotnie wzrostu w procesie zmian tych dwóch ostatnich wielkości.

Konstrukcję logiczną modelu układów funkcjonalnych, którego zadaniem będzie symulacja rozwoju przestrzennej struktury funkcjonalnej Wałbrzycha oparto na hipotezie, że u podłoża zmian w układzie bazy ekonomicznej i ludności miasta leży mechanizm bazy ekonomicznej. Jest to hipoteza, która układowi wzajemnych powiązań między rozwojem ludności i sektorów bazy ekonomicznej miasta nadaje charakter deterministycznego oddziaływania (M. Batty 1972a). Przyczyną zmian w tej trójelementowej strukturze jest przyrost wielkości zatrudnienia egzogenicznego. Generuje on cały ciąg rozłożonych w czasie, nawzajem powiązanych przyczynowo „porcji” wzrostu wielkości ludności i zatrudnienia endogenicznego. Granicą tego ciągu w przypadku zatrudnienia endogenicznego En jest liczba zatrudnienia całkowitego Z_t w czasie t :

$$Z_t = Ez_t + abZ_{t-1}. \quad (1)$$

Ez_t oznacza wielkość zatrudnienia egzogenicznego w czasie t ; a jest odwrotnością współczynnika aktywności zawodowej i obliczana jest jako średnia wielkość wg $\frac{1}{n} \left(\sum_t^n L_t / \sum_t^n Z_t \right) = a$, gdzie L_t oznacza liczbę ludności w czasie t , b jest współczynnikiem określającym udział zatrudnienia endogenicznego w liczbie ludności i jest również wielkością średnią obliczaną wg:

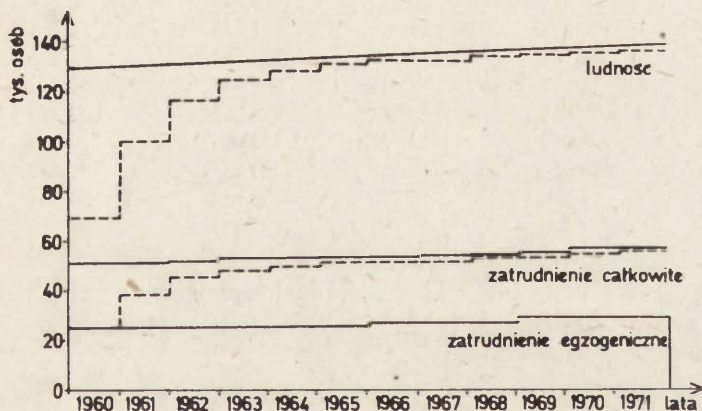
$$b = \frac{1}{n} \left(\sum_t^n En_t / \sum_t^n L_t \right).$$

Ludność w czasie t otrzymujemy z następującego równania:

$$L_t = a(Ez_t + abZ_{t-1}) = aZ_t. \quad (2)$$

Dysponując empirycznym rozkładem zmian wielkości zatrudnienia w sektorze egzogenicznym oraz uzyskanymi na podstawie danych współczynnikami a i b obliczono przy pomocy równań (1) i (2) przebieg modelowych zmian w czasie, w liczbie ludności i zatrudnienia całkowitego Wałbrzycha. Wyniki przedstawia rycina 3. Liniami ciągłymi oznaczono na niej rzeczywisty rozwój modelowanych wielkości.

Modelowy rysunek zmian w liczbie ludności i zatrudnienia całkowitego powstał przy założeniu, że ilość zatrudnienia egzogenicznego w 1960 r. odpowiada rozmiarom skoku wielkości tego zatrudnienia od poziomu zerowego w ciągu jednego roku. Na podstawie ryciny 3 widać, że w oparciu o powyższe założenie mechanizm bazy ekonomicznej nie jest zdolny wyjaśnić faktu istnienia sporej rzeczywistej części ludności i zatrudnienia całkowitego w okresie pierwszych 4,5 lat. Można to uczynić dysponując danymi empirycznymi o zmianach wielkości zatrudnienia egzogenicznego dla kilku lat wstecz. Potrzeba uwzględnienia przeszłych zmian dla odtworzenia aktualnego stanu wielkości modelowanych działalności jest podstawową cechą mechanizmu bazy ekonomicznej (M. Batty 1972a). Posługując się nim można więc wyjaśnić, przedstawiony na rycinie 3, proces rozwoju empirycznego



Ryc. 3. Rzeczywisty i modelowy obraz zmian w liczbie ludności i wielkości podstawowych sektorów bazy ekonomicznej Wałbrzycha w latach 1960–1971

Observed and simulated patterns of population distribution and economic base structure. The city of Wałbrzych, 1960–1971

układu bazy ekonomicznej i ludności Wałbrzycha. Należałoby jednak uzyskać dodatkowe dane dotyczące przebiegu zmian w wielkości zatrudnienia egzogenicznego w latach pięćdziesiątych.

Dla odtworzenia tego procesu można posłużyć się jeszcze jedną, prostszą metodą. Jest ona możliwa do zastosowania ze względu na niewielką dynamikę zmian w liczbie ludności i obydwu rodzajów zatrudnienia w badanym okresie, opiera się

zaś na statycznej wersji równań mechanizmu bazy ekonomicznej (M. Batty 1971):

$$z_t = (1-ab)^{-1}Ez_t; \quad (3)$$

$$L_t = a(1-ab)^{-1}Ez_t. \quad (4)$$

Równania (3) i (4) stosowane być muszą osobno dla każdego z dwunastu przekrojów czasu. Wyniki uzyskane przy ich pomocy przedstawiono w tabeli poniżej, razem z empirycznymi wielkościami ludności, zatrudnienia całkowitego i egzogenicznego. Wartości współczynników wynosiły: $a = 2,529$; $b = 0,488$.

Tabela 2

Porównanie rzeczywistego i modelowego przebiegu zmian w wielkościach podstawowych działalności miejskich w latach 1960–1971 na obszarze Wałbrzycha

Rok	Dane rzeczywiste			Model	
	zatrudnienie egzogeniczne	zatrudnienie całkowite	ludność	zatrudnienie całkowite	ludność
1960	26 666	50 129	128 583	52 082	131 710
1961	26 387	50 356	129 394	51 537	130 389
1962	26 520	50 716	130 207	51 797	131 046
1963	26 727	50 946	130 928	52 201	132 068
1964	26 275	51 367	131 831	51 318	129 834
1965	26 548	51 670	132 642	51 852	131 185
1966	26 598	52 043	133 454	51 949	131 431
1967	27 016	53 213	134 265	52 756	133 473
1968	27 012	53 910	135 075	52 758	133 478
1969	26 951	54 284	135 886	52 637	133 172
1970	28 064	56 013	136 698	54 064	136 782
1971	28 265	56 572	137 497	55 264	139 818

Przedstawione w tabeli wyniki pozwalają identyfikować mechanizm rządzący rzeczywistym procesem zmian w układzie ludności i bazy ekonomicznej Wałbrzycha z modelem mechanizmu bazy ekonomicznej.

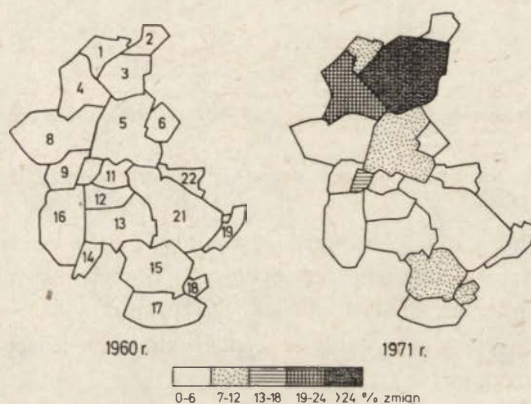
Zmianom w układzie bazy ekonomicznej i ludności Wałbrzycha nadano wymiar przestrzenny odnosząc je do rejonów miasta. W ten sposób rozwój każdej z trzech ogólnomiejskich wielkości (ludności, zatrudnienia całkowitego i endogenicznego) składał się z sumy ich zmian cząstkowych związanych z poszczególnymi rejonami, dając w efekcie zjawisko rozwoju struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta.

Istotną cechą rozwoju empirycznej struktury funkcjonalno-przestrzennej Wałbrzycha był jej liniowy charakter. Nie licząc liniowego rysunku zmian w liczbie ludności, bardzo zbliżony do niego przebieg miały zmiany w rejonowych wielkościach obydwu rodzajów zatrudnienia. Wykorzystano tę cechę dla zobrazowania procesu rozwoju w układach przestrzennych ludności, zatrudnienia całkowitego i endogenicznego, prezentując stan struktury tych układów w dwóch krańcowych przekrojach czasu – roku 1960 i 1971. Zdecydowano się na prezentację kartograficzną ujmując zmiany w strukturze układu przestrzennego jednego rodzaju dzia-

łałości na dwóch diagramach. Na każdym z diagramów elementy tworzące strukturę układu przestrzennego, a więc rejonowe ilości danej działalności, przedstawione są w wielkości proporcjonalnej do ich udziału w jej ogólnomiejskich zasobach. Obrazem wielkości elementu struktury jest obszar rejonu. Przedstawiając mapę układu przestrzennego starano się odtworzyć rzeczywiste kształty rejonów oraz w maksymalnej ilości przypadków zachować ich rzeczywiste sąsiedztwo. Powstały w ten sposób diagram nosi nazwę diagramu anamorficznego (L. Ratajski, B. Winid 1963).

Miarą nasilenia procesów zmian w rejonowych wielkościach działalności miejskich był ich procentowy rozwój w stosunku do wielkości z 1960 r. Pierwszy z diagramów przedstawia stan struktury przestrzennego układu jednego rodzaju miejsc działalności w 1960 r. Drugi diagram pokazuje strukturę tego samego układu przestrzennego w 1971 r. Ukazane na nim wielkości rejonów stanowią miarę przemian, jakie zaszły w układzie w wyniku zmian związanych z procesem rozwoju.

Pokazane na rycinie 4 dwa diagramy odnoszą się do ewolucji struktury układu przestrzennego mieszkalnictwa. Podstawową tendencją cechującą proces rozwoju



Ryc. 4. Zmiany w strukturze układu przestrzennego mieszkalnictwa w latach 1960—1971 (rejony oznaczono cyframi)

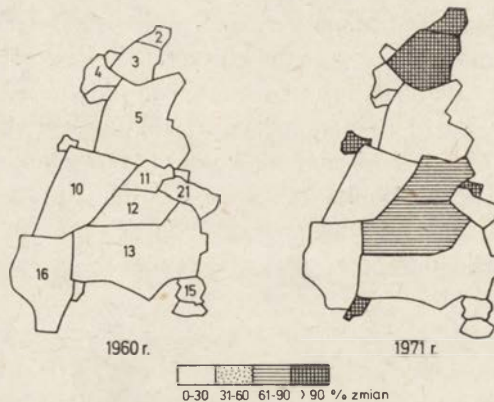
Changes of the spatial pattern of residence, 1960—1971 (districts marked by numbers)

ludności miasta w badanym dwunastolecu był spadek udziału procentowego ludności niemal we wszystkich rejonach w stosunku do ogółu ludności. Wyjątek stanowiły dwa rejon — 3 i 4. Liczba ludności w rejonie 4 wzrosła o 20%, natomiast w rejonie 3 o 300%. Szybki wzrost zaludnienia w rejonie 3 spowodowany był rozbudową na jego terenie nowego osiedla mieszkaniowego odciążającego zasoby mieszkaniowe zagęszczonych rejonów południowych. Najszybciej traciły ludność rejon 15, 16 i 17, nieco wolniej 5, 8, 9. Nie zmieniły swego udziału rejon 2, 6, 11, 12, 13, 14 i 21, chociaż w każdym z nich, z wyjątkiem rejonów 14 i 21, ludność malała w nieznacznym tempie. Przyczyną utrzymywania się jednakowych zasobów ludnościowych (rejon 11), a nawet ich niewielkiego wzrostu w rejonach 14 i 21, był stosunkowo wysoki standard substancji mieszkaniowej i brak występowania

zjawisk spadku zasobów ogólnej powierzchni mieszkalnej, charakterystyczny dla starych rejonów południowych i centralnych.

Kolejne dwa diagramy (ryc. 5) prezentują zmiany w przestrzennej strukturze zatrudnienia endogenicznego.

Przestrzenny rozkład funkcji endogenicznych w 1960 r. charakteryzowała duża dysproporcja między rejonami. Przeważająca część zatrudnienia w tym sektorze skupiła się w czterech rejonach (5, 10, 13 i 16), przy czym każdy z nich obejmował



Ryc. 5. Zmiany w strukturze układu przestrzennego zatrudnienia endogenicznego w latach 1960–1971

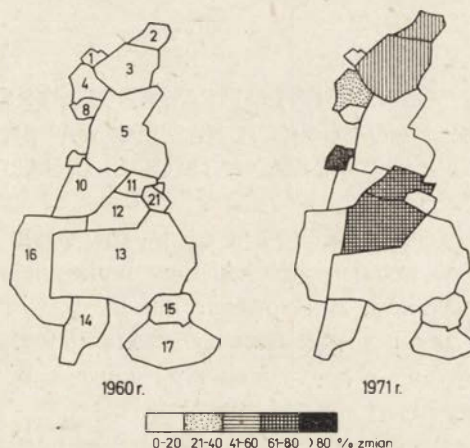
Changes in the spatial pattern of endogenous employment, 1960–1971

po 15 i więcej procent jego ogólnomiejskiej wielkości. Duże zróżnicowanie struktury wewnętrznej układu zatrudnienia endogenicznego było wynikiem koncentracji w wymienionych rejonach niemal całości jego produkcyjnej części oraz sporego udziału powyższych rejonów w ogólnomiejskiej wielkości konsumpcyjnego zatrudnienia endogenicznego.

Przyrost liczby miejsc pracy, jaki nastąpił w okresie 12 lat objął tylko konsumpcyjną część zatrudnienia endogenicznego i zlokalizował się w głównej mierze w trzech rejonach — 3, 11 i 12. W rejonie 3 skupiły się usługi nastawione na zaspokojenie potrzeb narastającej ludności rejonu, natomiast w rejonach 11 i 12 — usługi wyższego rzędu służące potrzebom zarówno ludności miejskiej, jak i ludności obszaru otaczającego miasto. W zasadzie niewiele rejonów zmniejszyło swoje zasoby w zakresie liczby miejsc pracy w sektorze endogenicznym. W warunkach ogólnego przyrostu rejonowych wielkości tego zatrudnienia drugi diagram wykazuje spadek udziału działalności, nawet w tych rejonach, które w rzeczywistości zanotowały brak zmian.

Ze zmianami w strukturze przestrzennej zatrudnienia endogenicznego dużą zbieżność wykazały zmiany w zatrudnieniu całkowitym. Jest to zrozumiałe, gdy pod uwagę weźmie się fakt braku zmian w wielkości zatrudnienia egzogenicznego składającego się razem z endogenicznym na zatrudnienie całkowite miasta. Dwie zmiany, które nastąpiły w sektorze egzogenicznym w roku 1967 i 1970 nie mogły więc wpłynąć w zasadniczy sposób na kształt przestrzenny układu zatrudnienia

całkowitego zdeterminowany przestrzennym rozwojem zatrudnienia endogenicznego, tym bardziej że druga z nich miała miejsce tylko w jednym rejonie — 9. Zamieszczone na rycinie 6 diagramy pokazują ewolucję struktury układu przestrzennego miejsc pracy w zatrudnieniu ogólnym miasta. Na podstawie przeprowadzonej analizy obrazu zmian w rzeczywistej strukturze przestrzenno-funkcjonalnej Wał-



Ryc. 6. Zmiany w strukturze układu przestrzennego zatrudnienia całkowitego w latach 1960—1971
Changes in the spatial pattern of total employment, 1960—1971

brzycha w latach 1960—1971 można odnotować dwie zasadnicze tendencje cechujące jej rozwój.

1) W całym badanym okresie czasu jedyną formą przyrostu zatrudnienia w rejonach był wzrost miejsc pracy w sektorze endogenicznym, a ściślej w jego konsumpcyjnej części. W 1967 r. został on uzupełniony zmianą w sektorze egzogenicznym. Druga zmiana w tym sektorze, która miała miejsce w 1970 r. ograniczyła się tylko do jednego rejonu — stąd jej udział w procesie rozwoju przestrzennego układu zatrudnienia był znikomy.

2) W tym samym stopniu, co rozwój zatrudnienia całkowitego również proces rozwoju ludności był określony tempem zmian w zatrudnieniu endogenicznym. Wzrost ludności koncentrował się w zasadzie w jednym rejonie położonym w północnej części układu miejskiego, a jego przyczyną była imigracja ludności z pozostałych rejonów Wałbrzycha, związana z rozbudową mieszkalnictwa w tej części miasta.

Przedstawione tendencje stanowią przestrzenny przejaw sposobu działania rzeczywistego mechanizmu kształtującego rozwój układu ludności i bazy ekonomicznej Wałbrzycha. Składają się one na pewien empiryczny schemat, który będzie właściwym przedmiotem symulacji oraz stanowić będzie materiał służący testowaniu wyników modelowania.

II. MODELOWANIE EMPIRYCZNEJ STRUKTURY PRZESTRZENNO-FUNKCJONALNEJ WAŁBRZYCHA – WYNIKI ZASTOSOWANIA MODELU BATTY'EGO

Zadaniem niniejszego rozdziału jest przedstawienie struktury logicznej pierwszego z zastosowanych w pracy modeli układów funkcjonalnych oraz uzyskanych przy jego pomocy wyników modelowania opisanego w rozdziale poprzednim, empirycznego obrazu zmian w przestrzennej strukturze funkcjonalnej Wałbrzycha. Wybrany model należy do grupy modeli typu Lowry'ego i jest zmodyfikowaną wersją modelu Garina-Lowry'ego (M. Batty 1972a).

Swoją logiczną konstrukcję model Garina-Lowry'ego opiera na hipotezie mnożnikowego rozwoju bazy ekonomicznej miasta. Podstawą hipotezy jest założenie, że zależność między wielkością zatrudnienia miejskiego (Z) a liczbą ludności miasta (L) oraz między tą ostatnią a wielkością zatrudnienia endogenicznego (En) ma charakter liniowy i daje się przedstawić w następującej postaci (M. Batty 1971):

$$L = aZ, \quad a > 1, \quad (1)$$

$$En = bL, \quad 0 < b < 1. \quad (2)$$

Znaczenie współczynnika a i b oraz sposób ich otrzymywania opisano w rozdziale poprzednim.

Dysponując empirycznie obliczoną wielkością miejskiego zatrudnienia egzogenicznego (Ez) oraz wartościami współczynników a i b można na podstawie równania (1) obliczyć liczbę ludności $L(1)$ związaną z tym zatrudnieniem (B. Reif 1973; M. Batty 1972b):

$$L(1) = aEz, \quad (3)$$

a następnie z równania (2) ilość zatrudnienia endogenicznego $En(1)$ wymaganego przez tę ludność:

$$En(1) = bL(1) = abEz.$$

Liczbę ludności $L(2)$ generowaną przez $En(1)$ oblicza się ponownie na podstawie równania (1):

$$L(2) = aEn(1) = a^2bEz, \quad (4)$$

a wymaganą przez nią wielkość zatrudnienia endogenicznego wg równania (2):

$$En(2) = bL(2) = a^2b^2Ez. \quad (5)$$

Dla k -tego przyrostu ilości zatrudnienia w sektorze endogenicznym otrzymuje się jego wielkość z równania:

$$En(k) = a^k b^k Ez. \quad (6)$$

Dla określonej wartości k obliczyć można zatrudnienie całkowite Z jako:

$$\begin{aligned} Z &= Ez + En(1) + En(2) + \dots + En(k) \\ Z &= Ez + abEz + a^2 b^2 Ez + \dots + a^k b^k Ez \\ Z &= Ez(1 + ab + a^2 b^2 + \dots + a^k b^k). \end{aligned} \quad (7)$$

Jeżeli $ab < 1$ i $k \rightarrow \infty$ ostatnie równanie przyjmuje postać:

$$Z = Ez(1 - ab)^{-1}. \quad (8)$$

Stosując współczynnik a oblicza się ludność:

$$L = aEz(1 - ab)^{-1}. \quad (9)$$

Funkcje alokacyjne pełnią w modelu równania interakcji społecznej. Za ich pomocą obliczane są wielkości strumieni przejazdów z pracy do domu (alokacja pracowników w miejscach zamieszkania) — P_{ij} oraz wielkości przejazdów do pracy w sektorze endogenicznym (alokacja zatrudnienia endogenicznego w rejonach) — E_{ij} .

Ilość jadących z rejonu zatrudnienia i do rejonu zamieszkania j jest wynikiem przemnożenia liczby podróży rozpoczynanych w i , która jest równoważna liczbie zatrudnionych w tym rejonie Z_i przez proporcje tych podróży, które udają się do j : p_{ij}^1 :

$$P_{ij} = Z_i p_{ij}^1, \quad (10)$$

gdzie p_{ij}^1 jest wartością potencjału ludnościowego w j ,

$$p_{ij}^1 = \frac{L_j (c_{ij}^p)^{-1}}{\sum_j L_j (c_{ij}^p)^{-1}} \quad (11)$$

c_{ij} jest tutaj odległością między i a j , p zaś parametrem równania.

Liczba wszystkich zakończeń podróży w j , a więc liczba przybyłych do miejsc zamieszkania pracowników równa się:

$$P_j = \sum_i P_{ij}. \quad (12)$$

Liczba podróży z rejonów zamieszkania j do miejsc pracy w sektorze endogenicznym w rejonach i — E_{ij} jest wynikiem przemnożenia liczby potencjalnych podróżujących z j — abP_j przez proporcję tych podróży, które kierują się do i — p_{ij}^2 :

$$E_{ij} = abP_j p_{ij}^2, \quad (13)$$

gdzie p_{ij}^2 jest potencjałem zatrudnieniowym w rejonie i

$$p_{ij}^2 = \frac{En_i (c_{ij}^p)^{-1}}{\sum_i En_i (c_{ij}^p)^{-1}}. \quad (14)$$

Liczba wszystkich zakończeń podróży do pracy w sektorze endogenicznym — En_i , a więc wielkość zatrudnienia endogenicznego w i wynosi:

$$En_i = \sum_j E_{ij}. \quad (15)$$

Wprowadzona przez M. Batty'ego³ modyfikacja polegała na zastąpieniu przyjętej przez Garina formy matematycznej mechanizmu lokalizacyjnego formą zastosowaną po raz pierwszy przez A. G. Wilsona (1967). Podstawowy model grawitacji Wilsona wywodzący się z zasady maksymalizacji eutopii rozkładu zbioru interakcji społecznych ma następującą postać (A. G. Wilson 1967):

$$P_{ij} = A_i B_j Z_i C_j \exp(-pc_{ij}), \quad (16)$$

gdzie

$$A_i = 1 / \sum_j B_j C_j \exp(-pc_{ij})$$

$$B_j = 1 / \sum_i A_i Z_i \exp(-pc_{ij}).$$

W równaniu zmienna Z_i oznacza ilość źródeł podróży w rejonie i , c_j jest liczbą celów podróży w rejonie j — obydwie zmienne odnoszą się do rozmiarów modelowanych działalności rejonowych, p jest parametrem równania.

Równanie (16) ma dwie odmiany. Pierwsza powstaje, gdy $A_i = 1$, druga gdy $B_j = 1$. Warunek $A_i = 1$ oznacza, że założona w układzie liczba celów podróży w poszczególnych rejonach j nie może być różna od sumy podróżujących kierowanych tam z rejonów źródłowych i . Gdy taka sytuacja ma miejsce, to znaczy gdy $\sum_i P_{ij} \neq C_j$, wówczas stosując A_i otrzymujemy $\sum_i P_{ij} A_i = C_j$.

Warunek $B_j = 1$ oznacza z kolei, że założona w układzie liczba źródeł podróży w poszczególnych rejonach źródłowych i nie może być różna od sumy wysyłanych z nich liczby podróżujących, to znaczy nie może być tak, aby $\sum_j P_{ij} \neq Z_i$. Równość zostaje zachowana, gdy zastosuje się zmienną B_j . Wtedy $\sum_j P_{ij} B_j = Z_i$.

W modyfikacji M. Batty'ego równanie (11) ma następującą postać:

$$P_{ij} = A_i B_j Z_i a^{-1} L_j \exp(-\beta c_{ij}),$$

gdzie

$$A_i = 1 / \sum_j B_j a^{-1} L_j \exp(-\beta c_{ij}),$$

$$B_j = 1 / \sum_i A_i Z_i \exp(-\beta c_{ij}),$$

(17)

a β jest parametrem równania. A_i i B_j w równaniu (17) zapewniają, że suma wszystkich miejsc zatrudnienia w rejonach $i: Z_i$ równa się sumie wszystkich zawodowo

³ Algorytm symulacji oparty o strukturę zmodyfikowanego przez M. Batty'ego modelu Garina—Lowry'ego znajduje się w Instytucie Urbanistyki i Architektury Politechniki Wrocławskiej.

czynnych w rejonach $j: a^{-1}L_j$ oraz, że suma pracowników jadących z rejonów pracy i do poszczególnych rejonów zamieszkania j jest równa liczbie miejsc zamieszkania tam znajdujących się, to znaczy, że:

$$\sum_{ij} P_{ij} A_i B_j = \sum_i Z_i = \sum_j a^{-1} L_j. \quad (18)$$

Równanie (13) ma natomiast postać:

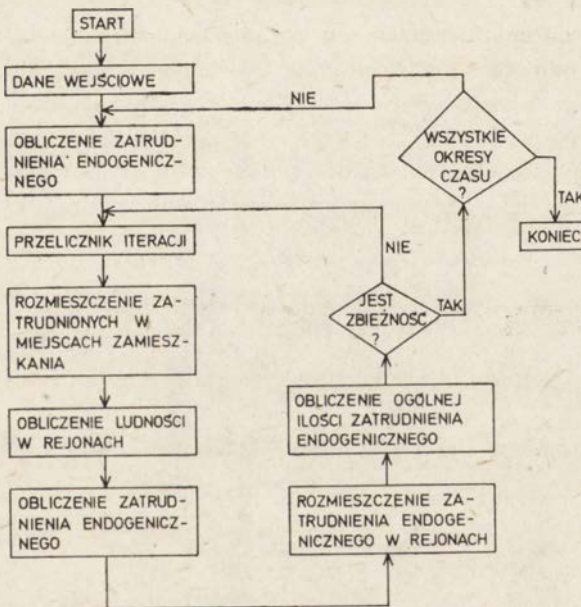
$$E_{ij} = B_j E_n b L_j \exp(-\beta c_{ij}),$$

$$B_j = 1 / \sum_j E_n \exp(-\beta c_{ij}). \quad (19)$$

Danymi wejściowymi w zastosowanym modelu są:

- liczba miejsc pracy w sektorze egzogenicznym w rejonach Ez_i ,
- macierz czasów przejazdu między parami rejonów c_{ij} ,
- wartość współczynników a i b ; $a = 2,529$, $b = 0,488$,
- wartość parametru zmiennej odległości $\beta = 0,03$.

Rycina 7 podaje kolejność obliczenia równań modelu.



Ryc. 7. Schemat kolejności rozwiązywania równań modelu (wg M. Batty'ego 1972 b)

A flow diagram of the model (M. Batty 1972b)

1) W pierwszym kroku obliczana jest, na podstawie danej wielkości miejskiego zatrudnienia egzogenicznego, liczba zatrudnienia całkowitego Z na obszarze miasta:

$$Z = Ez(1-ab)^{-1}, \quad (20)$$

a następnie liczba zatrudnionych w sektorze endogenicznym;

$$En = Z - Ez. \quad (21)$$

2) Wskaźnik k wskazuje numer interacji. Na początku każdej następnej interacji jego wielkość zwiększa się o 1.

3) Stosując równanie (17) model pozwala na rozmieszczenie pracowników jadących z rejonów pracy i w rejonach zamieszkania j :

$$P_{ij}(k) = A_i B_j Z_i(k) a^{-1} L_j \exp(-\beta c_{ij}), \quad (22)$$

a następnie obliczenie liczby pracowników przybyłych do rejonu j ze wszystkich rejonów pracy i

$$P_j(k) = \sum_i P_{ij}(k). \quad (23)$$

W pierwszej interacji $k = 1$ w miejsce $Z_i(1)$ wprowadzona jest wielkość zatrudnienia egzogenicznego Ez_i .

4) Dla otrzymania liczby mieszkańców (ludności) w rejonach j stosuje się współczynnik a :

$$L_j(k) = aP_j(k). \quad (24)$$

5) Obliczenie liczby zatrudnienia endogenicznego wymaganego przez ludność zamieszkałą w j odbywa się w drodze zastosowania współczynnika b :

$$En_j(k) = bL_j(k) = abP_j(k). \quad (25)$$

6) Lokalizację pracowników sektora endogenicznego w rejonach pracy i przeprowadza się w modelu za pomocą równania:

$$E_{ji}(k) = B_j En_j b L_j(k) \exp(-\beta c_{ij}), \quad (26)$$

a następnie oblicza wielkość zatrudnienia endogenicznego w rejonach i :

$$En_i(k) = \sum_j E_{ji}(k). \quad (27)$$

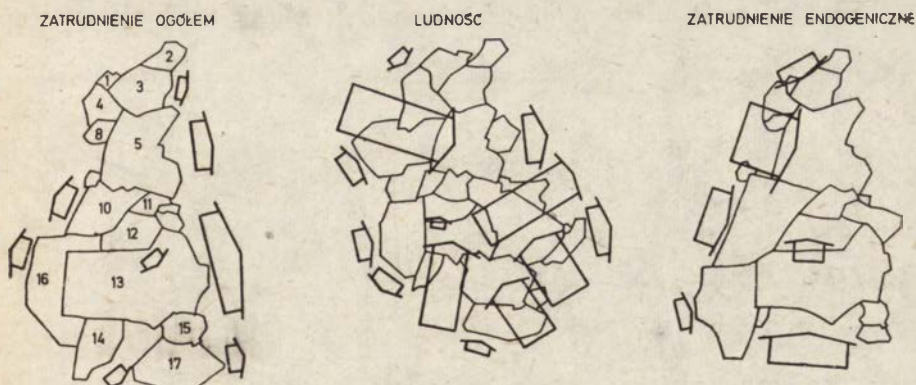
7) Obliczenie ogólnej ilości zatrudnienia endogenicznego odbywa się zgodnie z równaniem:

$$En = \sum_i^n \sum_j^m En_i(k). \quad (28)$$

8) Miarą zbieżności modelowanego procesu jest różnica między obliczaną (z równania 20) na początku symulacji liczbą zatrudnienia endogenicznego En a tą samą wielkością uzyskaną metodą interakcyjną (z równania 28). Gdy różnica jest dostatecznie mała proces osiąga zbieżność. Kończy się etap obliczeń związany z modelowaniem jednego przekroju czasu. Dla modelowania następnego pobrania zostaje nowa porcja zatrudnienia w sektorze egzogenicznym i symulacja odbywa się ponownie według podanego wyżej schematu.

Danymi wyjściowymi w modelu dla każdego przekroju czasu są: rejonowy rozkład liczby ludności i zatrudnienia całkowitego oraz wielkości przejazdów do miejsc zamieszkania i miejsc pracy w sektorze endogenicznym, dokonywane między parami poszczególnych rejonów.

Zmiany w strukturze dwóch układów funkcjonalnych: układzie miejsca pracy ogółem — miejsca zamieszkania oraz układzie miejsca zamieszkania — miejsca pracy w sektorze endogenicznym, symulowane przy pomocy zmodyfikowanej wersji modelu Garina—Lowry'ego przedstawiono niżej. Ze względu na nieliniowy charakter otrzymanych wyników ujęto je w trzech przekrojach czasu uznając, że jest to niezbędne minimum pozwalające uchwycić podstawowe cechy przebiegu modelowanego procesu. Dla każdego z trzech przekrojów czasu pokazano trzy zestawy diagramów. W każdym zestawie pierwszy diagram przedstawia stan układu przestrzennego miejsc pracy ogółem, drugi — mieszkalnictwa, trzeci — miejsc pracy w sektorze endogenicznym. Kolejność występowania układów przestrzennych działalności jest zgodna z sekwencją kroków obliczeniowych procedury symulacyjnej. Zmiany w strukturze przestrzennej układu miejsc pracy ogółem są czynnikiem pobudzającym zmiany w strukturze przestrzennej mieszkalnictwa, a te z kolei determinują rozkład przestrzenny miejsc pracy w sektorze endogenicznym. W odniesieniu do dwóch z modelowanych przekrojów czasu diagramy przedstawiają wynik jednego etapu obliczeń, a więc układ przestrzenny działalności miejskich znajdujący się w stanie modelowej równowagi strukturalnej osiągniętej po odpowiedniej liczbie interacji. Jedynie zestaw odnoszący się do 1960 r. prezentuje stan rzeczywisty układów (ryc. 8). Porównując zmiany w strukturze przestrzennej działalności prześledzić można funkcjonowanie hipotetycznego mechanizmu leżącego u podłoża ich przebiegu. Generalnie — działanie mechanizmu modelowego upraszcza z biegiem czasu uzyskiwany obraz struktury. Zjawisko to polega na szybkim powiększa-

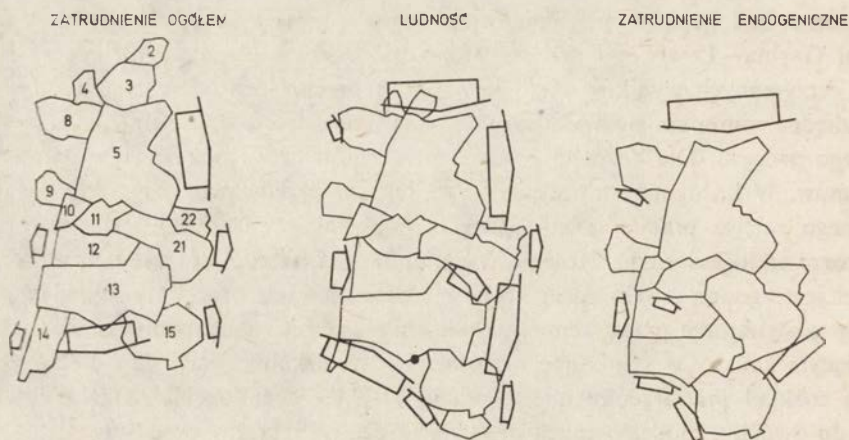


Ryc. 8. Stan struktury układów funkcjonalnych na obszarze Wałbrzycha w 1960 r. (szerokość rejonowych diagramów przepływu jest proporcjonalna do procentowego udziału przyjeżdżających lub wyjeżdżających w ogólnej wielkości wymiany ruchu: 1 mm szerokości diagramu = 1% jadących)

Spatial functional pattern of the city of Wałbrzych, 1960 (width of bands indicate the percentage of total arrivals and departures 1mm = 1 percent)

<http://rcin.org.pl>

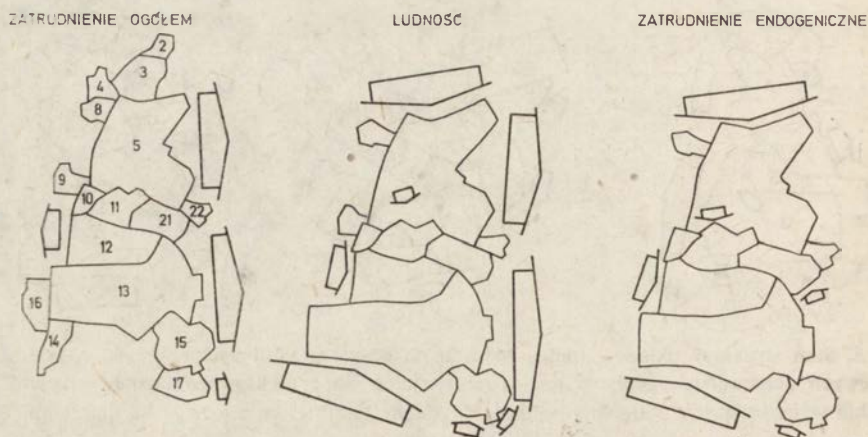
niu liczby działalności w jednych rejonach kosztem nieraz całkowitego ich zaniku w innych. W przypadku układu mieszkalnictwa i zatrudnienia endogenicznego w ciągu 11 lat miejsca zamieszkania i pracy uległy całkowitemu zanikowi w 11 rejonach (rycina 9, 10). Mniejsze straty pod tym względem zanotowano w układzie miejsc pracy ogółem, w ramach którego miejsca pracy uległy zanikowi w 6 rejonach



Ryc. 9. Stan struktury układów funkcjonalnych na obszarze Wałbrzycha w 1966 r.
Spatial functional pattern of the city of Wałbrzych, 1966

(w przypadku układów mieszkalnictwa i miejsc pracy w sektorze endogenicznym nie uwzględniono na diagramach tych rejonów, których udział był niższy niż 1%).

Mniejsza wrażliwość układu miejsc pracy ogółem na zmiany w ich rejonowych wielkościach spowodowana jest występowaniem w ich obrębie sektora egzogenicznego — rejonowe wielkości miejsc zatrudnienia związane z tym sektorem nie podlegają w myśl założenia zabiegom lokalizacyjnym. Zatrudnienie egzogeniczne wystę-



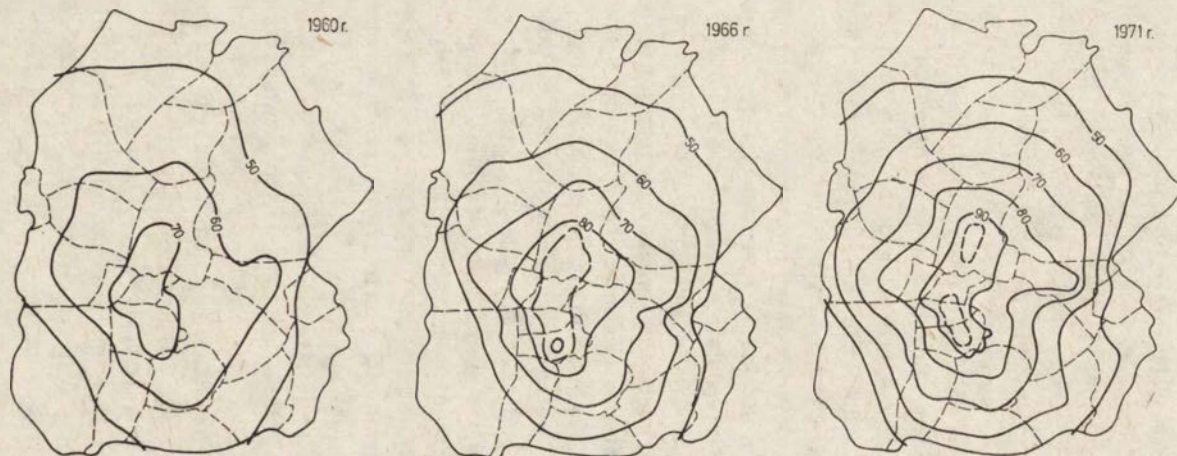
Ryc. 10. Stan struktury układów funkcjonalnych na obszarze Wałbrzycha w 1971 r.
Spatial functional pattern of the city of Wałbrzych, 1971

powołało w 16 rejonach, w których mechanizm modelowy doprowadził do zaniku zatrudnienia endogenicznego (rejony: 2, 3, 4, 14, 16, 18) pozostawiając w charakterze zatrudnienia całkowitego — zatrudnienie egzogeniczne. Za rozmieszczenie ludności i zatrudnienia endogenicznego w układzie przestrzennym miasta odpowiadał mechanizm lokalizujący model. Działając zgodnie z regułą określoną zasadami prawa grawitacji alokował on, generowane przy pomocy mechanizmu bazy mechanicznej miasta, działalności w zależności od ich rejonowych rozmiarów oraz od odległości między tymi rejonami, których działalności brały udział w procesie lokalizacji. Proces alokacji zachodził najpierw w układzie funkcjonalnym typu miejsca pracy ogółem — miejsca zamieszkania. Jak widać z ryciny 8 rejonowe masy zatrudnienia już w okresie wyjściowym (1960 r.) były w dużym stopniu zróżnicowane. Również istniejący wówczas rozkład przestrzenny ludności wykazywał duże dysproporcje pod tym względem. Rozmieszczenie w rejonach zamieszkania każdej zmiany w ilości zatrudnienia całkowitego, jaka nastąpiła po 1960 r. było zdeterminowane tym wyjściowym rozłożeniem skupisk ludności. Mechanizm lokalizacyjny kierował przyrastające w rejonach liczby pracowników, w postaci strumieni przejazdów, do rejonów zamieszkania w ilości proporcjonalnej do rejonowych wartości potencjałów ludnościowych. Rycina 11 przedstawia mapę potencjałów ludnościowych, natomiast diagramy przepływu zaznaczone na rycinach 8, 9 i 10 pokazują sumaryczne wielkości wyjazdów do miejsc zamieszkania z niektórych, przykładowych rejonów pracy oraz sumaryczne wielkości przejazdów kończące się w wybranych rejonach zamieszkania (uwzględnione zostały rejonowe przejazdy obejmujące więcej aniżeli 5% wyjeżdżających lub przyjeżdżających).

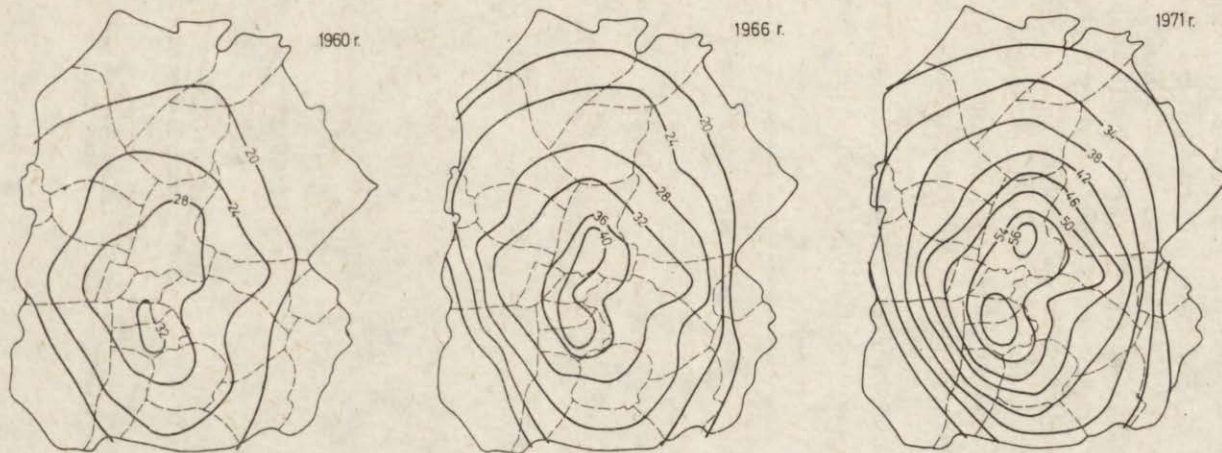
Większa siła przyciągająca rejonów o dużym potencjale ludności powodowała zwiększanie i tak już dużej ich masy grawitacyjnej, która wpływając na powiększenie potencjału wzmacniała siłę przyciągającą rejonów. Posiadający charakter dodatniego sprzężenia zwrotnego proces samowzmacniania siły przyciągającej rejonowych ilości działalności mogłyby przebiegać w sposób nieograniczony, gdyby nie skończona liczba działalności generowanych przez mechanizm bazy ekonomicznej.

Duża siła grawitacyjna rozrastających się rejonów sprawiła, że rejony o małych wyjściowych potencjałach ludnościowych przechwytywały coraz mniej lub nie potrafiły przechwycić nic z generowanych w rejonach pracy przyrostów podróży do miejsc zamieszkania. W rezultacie z biegiem czasu ich i tak niewielkie potencjały ludnościowe malały, aż wreszcie doszło do stanu, gdy liczba lokalizowanych w nich mieszkańców spadła do zera (ryc. 11).

Zupełnie podobny charakter miał proces zmian w strukturze układu funkcjonalnego typu miejsca zamieszkania — miejsca pracy w sektorze endogenicznym. W jego przypadku podróże do pracy powstawały w rejonach zamieszkania i lokalizowały się w rejonach pracy w ilościach proporcjonalnych do ich potencjałów zatrudnieniowych. Wielkość wyjściowego potencjału zatrudnieniowego decydowała o dalszym rozwoju liczby działalności w rejonie (ryc. 12). Warto zwrócić uwagę, że struktury przestrzenne układów mieszkalnictwa i zatrudnienia w sektorze endogenicznym były w 1971 r. identyczne, co jest dowodem identycznego charakteru



Ryc. 11. Zmiany potencjału ludnościowego Wałbrzycha w latach 1960–1971 (wartość izolinii w tys. osób na 1 min. odległości czasowej)
Changes in the population potential within the city of Wałbrzych, 1960–1971 (000'of persons per one minute of time-distance)

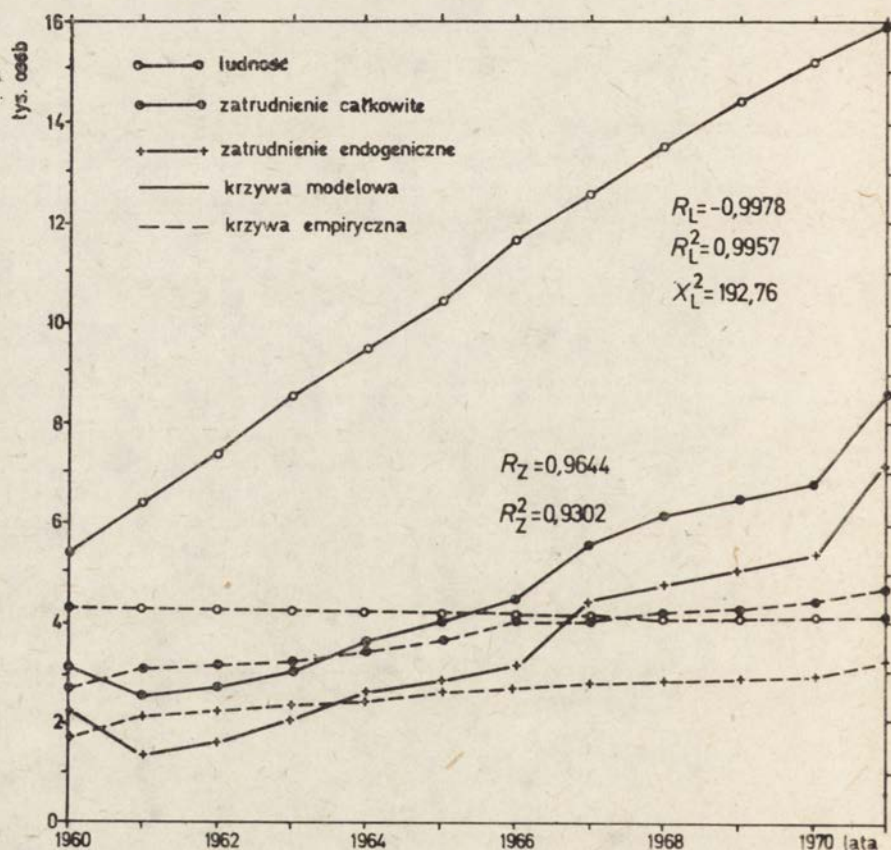


Ryc. 12. Zmiany potencjału zatrudnienia w Wałbrzychu w latach 1960—1971 (wartość izolinii w tys. zatrudnionych na 1 min. odległości czasowej)
 Changes in the employment potential within the city of Wałbrzych 1960—1971

procesów, które do takich form doprowadziły. W modelowym obrazie zmian w strukturze wewnętrznej obydwu układów funkcjonalnych wyróżnić można trzy sposoby kształtowania się rejonowych ilości działalności.

Usytuowane w centrum miasta rejonu cechował w całym badanym okresie, szybki wzrost w zakresie rozwoju liczby mieszkańców i wielkości zatrudnienia. Były to rejon: 5, 11, 12 i 13. Na mapach potencjałów ludnościowych i zatrudnieniowych (ryc. 11, 12) duża część obszaru tych rejonów znajduje się wewnątrz izolinii oznaczającej maksymalne natężenie zjawiska kształtowania się atrakcyjności lokalizacyjnej. Rejon centralny tworzyły obszar wzrastającej intensywności kończenia w jego obrębie przejazdów do miejsc pracy i miejsc zamieszkania. Będący efektem tego procesu przyrost ludności i zatrudnienia miał w przybliżeniu liniowy charakter. Rycina 13 przedstawia jeden z rejonów wchodzących w skład tej grupy, ukazując charakterystyczny dla nich przebieg zmian w ilościach modelowanych działalności.

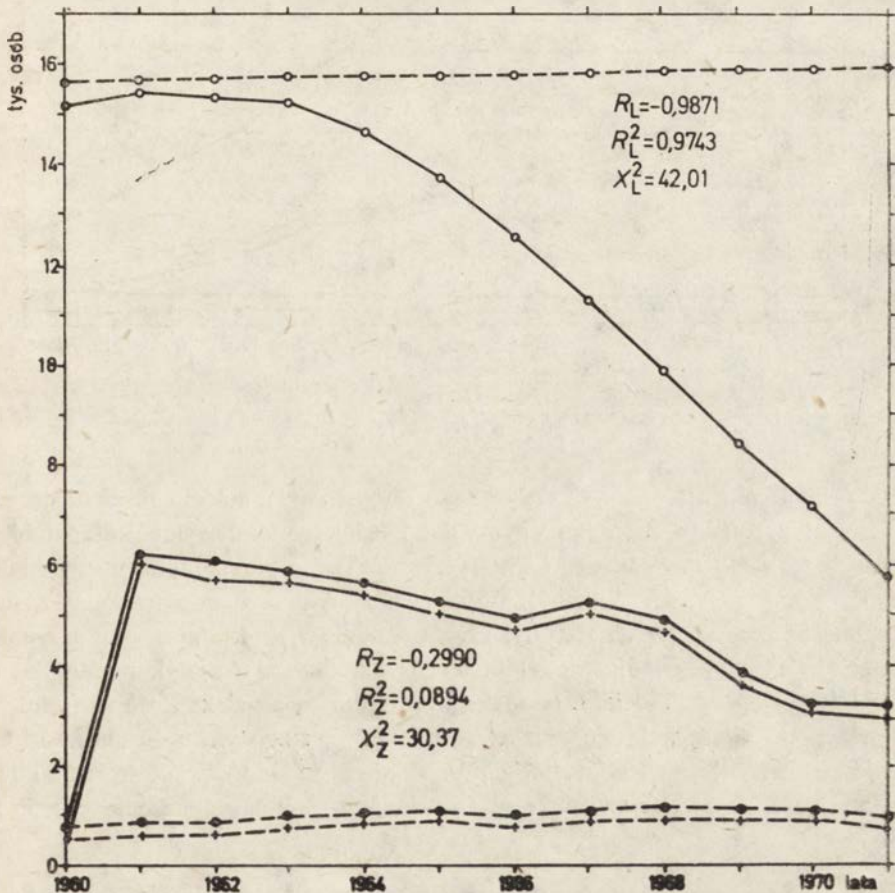
Położone w sąsiedztwie obszaru centralnego pięć rejonów — 9, 10, 15, 21 i 22 — cechował natomiast brak liniowości rozwoju. Od roku 1960 do 1965 zlokalizowane



Ryc. 13. Rejon 12

District 12

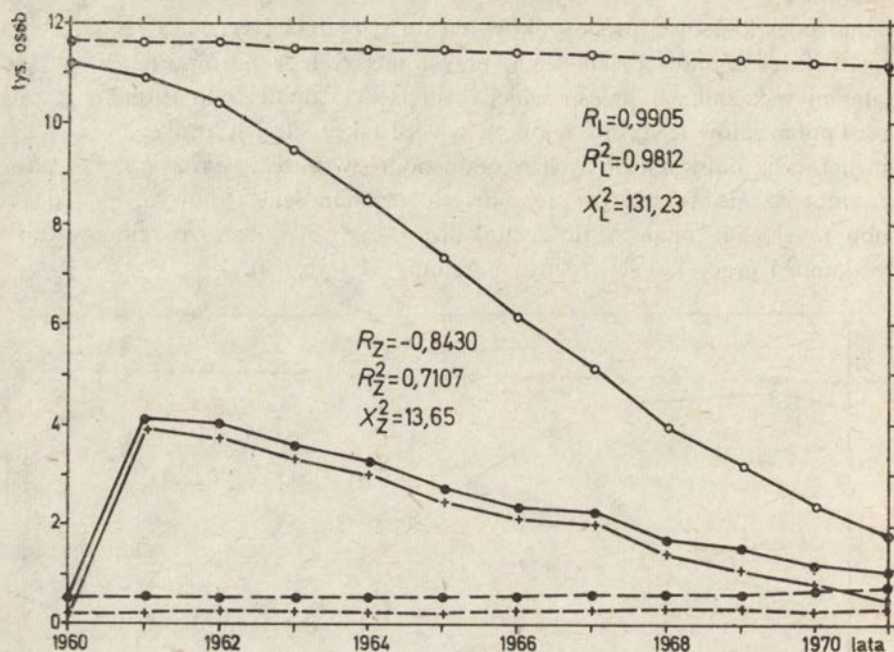
na ich obszarze działalności przeżywały nieznaczny wzrost, po którym nastąpiła dość szybki spadek ich rozmiarów. Na diagramie (ryc. 8, 9, 10) proces ten najlepiej jest widoczny w przypadku rejonu 15 i 22. Podobny sposób przebiegu zmian można wytłumaczyć zbyt powolnym wzrostem wartości potencjałów rejonów w porównaniu z tempem, jakie wykazywał przyrost wartości potencjałów rejonów centralnych. Kierując się wskazaniem wielkości potencjałów można stwierdzić, że podróże do domu i pracy w początkowym okresie wykazywały w przypadku pierwszej grupy rejonów dość poważny wzrost; jeszcze w 1966 r. do rejonu 15 i 21 przyjeżdżało tyle samo mieszkańców i pracowników, co do rejonu 12 (ryc. 9). To samo tempo przyrostu ilości rejonów działalności, przy mniejszych w porównaniu z rejonami centralnymi wskaźnikach przestrzennej dostępności, zmniejszało jednak z czasem wartości potencjałów tej grupy rejonów, a więc także siłę ich atrakcyjności lokalizacyjnej. Liczba odbytych do tych rejonów podróży zaczęła wyraźnie maleć powodując zmniejszanie rozmiarów rejonowych działalności. Typowym przykładem sposobu przebiegu zmian w ilości zlokalizowanych na obszarze rejonów miejsc zamieszkania i pracy jest ich rozwój w rejonie 21 (ryc. 14).



Ryc. 14. Rejon 21

District 21

Pozostałe 12 rejonów tworzy grupę, w której od początku zmiany w ilościach działalności polegały na stałym spadku liczby miejsc pracy i zamieszkania. Na podstawie rycin (8, 9, 10) widać, że wielkości kierujących się tam strumieni przejazdów do domu i pracy maleją w miarę upływu czasu. Zmniejszała się tą drogą liczba działalności oraz zanikały i tak już małe wartości potencjałów. Rycina 15 przedstawia charakterystyczny dla tej grupy rejonów przebieg zmian w ilości mieszkańców i zatrudnienia.



Ryc. 15. Rejon 8
District 8

W celu pomiaru stopnia statystycznego dopasowania modelu procesu do rzeczywistości posłużono się wykonanymi dla każdego rejonu wykresami przebiegu krzywych rozkładu modelowego i empirycznego. Trzy wykresy, tytułem przykładu, przedstawiono powyżej. Wartość stopnia statystycznego dopasowania została określona za pomocą trzech statystyk: testu zgodności chi-kwadrat, współczynnika korelacji R i współczynnika determinacji R^2 . Wielkości statystyk podane są na wykresach, przy czym indeks L odnosi się do ludności, a indeks Z do zatrudnienia całkowitego. Według wskazań najadekwatniejszej ze statystyk, testu chi-kwadrat⁴, w zakresie zatrudnienia całkowitego zadowalającą zgodność w odtworzeniu procesu rzeczywistego wykazał model w 15 rejonach, pomijając następujące: 5, 10,

⁴ Krytyczna wartość tej statystyki dla przyjętych 11 stopni swobody przy poziomie istotności równym 0,05 wynosiła 19,675.

12, 13, 16 i 21. W odniesieniu do rejonowych liczb ludności wyniki okazały się gorsze — model procesu okazał się zbieżny ze zmianami rzeczywistymi tylko w sześciu rejonach: 9, 10, 11, 14, 15, 22. Lepsze dopasowanie krzywych zatrudnienia jest spowodowane bardziej bezpośrednim powiązaniem tej wielkości z danymi wejściowymi — jej częścią było zatrudnienie egzogeniczne mające miejsce w każdym etapie modelowania i empiryczny charakter.

Zadaniem zastosowanego modelu było odtworzenie, przedstawionych na końcu rozdziału pierwszego, dwóch podstawowych tendencji w rozwoju rzeczywistej struktury przestrzenno-funkcjonalnej Wałbrzycha w latach 1960—1971. Założony w konstrukcji logicznej modelu sposób kształtowania procesu zmian w zakresie tej struktury dał obraz, którego dopasowanie do empirycznego schematu jest niezadowolające. Oznacza to, że w świetle hipotez, które składają się na model nie można w pełni wyjaśnić podstawowych zmian w przestrzennej strukturze układów bazy ekonomicznej i ludności Wałbrzycha. Szczególnie słaby stopień wyjaśniania modelowego został zanotowany w odniesieniu do ludności badanego obszaru. Wyniki przeprowadzonej w rozdziale pierwszym weryfikacji hipotezy o mechanizmie bazy ekonomicznej miasta, wykazując sporą różnicę na niekorzyść ludności (w porównaniu z zatrudnieniem całkowitym), były niejako zapowiedzią powyższego stanu rzeczy.

Nie tylko jednak bardziej „pośredni” sposób obliczania liczby ludności miasta (zastosowanie dwóch współczynników zamiast jednego, jak w przypadku zatrudnienia całkowitego) wpłynął na uzyskane jej rozmiary w rejonach. Model wybrany do odtwarzania zmian należy do najprostszych narzędzi modelujących z grupy modeli typu Lowry’ego (M. Batty 1972a). Podstawowym mankamentem modelu jest brak wśród założeń modelowych ograniczeń nałożonych na rejonowe pojemności w zakresie możliwych do przyjęcia miejsc działalności, a także ograniczeń przeciwdziałających zanikowi działalności w rejonach. Jaki, w przybliżeniu, efekt dałoby wprowadzenie tych pułapów z punktu widzenia otrzymanych wyników?

Nałożenie pułapów ograniczających chłonność rejonów ze względu na miejsca zamieszkania eliminowałoby z procedury modelowania, już w początkowej jej fazie, w pierwszym rzędzie rejon o największej dostępności przestrzennej, a więc rejon centralne. W konsekwencji zamieniłaby się morfologia powierzchni potencjału ludnościowego miasta, a co za tym idzie inny byłby rozkład strumieni przejazdów do domu. Jednocześnie, wobec niskich pułapów chłonności pozostałych rejonów miasta, preferowane byłyby rejon o wysokiej pojemności mieszkaniowej dysponujące zasobami wolnych terenów pod lokalizację miejsc z tą działalnością związanych — w przypadku Wałbrzycha rejon obecnych i przyszłych inwestycji mieszkaniowych. Z biegiem czasu, w miarę wyczerpywania pojemności pozostałych rejonów tutaj właśnie lokalizowałyby się miejsca zamieszkania.

Z kolei zastosowanie pułapów dolnych, a więc minimalnych poziomów, poniżej których nie powinna być zmniejszana ilość miejsc zamieszkania w rejonach powoduje, w przypadku naruszenia któregośkolwiek z nich, wycofanie rejonu z dalszych obliczeń modelowych i w konsekwencji uniknięcie zjawiska całkowitego zaniku ludności w rejonach. Regulowany działaniem pułapów proces rozmieszczania

mieszkańców pozwala otrzymać bardziej równomierny przekrój jego struktury przestrzennej, a co za tym idzie, większe rozproszenie miejskiego rozkładu zatrudnienia endogenicznego, który jak wiadomo jest w myśl założeń modelu, zdeterminowany przestrzenną organizacją miejsc zamieszkania.

Brak obecności w konstrukcji zastosowanego modelu górnych i dolnych ograniczeń nałożonych na proces zmian rejonowych w liczbach ludności był w zasadzie podstawową przyczyną uzyskania, opisanego w niniejszym rozdziale, zbyt uproszczonego obrazu przebiegu zmian w strukturze układów funkcjonalnych.

III. MODELOWANIE EMPIRYCZNEJ STRUKTURY PRZESTRZENNO-FUNKCJONALNEJ WAŁBRZYCHA WYNIKI ZASTOSOWANIA MODELU OPARTEGO NA MECHANIZMIE „POŚREDNICH MOŻLIWOŚCI”

Podczas gdy pierwszy z zastosowanych w pracy modelu układów funkcjonalnych był modelem opisowym, przedstawiony w tym rozdziale model będzie miał charakter normatywny. Model opracował w 1968 r. w Instytucie Urbanistyki i Architektury Politechniki Wrocławskiej T. Zipser (1969). Zadaniem modelu jest projektowanie hipotetycznego obrazu struktury układów funkcjonalnych z uwagi na konieczność zbilansowania rozkładu przestrzennego miejsc działalności i przejazdów między nimi.

Podstawową zasadą określającą sposób działania modelu jest zapewnienie stanu równowagi strukturom modelowanych układów funkcjonalnych. Sprzężone ze sobą funkcjonalnie układy przestrzenne działalności miejskich znajdują się w stanie równowagi wówczas, gdy generowane w nich strumienie przejazdów kierujące się do poszczególnych rejonów znajdują tam ilości celów podróży (miejsc działalności) równe liczbie podróżyujących do nich użytkowników.

Model wrocławski, w odróżnieniu od modelu zaprezentowanego w rozdziale poprzednim, nie posiada własnego mechanizmu generującego zmiany w rejonowych ilościach miejsc związanych z modelowanymi rodzajami podstawowych działalności miejskich. Operuje w tym celu albo zbiorem wskaźników obliczanych poza procedurą modelowania, albo gotowymi danymi dotyczącymi zmian w zakresie badanych działalności.

Rolę mechanizmu generującego i lokalizującego w rejonach strumienie podróży pełni w modelu równanie „pośrednich możliwości” posiadające następującą postać matematyczną (T. Zipser 1969):

$$P_{ij} = Z_i[\exp(-pa) - \exp(-p/a + a_j)]. \quad (1)$$

W równaniu (4.1):

P_{ij} — wielkość strumienia jadących z rejonu i do j ;

Z_i — liczba źródeł podróży w rejonie i ;

a — ilość celów podróży (miejsc działalności) zawartych między rejonem źródłowym i a rejonem docelowym j ;

a_j — ilość celów podróży w rejonie j ;

p — gęstość prawdopodobieństwa akceptacji celu podróży.

Konstrukcja formalna równania (1) nie różni się od konstrukcji częściowo zbilansowanego równania grawitacji Wilsona (równanie (16) rozdział II, zawierające warunek $B_j = 1$), w którym wielkość przejazdu (interakcji) P_{ij} jest wynikiem przemnożenia ilości źródeł podróży Z_i w rejonie i przez prawdopodobieństwo jego zakończenia w rejonie j . Tutaj wielkość tego prawdopodobieństwa jest określona wyrażeniem w nawiasie. Wyrażenie jest różnicą dwóch prawdopodobieństw — prawdopodobieństwa pominięcia celów podróży w rejonach poprzedzających rejon j : $\exp|-pa|$ i prawdopodobieństwa nie zaakcentowania celów podróży zarówno w rejonach poprzedzających rejon j , jak i w nim samym: $\exp|-p(a+a_j)$.

Parametr p obliczany jest w zakresie zmiennych równania. Jeżeli przez R oznacza się ułamek niezrealizowanych w rejonie j przejazdów (procent przejazdów udających się poza j), to wartość p oblicza się wg (T. Zipser 1969):

$$p = \ln R^{-1}/a. \quad (2)$$

Wartość parametru p określa zasięg przestrzenny lub tak zwaną selektywność podróży. Przy wzrastającej selektywności długość przejazdu zwiększa się, podczas gdy wartość parametru p maleje i odwrotnie, jeżeli p jest duże liczba pominiętych celów poprzedzająca realizację pierwszego z nich staje się wartością małą, co oznacza, że średnia długość podróży jest niewielka i taki sam charakter posiada jej selektywność.

Niejednakowa dostępność komunikacyjna poszczególnych rejonów na obszarze miasta oraz zróżnicowana selektywność strumieni przejazdów między nimi, są przyczynami braku równowagi w strukturze miejskich układów funkcjonalnych. Brak równowagi wyraża się zjawiskiem powstawania w jednych rejonach nadwyżki przyjeżdżających nad ilością występujących tam celów podróży, natomiast w innych niedoboru ilości zakończeń podróży w stosunku do ilości możliwych do obsadzenia miejsc działalności.

Zadaniem modelowania jest zbilansowanie rozkładu interakcji społecznych z przestrzennym rozkładem miejsc działalności w rejonach miasta, to jest zapewnienie zgodności między ilością przyjazdów a ilością celów w każdym rejonie. Dokonuje się tego metodą kolejnych przybliżeń, która może być stosowana w trzech wariantach (T. Zipser 1969). Dwa z nich zostaną omówione, będą to te warianty, które złożą się na strukturę modelu zastosowanego w pracy.

Punktem wyjścia postępowania symulacyjnego jest dowolny stan przestrzennego rozkładu celów i źródeł podróży. Przy pomocy równania „pośrednich możliwości” generuje się układ strumieni wymiany ruchu między rejonami, w których rozmieszczone są źródła i cele podróży. Zróżnicowana selektywność przejazdów i dostępność rejonów wytwarzają obszary nadmiernej koncentracji przejazdów oraz obszary, gdzie ich ilość jest za mała w porównaniu z ilością celów — struktura miejskich układów funkcjonalnych znajduje się w stanie braku równowagi.

Zastosowanie pierwszego wariantu pozwala zrównoważyć układ drogą przesunięcia celów podróży z rejonów wykazujących niedobory przyjazdów do rejonów nadwyżkowych w ilościach odpowiadających nadwyżkom przyjazdów nad ilością celów podróży w tych ostatnich. Jeżeli spełnione są warunki bilansowania, to znaczy jeżeli ilość przyjazdów do każdego z rejonów pokrywa się z ilością celów podró-

ży, jaką rejon ma do zaoferowania, to przy założeniu określonego stopnia tolerancji, a więc nadwyżki przyjazdów, której wielkość nie ma znaczenia dla utrzymania stanu równowagi, dokonywane jest następne generowanie układu wymiany ruchu. Modelowanie stanu równowagi kończy jedną fazę procesu przybliżenia (interacji) — modelowanie wymiany ruchu stanowi początek następnej.

Po odnotowaniu warunków bilansowania, powstałych w wyniku wytworzenia nowego systemu interakcji przestrzennych, dokonywane jest następnie przesunięcie celów. Ilości celów podlegających przesuwaniu w kolejnych interakcjach stają się wielkościami coraz mniejszymi, co powoduje, że po pewnej liczbie przybliżeń żaden z rejonów nie wykazuje nadwyżek nad założoną z góry tolerancję. Wariant nosi nazwę „przesunięcie celów”.

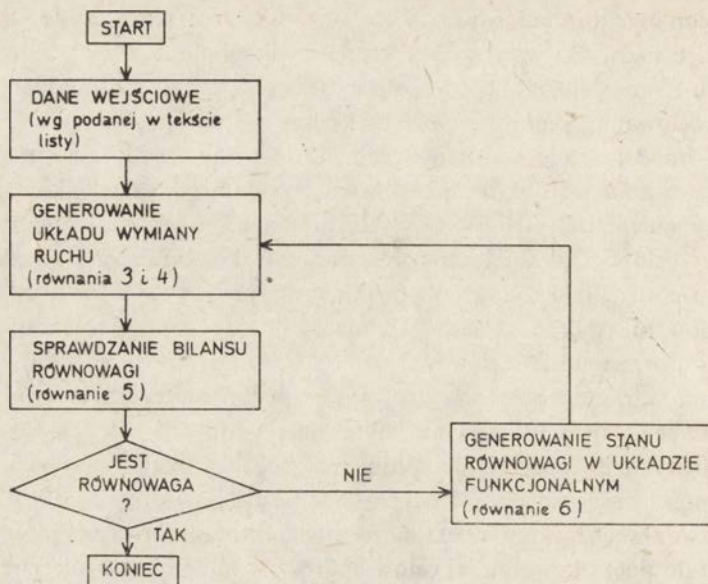
W drugim wariacie założona jest możliwość przemieszczania źródeł podróży w sposób zapewniający utrzymanie określonej proporcji między ilością źródeł i celów podróży w jednym rejonie. Proporcja może wynikać z przyjętej dla całego miasta równości ilości zawodowo czynnych z liczbą miejsc pracy lub różnego potencjału rozwojowego rejonu mierzonego stosunkiem ilości przejazdów w danym przybliżeniu do początkowej ilości celów podróży w rejonie. Po obliczeniu wielkości strumieni przejazdów równowagę realizuje się przemieszczając źródła i cele, przy czym sposób przydzielania tych ostatnich poszczególnym rejonom jest identyczny, jak w wariacie pierwszym. Źródła podróży zostają przypisane rejonom według wymagań zasady proporcji. Ponadto poszczególnym rejonom przypisane są ograniczenia na ilość możliwych do przyjęcia w rejonie źródeł i celów. W przypadku, gdy modelowana ilość celów lub/i źródeł podróży przekroczy założony próg chłonności rejonu, kierowany tutaj „nadwyżkowy” strumień przejazdów zostaje odprowadzony drogą przemieszczenia działalności do rejonów najbliższych danemu rejonowi. W przypadku, gdy i te okażą się „przepełnionymi” działalności zostają rozmieszczone w najbliższej położonych rejonach. Powyższa, kilkustopniowa procedura modelowania „fali” zmian w przestrzennej strukturze układu funkcjonalnego została określona zjawiskiem retencji (T. Zipsler, E. Litwińska 1972).

Zmiennymi wyjściowymi wymaganymi w procesie symulacji są:

- ilość rejonów w badanym układzie przestrzennym $n = 22$;
- ilość przedziałów odległości (pierścieni) czasowych $k = 5$;
- ilość źródeł podróży w rejonach $Z_i (i = 1, 2, \dots, n)$;
- ilość celów podróży w rejonach $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$;
- selektywność podróży $p = 0,00012$;
- pułap górny celów lub źródeł podróży w rejonach — poziom pojemności rejonów wyrażany ilością możliwych do zlokalizowania w nich celów lub źródeł podróży;
- pułap dolny celów lub źródeł podróży w rejonach — ilość celów lub źródeł podróży, poniżej której rejon nie bierze udziału w modelowaniu;
- tolerancja bilansu równowagi — Tol.

Postępowanie symulacyjne składa się z trzech etapów:

- 1) obliczenia wielkości strumieni wymiany ruchu między rejonami;
- 2) sprawdzenia bilansu równowagi;
- 3) zmiany rozmieszczenia celów lub/i źródeł podróży (w zależności od wariantu)



Ryc. 16. Kolejność rozwiązywania równań modelu

A flow diagram of the model

z uwzględnianiem zasady eliminacji rejonów, w których przekroczone zostały pułapy ilości celów. Rycina 16 przedstawia podaną kolejność operacji modelowania.

1. Obliczenie wymiany ruchu między rejonami ma charakter dwustopniowy – najpierw modelowana jest ilość przejazdów przybywająca do kolejnego pierścienia k , określonego izochroną otaczającą rejon źródłowy, w przyjętej z góry odległości czasowej (równanie (3)), a dopiero potem strumień przyjazdów zostaje rozdzielony na rejon j , zgodnie z udziałem poszczególnych rejonów w całkowitej ilości celów znajdujących się w pierścieniu – równanie (4).

$$P_{ik} = Z_i [\exp(-pC_b) - \exp(-pC)], \quad (3)$$

$$T_j = P_{ik} \cdot C_j / C_k, \quad (4)$$

P_{ik} – wielkość strumienia podróżujących z rejonu i do pierścienia k ;

Z_i – ilość źródeł podróży w rejonie i ;

C_b – suma celów podróży bliżej położonych niż pierścien k ;

T_j – wielkość strumienia podróżujących do rejonu j ;

C_j – liczba celów podróży w rejonie j ;

C_k – liczba celów podróży w pierścieniu k ,

$$C = C_b + C_k.$$

2. Po obliczeniu wielkości strumieni przejazdów do wszystkich rejonów ze względu na każdy rejon i , zgodnie z obowiązującą dla rejonów selektywnością podróży i dostępnością komunikacyjną, przeprowadzone zostaje sprawdzenie bilansu równowagi:

$$T_j / C_j = 1 + Tol. \quad (5)$$

3. Zmiana rozmieszczenia celów lub/i źródeł podróży, przeprowadzona zostaje w obrębie rejonów tego samego pierścienia, aż do:

$$\sum_i Z_i [\exp(-pC_b) - \exp(-pC)]. T_j/C_k = T_j + Tol. \quad (6)$$

Modelowanie zmian w zakresie struktury dwóch sprzężonych ze sobą układów funkcjonalnych przebiegało w dwóch fazach. W pierwszej fazie przedmiotem zabiegów modelujących stał się układ miejsca zamieszkania—miejsca pracy. Z układu wyłączono zatrudnionych w sektorze usługowym i związanych z nim mieszkańców. Role celów podróży w układzie pełniły miejsca zatrudnienia w sektorze produkcyjnym. Możliwe do umieszczenia w rejonach ilości tych miejsc stanowiły górny pułap celów. Za pułap dolny celów przyjęto rejonowe wielkości zatrudnienia egzogenicznego.

Jako źródła podróży występowała w modelu ludność bez proporcjonalnie przyjętej tej ilości, która związana była z zatrudnieniem usługowym. Pułap górny źródeł stanowiła liczba ludności możliwa do zlokalizowania w danym rejonie z uwagi na istniejące w nim zasoby terenów nadających się pod budownictwo mieszkaniowe. Pułapem dolnym źródeł podróży była istniejąca w rejonie powierzchnia mieszkaniowa wyznaczająca pewną minimalną dla rejonu liczbę ludności.

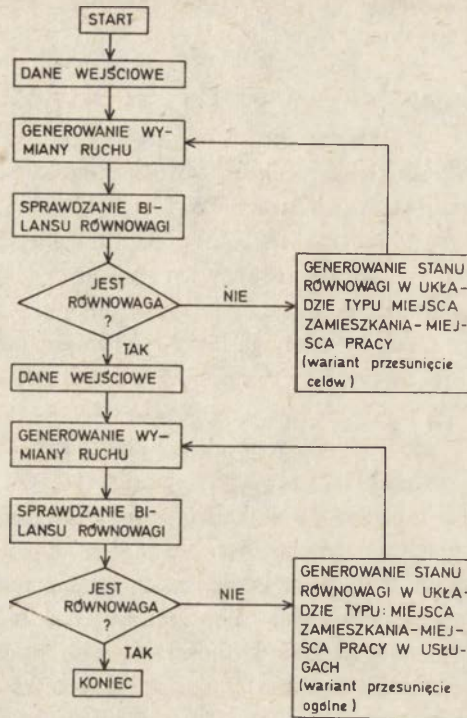
W oparciu o przestrzenny rozkład ludności i miejsc pracy model generował strumienie przejazdów do pracy, a następnie, w przypadku stwierdzenia braku równowagi, poszukiwał zrównoważonej struktury układu przemieszczając miejsca pracy względem miejsc zamieszkania.

Wytworzenie równowagi w pierwszej fazie odpowiadało wariantowi „przesunięcie celów”, przy czym stan zrównoważony otrzymywany był przy zastosowaniu dwóch interakcji. Pierwszy rodzaj stanowiły interakcje parzyste (druga, czwarta itd.) modelujące stan równowagi w relacji praca—dom, natomiast drugi rodzaj interakcji (interakcje nieparzyste — pierwsza, trzecia itd.) odnosiły się do relacji dom—praca.

W drugiej fazie modelowaniu podlegał układ miejsca zamieszkania—miejsca pracy w usługach. Rolę celów podróży pełniły teraz miejsca pracy w sektorze usługowym. W charakterze źródeł podróży występowały rejonowe wielkości ludności powiększone w stosunku do ich ilości z pierwszej fazy o ludność związaną z zatrudnieniem usługowym.

W oparciu o przestrzenny rozkład ludności i miejsc pracy związanych z zatrudnieniem usługowym model gromadził wielkości strumieni przejazdów do działalności usługowych, a następnie generował stan równowagi przestrzennej przemieszczając cele podróży. Ponieważ jednak równoległe z przesuwaniem celów podróży realizowana była procedura lokalizacji ludności związanej z zatrudnieniem usługowym (z zachowaniem jej proporcjonalnego udziału w liczbie ludności całego rejonu), proces równoważenia struktury układu w drugiej fazie miał charakter wariantu „przesunięcie ogólne”.

Kolejność faz modelowania struktury obydwu układów funkcjonalnych przedstawia rycina 17. Opisane i przedstawione powyżej dwie fazy składały się na jeden etap modelowania odpowiadający symulacji zmian w jednym przekroju czasu.

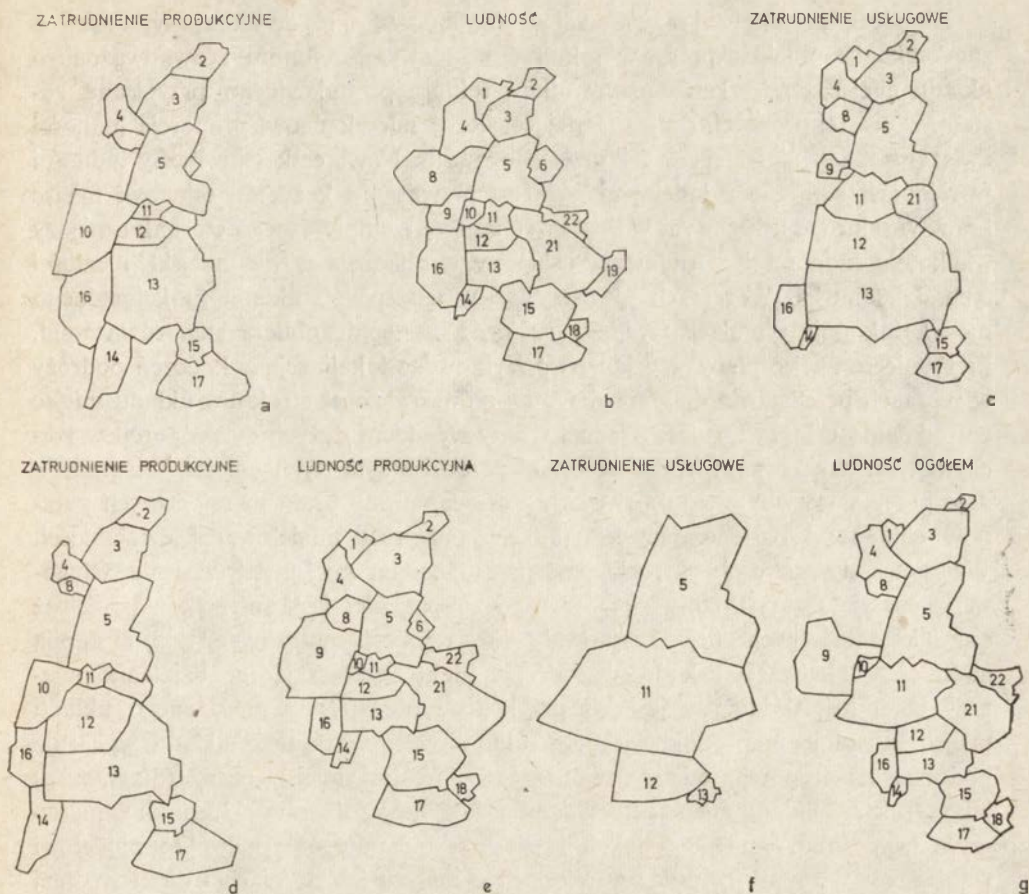


Ryc. 17. Kolejność faz modelowania struktury układów funkcjonalnych
A flow diagram of the simulation of spatial patterns

Przejsie do następných etapów modelowania odbywało się w drodze zastosowania empirycznie obliczonych współczynników zmian.

Wyniki modelowania przedstawiono w postaci kartograficznej za pomocą trzech zestawów diagramów. Każdy zestaw dotyczy dwu badanych układów funkcjonalnych i odnosi się do jednego przekroju czasu. Dla celów prezentacji modelowanego procesu zmian w strukturze układów funkcjonalnych wybrano trzy lata — 1960, 1970 i 1982. Jeden zestaw składa się z siedmiu diagramów anamorficznych. Wyniki modelowania pokazane są na czterech dolnych (*d, e, f, g*) zaś trzy górne diagramy (*a, b, c*) służą celom porównawczym i ukazują rzeczywisty stan struktury analizowanych układów przestrzennych. Przedstawiony niżej zestaw odnosi się do 1960 r. (ryc. 18).

Dane dla roku 1960 zawarte w treści diagramów *a, b, c* stanowią, obok materiału porównawczego, podstawę empiryczną dla rozpoczęcia procedury modelowania. Pierwsza interakcja modelująca odnosiła się do rzeczywistych układów miejsc zamieszkania i miejsc pracy w sektorze produkcyjnym. Dla tego układu funkcjonalnego charakterystyczna była różnica w stopniu koncentracji między mieszkalnictwem i zatrudnieniem. 50% miejsc pracy zgromadzonych było w trzech rejonach (5, 10, 13), podczas gdy 50% ludności zamieszkiwało pięć rejonów: 5, 8, 15, 16 i 21. Symulacja wymiany ruchu między obydwoma układami miejsc działalności



Ryc. 18. Rzeczywisty i modelowy stan struktury układów funkcjonalnych w 1960 r.

Actual and simulated spatial functional patterns, 1960

dotyczyła tylko tej części ludności, która związana była z zatrudnieniem produkcyjnym. Modelowane przyjazdy do pracy wykazały koncentrację w rejonach 5 i 12, natomiast niedobór przyjazdów w stosunku do ilości miejsc pracy wystąpił przede wszystkim w rejonach: 3, 10 i 16. Głównie z tych ostatnich rejonów modelu wycofane zostały cele podróży a lokalizowane w rejonach 5 i 12. Porównanie diagramów *a* i *d* pozwala uchwycić zmiany w strukturze układu przestrzennego miejsc pracy. Widać wyraźnie, że ograniczyły się one do centralnych rejonów miasta.

Symulacja wymiany ruchu i obliczanie stanu równowagi objęły również relację praca—dom. Zmiany, jakie nastąpiły w rzeczywistym układzie miejsc zamieszkania w związku z generowaniem stanu równowagi przestrzennej pokazują mapki *b* i *e*. Nadwyżkowa koncentracja przejazdów z pracy wystąpiła w rejonach 3, 9, 15 i 21. Deficyt przejazdów wystąpił w rejonach 5, 8, 16 i stąd w modelu musiały być wycofane miejsca zamieszkania dla zapewnienia stanu równowagi w strukturze układu.

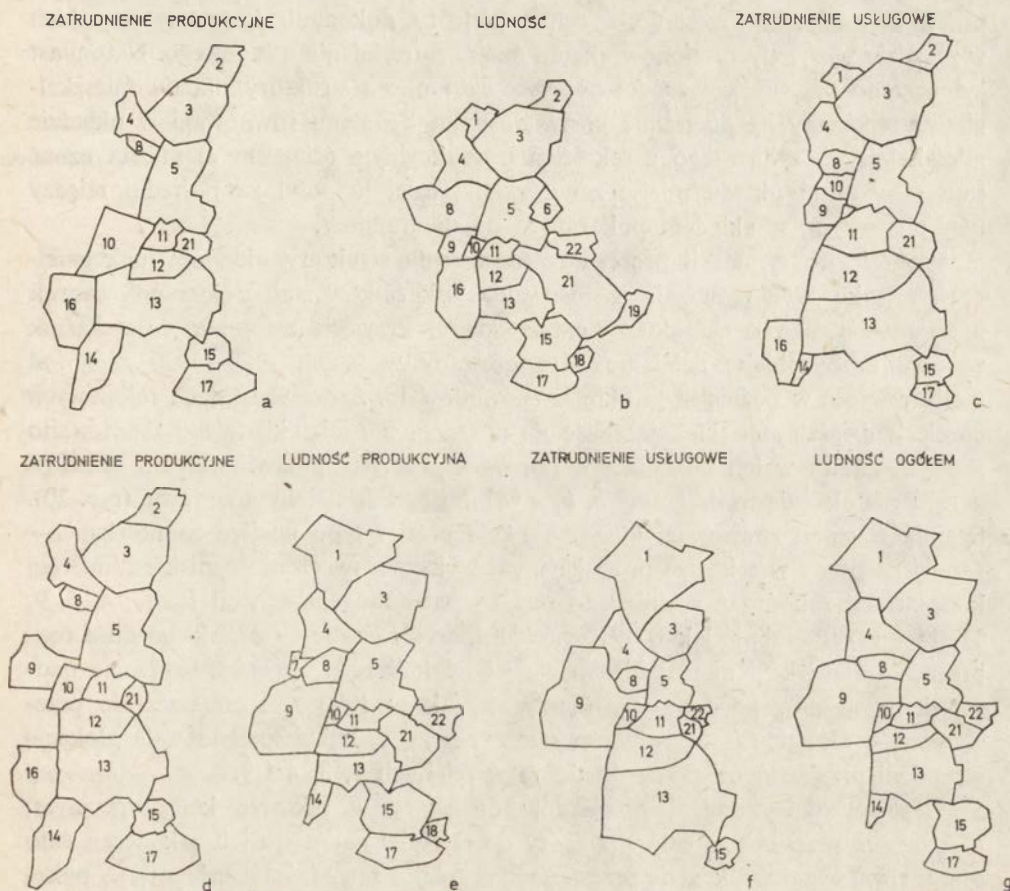
Na początku następnej fazy modelowania, odnoszącej się do układu typu miejsca zamieszkania—miejsca pracy w sektorze usługowym, rejonom zrównoważonego układu miejsc zamieszkania pracowników sektora produkcyjnego przypisana została, w prostej proporcji do już istniejącej liczby mieszkańców, proporcja ludności związana z zatrudnieniem w sektorze usługowym. Nowe całkowite liczby ludności w rejonach stały się z kolei podstawą do przypisania każdemu rejonowi miejsc pracy w sektorze usługowym w ilości wynikającej z empirycznego stosunku między wielkością ludności i zatrudnienia usługowego obliczonego dla miejskich całości tych działalności. W ramach utworzonego w ten sposób układu funkcjonalnego model dokonuje symulacji wymiany ruchu, a następnie oblicza stan równowagi. Przesunięcie miejsc pracy w usługach podyktowane lokalizacją zakończeń podróży w rejonach przedstawia diagram *f*. Obraz zrównoważonej struktury układu miejsc zatrudnienia usługowego jest z jednej strony wynikiem dużych dysproporcji w rzeczywistym, wyjściowym rozmieszczeniu przestrzennym tych miejsc (diagram *c* daje przybliżony obraz tego zjawiska), z drugiej strony brakiem rejonowych pułapów chłonności ograniczających nadmierny przyrost modelowanej działalności. Wyjściowa dysproporcja w rozkładzie przestrzennym miejsc zatrudnienia usługowego sprzyjała zarysowaniu się obszaru jego przyszłej koncentracji, a ponieważ największe ilości tych miejsc znajdowały się w rejonach centralnych, tutaj nastąpiła nadmierna lokalizacja zakończeń podróży. Efekt ograniczającego działania pułapów chłonności widoczny jest na przykładzie obrazu zrównoważonego układu miejsc zatrudnienia produkcyjnego. Struktura rzeczywista tego układu wykazuje podobne dysproporcje między rejonowymi ilościami miejsc pracy (diagram *a*) jak i strukturą układu miejsc zatrudnienia usługowego (diagram *c*). Jednak w pierwszym przypadku istnienie dolnych i górnych pułapów nie pozwoliło modelowi zmniejszyć liczby miejsc pracy w rejonach o małych ich ilościach i dużej średniej odległości funkcjonalnej (dużej ilości pośrednich celów podróży między nimi a rejonami źródłowymi). Najmniejsze, średnie odległości w przestrzeni funkcjonalnej, jakimi charakteryzują się rejon centralne są tym czynnikiem, który powoduje większość podróży dokonujących się w przestrzeni miasta. Gdy działanie tego czynnika jest jeszcze powiększone dysproporcją w zakresie ilości celów podróży na korzyść rejonów centralnych powstaje w efekcie obraz przedstawiony na diagramie *f*.

Przesunięcie miejsc pracy w usługach wymagało, dla zachowania ustalonej empirycznie proporcji między ilością zatrudnienia usługowego i liczbą ludności, przesunięcia źródeł podróży (miejsc zamieszkania) do rejonów koncentracji zatrudnienia usługowego. Otrzymany w rezultacie obraz układu przestrzennego miejsc zamieszkania przedstawia diagram *g*. W stosunku do stanu wyjściowego drugiej fazy obliczeń (diagram *e*) wzrósł w ogólnej liczbie ludności udział rejonów pokazanych na diagramie *f* (rejon 5, 11, 12). Większe natomiast zmiany wystąpiły przy porównaniu ze stanem rzeczywistym układu.

Przejsięcie do każdego następnego etapu modelowania nie wymagało bezpośredniego stosowania danych empirycznych — opierało się natomiast na przemnożeniu rejonowych ilości miejsc poszczególnych rodzajów działalności z poprzedniego

etapu modelowania przez empirycznie obliczone wskaźniki zmian. Kolejny zestaw diagramów (ryc. 19) pokazuje wyniki modelowania struktury dwóch układów funkcjonalnych dla roku 1970.

Rok 1970 był trzecim etapem modelowania. Zmiany, jakie zaszły w strukturze rzeczywistych układów funkcjonalnych od 1960 r. nie były jednak znaczne. W ramach układu zatrudnienia produkcyjnego ograniczyły się one do wzrostu udziału jednego tylko rejonu — 3. Również w przypadku układów ludności i zatrudnienia usługowego rejon 3 skupił większość procesu wzrostu.



Ryc. 19. Rzeczywisty i modelowy stan struktury układów funkcjonalnych w 1970 r.

Actual and simulated spatial functional patterns, 1970

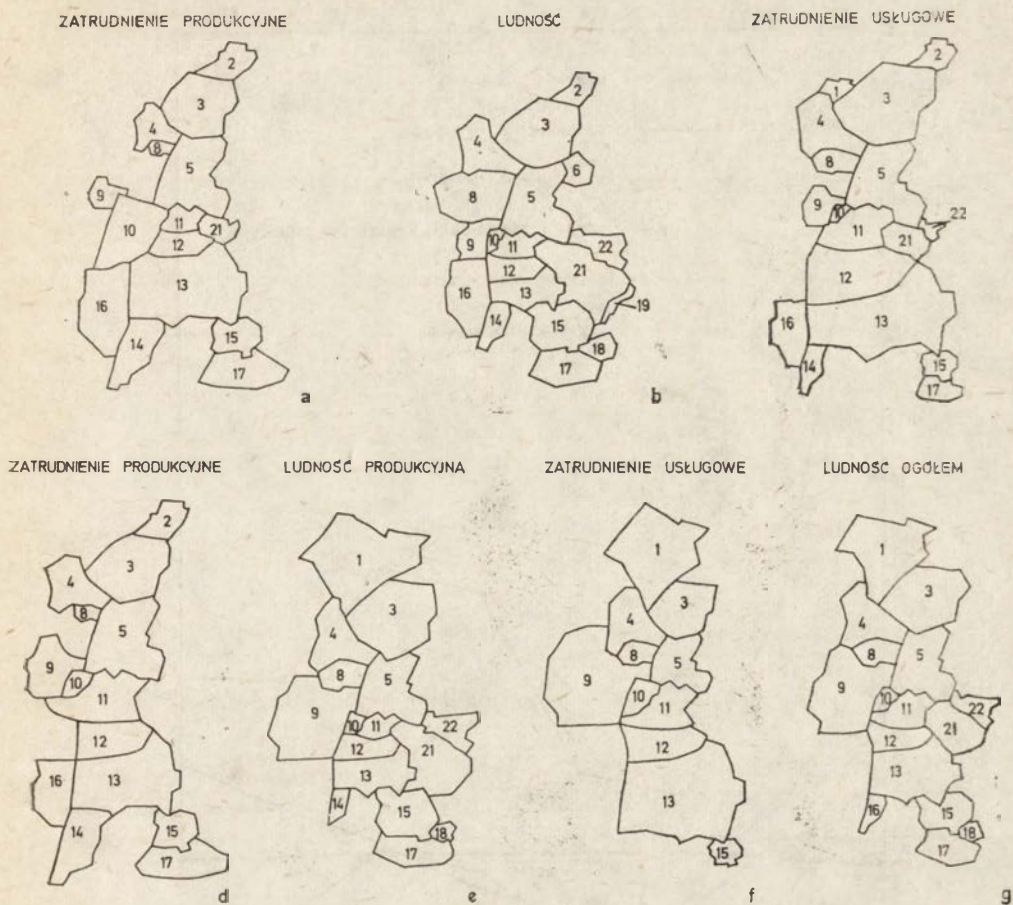
Modelowanie stanu równowagi w strukturze układu funkcjonalnego typu miejsca zamieszkania—miejsca pracy w sektorze produkcyjnym, po stronie układu miejsc pracy dość znacznym rozproszeniem przestrzennym przejawiało się zjawisko powstawania nadwyżek przejazdów do pracy. Wystąpiły one w dużej skali w siedmiu rejonach (3, 4, 5, 9, 12, 13, 17). Stan równowagi generowany był w drodze przesuwania celów podróży przede wszystkim z rejonu 10. Natomiast w procesie lokali-

zacji nadwyżek przyjazdów w układzie miejsc zamieszkania decydowało w 1970 r. zjawisko wyczerpania rejonowych pojemności w zakresie mieszkalnictwa. Rezerwami dysponowały cztery rejon (1, 3, 4, 9) i tutaj właśnie model kierował niemal wszystkie przejazdy z domu do pracy. Diagram *e* pokazuje strukturę układu mieszkalnictwa w stanie równowagi. Dość wyraźna reorientacja procesu lokalizacji miejsc zamieszkania, przejawiająca się ich usytuowaniem daleko poza obszarem centralnym, spowodowała przesunięcie rejonów nadwyżkowych w kierunku północnym (rejon 1, 4) i zachodnim (rejon 9). Porównanie diagramów *c* i *f* pozwala stwierdzić, że właśnie te rejon otrzymały w nadmiarze ilość przyjeżdżających do pracy w usługach. Przesunięcia celów podróży dokonano kosztem wszystkich w zasadzie pozostałych rejonów układu miejsc zatrudnienia usługowego. Natomiast jednoczesne przesunięcie źródeł podróży dało obraz struktury układu mieszkalnictwa pokazany na diagramie *g*. W stosunku do stanu równowagi w układzie mieszkalnictwa związanego z sektorem produkcyjnym (diagram *e*) można uznać stan równowagi układu miejsc zamieszkania całej ludności za pośredni między tym pierwszym, a układem pokazanym na diagramie *f*.

Przejsie do symulacji procesu równoważenia struktury układów funkcjonalnych w roku 1982 wymagało zastosowania wskaźników zmian ekstrapolowanych na gruncie zmian o charakterze empirycznym. Przyjęcie założenia, że wskaźnik wzrostu liczby miejsc działalności zanotowany w latach 1960–1970 zachował swoją wartość w późniejszym okresie spowodowało, że we wszystkich rejonowych ilościach działalności składającej się na poszczególne ich układy nie zanotowano żadnych zmian w ich udziałach w porównaniu z rzeczywistym stanem układów z 1970 r. Pokazują to diagramy *a*, *b*, *c* w niżej przedstawionym zestawie (ryc. 20). Symulacja stanu równowagi układu funkcjonalnego typu miejsca zamieszkania — miejsca pracy w sektorze produkcyjnym wykazała tworzenie ognisk nadmiernej koncentracji zakończeń podróży do pracy w siedmiu rejonach miasta (3, 4, 5, 9, 11, 14 i 17). Podobnie jak w 1970 r. charakterystyczne jest stosunkowo duże rozproszenie zjawiska i niemal identyczna jego lokalizacja. Również tworzenie nadwyżek przejazdów do domu ma identyczne jak w 1970 r. rozmieszczenie przestrzenne — aktualna jest bowiem ta sama przyczyna, która spowodowała alokację strumieni przejazdów z pracy do domu w rejonach 1, 3, 4 i 9.

Generowanie strumieni przejazdów do pracy w sektorze konsumpcyjnym, a następnie przesunięcie celów podróży do rejonów nadmiaru ich zakończeń dało obraz równowagi w układzie przestrzennym miejsc zatrudnienia usługowego pokazany na diagramie *f*. Porównanie ze stanem rzeczywistym wskazuje, że otrzymany obraz równowagi stanowi wypadkową struktury przestrzennej układu rzeczywistego i układu przestrzennego miejsc zamieszkania ludności związanej z sektorem produkcyjnym. Ten drugi eksponuje udział rejonów mieszkaniowych 1 i 9, podczas gdy pierwszy rejonu 13. Również rozkład przestrzenny ogółu ludności miasta jest wynikiem nałożenia na siebie obrazów zrównoważonych układów miejsc zatrudnienia konsumpcyjnego i miejsc zamieszkania związanych z układem produkcyjnym.

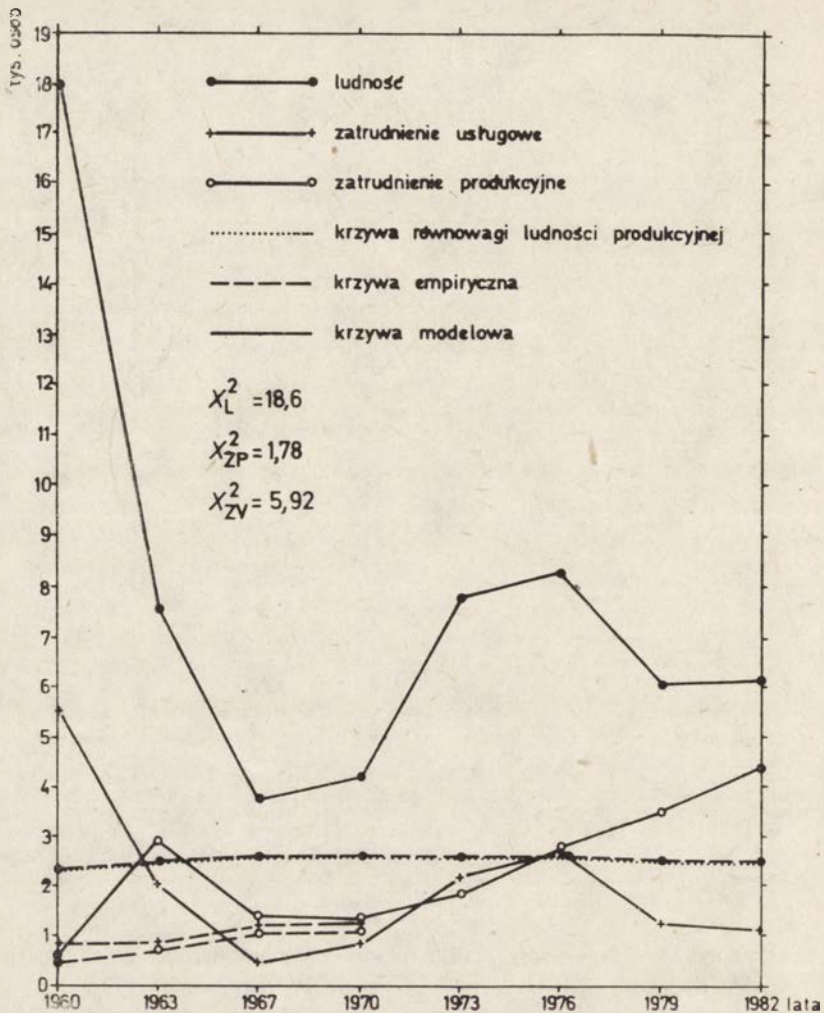
Analiza otrzymanych wyników modelowania z punktu widzenia ewolucji zmian w strukturze poszczególnych układów przestrzennych ujawnia wspólne dla nich



Ryc. 20. Ekstrapolowany i modelowy stan struktury układów funkcjonalnych w 1982 r.
Extrapolated and simulated spatial functional patterns, 1982

wszystkich zjawisko — spadek udziałów rejonów centralnych (5, 10, 11 i 12) w ogólnomiejskiej ilości miejsc działalności na korzyść rejonów leżących na ich obrzeżu (1, 3, 4, 9 i 13). Proces przesunięcia zjawiska najbardziej intensywnej lokalizacji zakończeń podróży poza obszar centralny jest wynikiem działania modelowego mechanizmu retencji. Działanie tego mechanizmu jest możliwe do uchwycenia przy porównaniu zmian między rokiem 1960 i 1970. Rycina 21 przedstawia przebieg zjawiska retencji na przykładzie jednego z rejonów obszaru centralnego (rejon 11).

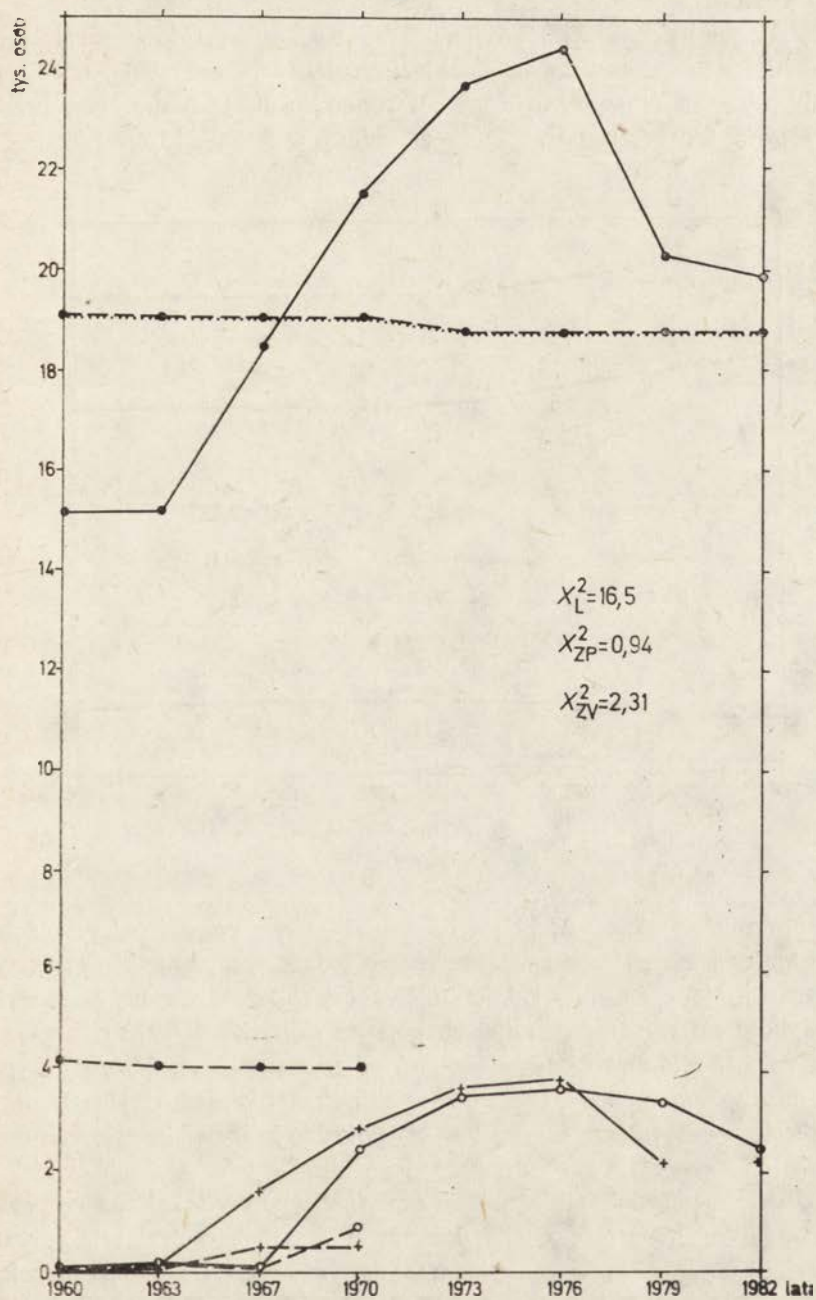
Krzywe ciągłe na wykresie określają zmiany stanów równowagi poszczególnych działalności. Krzywa z kółkiem odnosi się do liczby mieszkańców, natomiast krzywa z krzyżykiem — do wielkości zatrudnienia usługowego. Współbieżność kształtu krzywych wynika z działania zasady proporcji przyjętej w fazie modelowania drugiego typu układu funkcjonalnego (miejsca zamieszkania — miejsca pracy w sektorze usługowym), faza ta jest związana z wariantem „przesunięcia ogólne”. Zjawisko retencji w przypadku rejonu 11 przejawia się spadkiem jego udziału w zakresie



Ryc. 21. Rejon 11
District 11

ilości ludności i zatrudnienia usługowego. Jak widać, tempo tego procesu jest szybkie, zostaje jednak zatrzymane, a proces cofnięty jeszcze przed 1970 r. Rycina 22 prezentuje natomiast zjawisko retencji w rejonie należącym do obszaru otaczającego rejon centralny, a więc do obszaru, w którym na skutek wyczerpania pojemności rejonów centralnych koncentrowało się zjawisko wzrostu miejskich działalności.

Przedstawiony na rycinie 22 przebieg zmian odnosi się do działalności związanych z rejonem 9. W porównaniu z rejonem 11 widać różnicę w zakresie pojemności lokalizacyjnej na korzyść rejonu 9 — pokazuje ją ciągła linia falowana odpowiadająca liczbie ludności związanej z zatrudnieniem produkcyjnym. Zjawisko retencji przejawia się tutaj we wzroście liczby ludności i zatrudnienia usługowego. Wzrost ludności rejonu jest tak intensywny, że „przebija” pułap pojemności lokalizacyjnej,

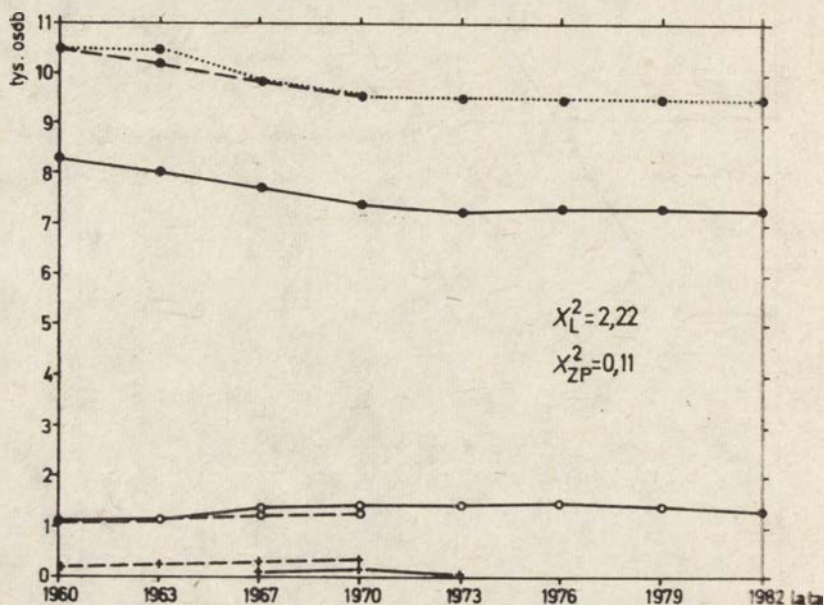


Ryc. 22. Rejon 9

District 9

w rezultacie czego następuje proces zagęszczania liczby ludności nad przyjęte normatywy urbanistyczne.

Poza rejonami centralnymi i rejonami obszaru obrzeża, gdzie przesunęła się fala zjawiska wzrostu w zakresie miejskiej struktury przestrzennej, trzecią grupę stanowiły pozostałe rejonny — było ich 13. Typowym dla nich sposobem przebiegu zmian w ilości ludności i zatrudnienia są zmiany w rejonie 15 (ryc. 23).



Ryc. 23. Rejon 15
District 15

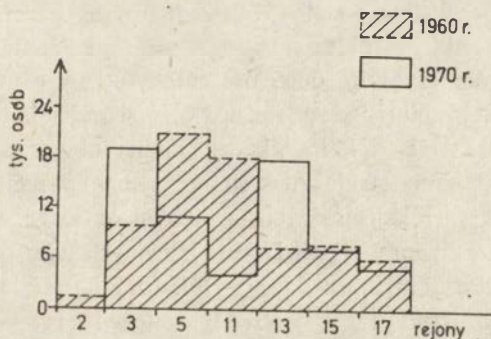
Usytuowanie na rycinie 23 krzywej ludności ogółem poniżej pułapu chłonności rejonu i brak większych zmian w jej przebiegu świadczą o niewielkiej atrakcyjności lokalizacyjnej rejonu dla mieszkalnictwa. Dotyczy to również usług — na wykresie znikoma ilość zatrudnienia w usługach pojawia się tylko w 1970 r.

Złożony z 13 rejonów obszar, otaczający od zewnątrz rejonny obrzeża, dysponuje dużymi możliwościami w zakresie rejonowych pojemności, jednak jego stosunkowo duża odległość od centrum miasta jest czynnikiem, który w kategoriach modelowych założeń nie sprzyja zachodzeniu w jego obrębie intensywnych zjawisk lokalizacji. Oparte o założenie minimalizacji odległości procesy lokalizacyjne powodują raczej nadmierną koncentrację mieszkańców w rejonach centralnych prowadzącą do zjawiska zbytniego zagęszczenia ludności na tym obszarze — rycina 22 pokazuje, że w rejonie 11 na przestrzeni całego badanego czasu liczba ludności była większa aniżeli możliwości pojemnościowe rejonu.

Uzyskane wyniki modelowania skonfrontowane zostały z materiałem empirycznym. Za pomocą testu statystycznego starano się odpowiedzieć na pytanie: w jakim stopniu zanotowany w rzeczywistości rozwój układów funkcjonalnych pozostawał w zgodności ze zrównoważonym przestrzennie sposobem ich rozwoju?

Pomiaru stopnia statystycznego zgodności przy pomocy testu chi-kwadrat dokonano opierając się o wykresy funkcji przebiegu zmian o empirycznym i zrównoważonym charakterze. Podobnie, jak na podanych wyżej trzech wykresach empiryczne funkcje zaznaczono linią przerywaną z kropką. Wykresy takie skonstruowano dla każdego rejonu. Zgodność przebiegu krzywych mierzona była dla czterech punktów czasowych — roku 1960, 1963, 1967 i 1970. Wartość krytyczna chi-kwadrat dla trzech stopni swobody i na poziomie istotności równym 0,05 wynosiła 7,815. Na każdym wykazie podana jest wartość statystyki odnosząca się do ludności — subskrypt L , zatrudnienia produkcyjnego — ZP i usługowego — ZU . Z przedstawionych trzech rejonów jedynie działalności związane z rejonem 15 przejawiały rozwój odpowiadający kryterium rozwoju zrównoważonego przestrzennie. Testu chi-kwadrat nie zastosowano dla dziesięciu rejonów — były to te, dla których model albo nie generował krzywych równowagi, albo generował je dla niektórych przekrojów czasowych. Tych dziesięć rejonów to przede wszystkim rejon trzeciej grupy. Na pozostałych dwanaście rejonów, w odniesieniu do zatrudnienia usługowego, zgodności ze zrównoważonym przestrzennie sposobem rozwoju nie wykazały rejon 5 i 13, w zakresie zatrudnienia produkcyjnego tylko rejon 14, a w odniesieniu do ludności — rejon: 1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 21.

Na podstawie otrzymanych wyników, o przebiegu zmian w strukturze przestrzennej Wałbrzycha można powiedzieć, że prezentowała ona w badanym okresie, w odniesieniu do dwóch swoich podstawowych składników, zrównoważony charakter rozwoju. Jedynie przestrzenny układ mieszkalnictwa ujawnił wyraźne odchylenie od stanu równowagi. Zjawisko zrównoważonego rozwoju ludności przebiegało w sposób falowy. W pierwszych etapach modelowania ognisko jego koncentracji obejmowało obszar rejonów centralnych, by następnie, rozszerzając się opanować



Ryc. 24. Falowy charakter modelowy rozwoju ludności na obszarze wybranych rejonów Wałbrzycha w latach 1960–1970

A wave like character of population change within selected districts, 1960–1970

rejon 5 i 13, w zakresie zatrudnienia produkcyjnego tylko rejon 14, a w odniesieniu do ludności — rejon: 1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 21. rejon 5 i 13, w zakresie zatrudnienia produkcyjnego tylko rejon 14, a w odniesieniu do ludności — rejon: 1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 21. rejon 5 i 13, w zakresie zatrudnienia produkcyjnego tylko rejon 14, a w odniesieniu do ludności — rejon: 1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 21. rejon 5 i 13, w zakresie zatrudnienia produkcyjnego tylko rejon 14, a w odniesieniu do ludności — rejon: 1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 21. rejon 5 i 13, w zakresie zatrudnienia produkcyjnego tylko rejon 14, a w odniesieniu do ludności — rejon: 1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 21.

Tymczasem, jak opisano to w rozdziale pierwszym, rzeczywisty rozwój ludności ograniczył się do dwóch rejonów położonych w północnej części miasta i nie wykazał takiej regularności przestrzennej, jaka wynikała z modelu.

ZAKOŃCZENIE

Obydwa modele, mimo różnego charakteru badawczego i mimo zastosowania ich do nieco innych układów funkcjonalnych dały podobne wyniki. Przestrzennym obrazem tych wyników było zjawisko formowania się w centralnym obszarze Wałbrzycha ogniska koncentracji modelowanych działalności — mieszkalnictwa i miejsc pracy w sektorze endogenicznym lub usługowym. Model wrocławski, szczególnie w początkowych etapach symulacji, umieścił tutaj znaczną część ogólnomiejskiej liczby ludności i zatrudnienia usługowego. Później intensywność tego procesu spadła, przenosząc się falowo na obszar otaczający rejony centralne. Model angielski dał bardziej uproszczony i ostry obraz zmian. Generowane przezeń, w badanym przedziale czasu, zjawisko wzrostu ludności i zatrudnienia endogenicznego ograniczyło się w całości do obszaru centralnego. Tempo wzrostu działalności w czterech rejonach centralnych było tak duże, że w końcowych etapach modelowania niemal wszystkie rejony położone poza obszarem centralnym utraciły, jeżeli nie całość, to dużą część swoich mieszkańców i zatrudnionych w sektorze endogenicznym.

Przedstawione w pracy modele często określa się mianem modeli komunikacyjnych drugiej generacji (P. Korcelli 1974). Zakłada się w nich, że o procesie lokalizacji elementów miejskiej struktury przestrzenno-funkcjonalnej decyduje „zastraszające” oddziaływanie czynnika odległości modyfikowane atrakcyjnością miejsc, w których proces lokalizacji może zachodzić. Wyrazem działania sił lokalizacyjnych jest przestrzenny obraz relacji komunikacyjnych na obszarze miasta. Wychodząc z założenia, że przestrzenna struktura systemu wymiany ruchu jest odbiciem sposobu funkcjonowania sił lokalizacyjnych na danym obszarze, w obydwu modelach traktuje się obraz przestrzenny relacji komunikacyjnych jako przyczynowe podłoże, za pomocą którego można odtwarzać proces lokalizacji działalności składających się na przestrzenną strukturę miasta. Przyjęcie tego założenia przejawia się w umieszczeniu parametrów służących procedurze dopasowania modeli w równaniach generujących strumienie przejazdów. Obydwa równania interakcji przestrzennych, mimo różnych zasad formalnych leżących u ich podstaw, działają według podobnej reguły — rozmieszczają podróże w przestrzeni w sposób minimalizujący pokonywaną odległość, w warunkach danego systemu dostępności i preferencji komunikacyjnych. Ta podstawowa zasada funkcjonowania obydwu modeli jest równoznaczna z przyjęciem tezy, że głównym mechanizmem kształtowania się układów zurbanizowanych jest dążenie do koncentracji.

Chyba najbardziej syntetycznym obrazem pola układu sił lokalizacyjnych,

opartego o istniejący (empiryczny) układ komunikacyjny miasta, jest powierzchnia potencjału o morfologii odmiennej dla każdego rodzaju działalności będącego przedmiotem badania. Kształt powierzchni potencjału stanowi informację o rozkładzie potencjalnych ciężarów alokacyjnych, w przestrzennym układzie miejsc działalności (por. ryc. 11, 12). Jedyнным parametrem tego rozkładu jest parametr funkcji zmiennej odległości, obliczony w niniejszej pracy na podstawie materiałów obserwacyjnych. Zapewnia on, przy danym empirycznym rozmieszczeniu rejonowych mas działalności, dopasowanie modelowej powierzchni potencjału do jej rzeczywistej konfiguracji.

Parametr modelu jest tą jedyną stałą numeryczną, której wartość nie musi wynikać z danych empirycznych charakteryzujących badany proces. Wartości wszystkich innych współczynników potrzebnych w dwóch modelach układów funkcjonalnych obliczane były na podstawie materiału statystycznego, natomiast dla parametrów w jednym i drugim modelu można znaleźć wartość, przy której model procesu uzyskuje dopasowanie do procesu rzeczywistego, przeprowadzając dowolną ilość modelowań, każde przy innej założonej a priori wartości parametru i wybrać tę, dla której miara dobroci dopasowania wykazuje najwyższy wskaźnik.

Z metodologicznego punktu widzenia pod wartością parametru kryją się wszystkie te czynniki, których działanie na modelowany proces ma charakter uboczny, i których uwzględnić nie mogą zmienne modelu reprezentujące główne przyczyny rządzące procesem. Jak już wspomniano o tym w rozdziale pierwszym, zadaniem modelu jest odtworzenie funkcjonowania mechanizmu procesu będącego kombinacją powiązań i wzajemnych oddziaływań przyczyn głównych. Brak dopasowania pierwszego modelu do rzeczywistości ma swój powód w nieuwzględnieniu wszystkich przyczyn głównych. Model angielski nie objął swymi zmiennymi tak oczywistej przyczyny mającej spory wpływ na proces rozwoju struktury przestrzenno-funkcjonalnej miasta, jaką jest ograniczona pojemność jego regionów.

W pracy ukazano tylko część możliwości, jakie kryje w sobie metoda symulacji zastosowana do modeli układów funkcjonalnych. Zaprezentowano ją jako technikę projektowania hipotetycznych struktur przestrzenno-funkcjonalnych, umożliwiającą testowanie założeń badawczych przyjętych w modelach lub też porównania empirycznej sytuacji przestrzennej z jej zoptymalizowaną wersją.

Symulacja jest metodą analizy systemowej i jej stosowanie w sposób nierozzerwalny wiąże się z systemową metodologią ujmowania badanych zjawisk. W odniesieniu do problematyki modelowania struktur miejskich wskazuje na to zagadnienie J. E. Gibson (1972). Według niego istnieją przynajmniej trzy przyczyny, dla których symulacja jako modelowanie w ujęciu systemowym powinna być stosowana w badaniach miejskich.

1) Na przyjętym szczeblu uogólnienia badanej struktury rzeczywistej można, posługując się metodą symulacji, uwzględnić w zasadzie dowolną liczbę wariantów modelu tej struktury. Każdy wariant będzie uzyskiwany dla innej kombinacji zbioru zmiennych modelowych, zależności między nimi i wartości parametrów. Wybiera się ten, który najadekwatniej obrazuje lub wyjaśnia strukturę będącą przedmiotem badania. Poszerzenie, dzięki metodzie symulacji, pola manewru badawczego (licz-

by możliwości ogarnięcia miejskiej struktury przestrzennej) realizuje jedną z podstawowych zasad podejścia systemowego — pozwala uwzględnić w sposób kompleksowy te powiązania i elementy systemu miejskiego, które z interesującego dla badacza punktu widzenia są najważniejsze.

2) Przy pomocy metody symulacji można również przeanalizować dowolną ilość alternatywnych rozwiązań wynikających z nałożenia na proces rozwoju struktury systemu wewnątrzmijskiego określonych warunków. Każda alternatywa może być uzyskana dla innego zbioru ograniczeń i postulatów dotyczących struktury badanego systemu. Rozwiązaniem w tym wypadku jest pewna docelowa struktura czyniąca zadość nałożonym na nią wymaganiom. Generując zespół alternatywnych rozwiązań metodą symulacji urzeczywistnienia jeszcze jedną podstawową cechą podejścia systemowego — zwiększa obszar możliwości dokonania wyboru, a także prawdopodobieństwo otrzymania właściwego, z określonego punktu widzenia, rozwiązania badawczego.

3) Trzecia wśród podstawowych zasad podejścia systemowego zaleca rozpatrywanie badanego systemu w możliwie szerokim kontekście, sprzyja to bowiem ujawnieniu charakteru i istoty zmian będących przedmiotem i celem analizy badawczej. W odniesieniu do miasta chodzi tu o kontekst zarówno przestrzenny, jak i przedmiotowy. Ten pierwszy obejmuje elementy i relacje tworzące pozamijski system osadniczy, ten drugi natomiast elementy i relacje składające się na strukturę ekonomicznego i społecznego systemu otoczenia miasta. Eksperymentowanie z „pozamijskimi” zmiennymi modelowymi, z racji licznych dodatkowych kombinacji zależności, jakie one wytwarzają w konstrukcji formalnej modelu, jest możliwe tylko przy użyciu metody symulacji.

Na tle opisanych wymogów i zasad stosowania metody symulacji w badaniach systemu wewnątrzmijskiego, przedstawione w pracy techniki modelowania, jak i ich wyniki traktowane być mogą jako wstępne próby przy osiągnięciu postępu w tej dziedzinie. Wyjście poza stosunkowo prosty schemat problemowo-logiczny, jakim była ta próba nie jest jednak łatwe. Należy pokonać nie tylko trudności związane z ponoszeniem szybko rosnących kosztów modelowania symulacyjnego polegającego na wielokrotnym generowaniu modeli procesu zmian w tym samym wycinku rzeczywistości. Niemniej trudne jest powiększanie skali dokładności badania. Skomplikowanie konstrukcji modelowej dla otrzymania bardziej złożonych modeli procesu pozwalających odczytywać, wyjaśniać i optymalizować systemy rzeczywiste napotyka na dość zasadnicze ograniczenia. Wynika ono z samej istoty modelowania. Modeluje się nie rzeczywistość, a wyselekcjonowany obraz jej struktury. Model matematyczny uzyskuje empiryczne poparcie w zakresie zbioru liczb reprezentującego rzeczywistość na określonym poziomie jej uogólnienia. Chcąc obniżyć ten poziom, a więc czynić bardziej szczegółową analizę badawczą i zwiększyć jej wartość poznawczą, należy budować modele dysponujące większą liczbą zmiennych i równań. Ma to jednak sens tylko wtedy, gdy te zmienne znajdują swoje empiryczne odpowiedniki. Tymczasem dane empiryczne mają z reguły ustaloną granicę szczegółowości. Właśnie ta granica nie pozwala stosować bardziej skomplikowanych narzędzi modelujących.

Od momentu powstania i stosowania operacyjnych modeli układów funkcjonalnych dokonano szeregu ulepszeń w ich konstrukcji logicznej, to znaczy w budowie równań modelowych, nie zmieniła się natomiast wiele lista zmiennych, którymi one operują. Ilość rodzajów elementów składających się na empiryczny schemat struktury wewnętrznej miasta lub dokładniej ilość układów funkcjonalnych, które w strukturze miejskiej badacze wydzielają i poddają modelowaniu nie uległa zwiększeniu od czasu wprowadzenia modelu Lowry'ego (por. M. Batty 1972 b).

Patrząc z tego punktu widzenia na zastosowane w pracy modele należy stwierdzić, że odpowiadają one przyjętemu obecnie wśród planistów i badaczy miast wzorcowi narzędzia modelującego. Pierwszy z tych modeli nie objął jednak wszystkich innowacji w strukturze modelowych zależności, którymi charakteryzują się stosowane aktualnie operacyjne modele układów funkcjonalnych i właśnie z tego powodu nie dał on zadowalającego opisu modelowanego przez siebie empirycznego schematu zmian w strukturze przestrzenno-funkcjonalnej miasta. Drugi model w swoim opisanym aspekcie generował nieco bardziej adekwatny obraz modelowanego obszaru rzeczywistości.

Wartość wyników dwóch zastosowanych modeli stanowi jednak tylko odbicie wartości badawczej nagromadzonego i uporządkowanego materiału empirycznego i jest w jakimś stopniu przez tę ostatnią ograniczona. Poprawienie wyników można uzyskać poprzez szczegółowość skali badania struktury empirycznego systemu rzeczywistego stanowiącego przedmiot poznania.

LITERATURA

- Batty M., 1971, *Dynamic Simulation of an Urban System*, Geographical Papers, No. 12, Department of Geography, University of Reading.
- Batty M., 1972 a, *An Experimental Model of Urban Dynamics*, Town Planning Review., Vol. 43, No. 2, ss. 166–186.
- Batty M., 1972 b, *Recent Developments in Land-Use Modelling: A Review of British Research*, Urban Studies, vol. 9, No. 2, ss. 151–177.
- Domański R., 1972, *Kształtowanie otwartych regionów ekonomicznych*, PWE, Warszawa.
- Gibson J. E., 1972, *A Philosophy of Urban Simulations*, IEE Transactions on Man, Systems and Cybernetics, vol. 2, No. 2, ss. 129–139.
- Korcelli P., 1974, *Teoria rozwoju struktury przestrzennej miast*, Studia KPZK PAN, t. 45, PWN, Warszawa.
- Lowry I., 1965, *A Short Course in Model Design*, Journal, American Institute of Planners, vol. 30, ss. 158–166.
- Miller D. W., Starr M. K., 1971, *Praktyka i teoria decyzji*, PWE, Warszawa.
- Ratajski L., Winid B., 1963, *Kartografia ekonomiczna*, PPWK, Warszawa.
- Reif B., 1973, *Models in Urban and Regional Planning*, London.
- Stewart J. Q., 1947, *Empirical Mathematical Rules Concerning the Distribution and Equilibrium of Population*, Geographical Review, vol. 37, ss. 461–485.
- Stouffer S. A., 1940, *Intervening opportunities: A Theory Relating Mobility and Distance*, American Sociological Review, vol. 5, ss. 845–867.
- Wilson A. G., 1967, *Statistical Theory of Spatial Distribution Models*, Transportation Research, vol. 1.
- Winkowski J., 1974, *Programowanie symulacji procesów*, WNT, Warszawa.
- Zipser T., 1969, *Algorytmy zmodyfikowanego modelu konkurujących szans*, (mpis).
- Zipser T., Litwińska E., 1972, *Modele symulacyjne sieci osadniczej*, Raport z prac w 1971 r., (mpis).

THE SIMULATION TECHNIQUE AS APPLIED TO THE STUDY OF CHANGES IN URBAN SPACIAL STRUCTURE (ON THE EXAMPLE OF WAŁBRZYCH)

Summary

The purpose of this study was to test two ways of modelling changes in the spatial and functional structure of Wałbrzych. That structure was composed of the number of places of residence and the number of workplaces for each of the twenty-two town-districts in connection with three types of functions of the urban economic base. The dimensions of all four kinds of activities were established for each town-district and for twelve different time moments between 1960 and 1971. The relations within the structure were the flows of trips to work and trips home between various pairs of town-districts; as they integrate the spatial patterns of two types of activities they form a functional system. The space-functional structure of Wałbrzych is composed of two types of functional systems. The first of the two models applied in the study represented the changes in the relation: "residences — work places" in the total (employment) sector and in the endogenous (employment) sector, whereas the other did it for the analogous relations in the sector of production and in the services sector. Each of the models is a system of equations furnishing the foundation for the procedure of simulation modelling.

The simulation modelling technique consists in the simultaneous solving of a set of functional relationships expressed as equations for the successive moments. The set of numbers obtained by solving the model equations is called the model of the process and it is a representation of the real process that is being studied.

The first model, referred to as the English model (it was devised by M. Batty of Reading University), has a formal structure which relies on two foundations:

— Due to the multiplier effect, the changes in the structure of a town's economic base tend to equilibrium, which manifests itself in the persistence of stable proportions between population number, exogenous employment and endogenous employment. Equilibrium is achieved after completing a finite series of diminishing increments of population and exogenous employment. Series of changes start to be generated with the moment the first change occurs in the volume of exogenous employment, as this latter is the input variable of the model.

— The successive increments of population and endogenous employment are localized in accordance with the principle described by the gravitation equation. The model uses two such equations. The first of these distributes the population in space on the basis of the town-district employment volumes, whereas the latter does that for endogenous employment on the basis of the obtained town-district population volumes.

The equations of the model are solved by the iteration technique. In the first iteration, exogenous employment volumes for the particular town-districts are established on the ground of empirical data, then one portion of population and one portion of endogenous employment are generated (as calculated from the mechanism of economic base described in the first assumption) and subsequently distributed in the town's individual districts. In each subsequent iteration those portions are smaller, until they reduce to sizes that have virtually no effect on the equilibrium of the spatial structure of economic base achieved at the given moment or on the housing pattern connected with it. The solution of the equations of the model for one moment completes one step in the calculations. In every next phase the iteration procedure starts again with establishing the

town-district volumes of exogenous employment on the ground of empirical data for the given moment.

The whole system of equations which forms the simulation model contains but a single parameter. It is connected with the distance variable and is also (apart from this distance variable) the only gauge by which the model can be fitted to its real-world counterpart. The procedure of fitting the set of numbers that constitute the model to the set of empirical data consists in selecting such a value of the parameter (out of the set of those values adopted a priori) that maximizes the measure of goodness of fit of the model. The measure of goodness of fit is tested statistically; in our model, by means of the chi-square test.

The formal structure and the functioning of the second model (referred to as the Wrocław model) are based on the principle of securing equilibrium to the structures of the two functional patterns distinguished within the spatial system of Wałbrzych. The two patterns are those of residences vs. workplaces in the sector of production and in the services sector. The production-type pattern is composed of exogenous employment and that part of endogenous employment which does not directly serve the consumer needs as well as the population directly engaged in that type of employment. The services-type pattern is composed of the remaining endogenous employment and the total population of the agglomeration.

The system's equilibrium is defined in relation to the system of trips as regards its coincidence with the spatial distribution of the socio-economic activities of which the system is composed. One manifestation of disequilibrium in the structure of the functional system is when the number of trip destinations (say, workplaces) in a district differs from that of the trips to that district. This is so because of the unequal traffic accessibilities of individual districts and of the different selectivities of the flows of trips between them. This latter magnitude is described by a parameter calculated from empirical data (as a measure of selectivity, the parameter defines the average travelling distance) and is an aggregate characteristics of the travelling preferences of the people leaving the given district. Moreover, it is the only parameter of the equation by which we can calculate the volume of district-to-district flow of trips, or what is termed the equation of intervening opportunities.

The model is a system of equations solved in an iteration pattern in two variants. The first variant relates to the system of residences vs. workplaces in the production sector. At the beginning of the iteration, empirically established distributions of population and workplaces in the town-districts and the equation of "intervening opportunities" are used to generate flows of trips to work. After testing the equilibria the trip destinations (workplaces) get shifted from town-districts with arrival deficits to districts with surpluses of arrivals over the trip destinations located in them (hence the name of the variant: "trip destination shifts"). The numbers of destinations shifted in the successive iterations gradually fall so that after a certain number of iterations no region exhibits surpluses beyond some predetermined limits of tolerance.

The second phase of the calculations is connected with the second variant termed "general shift". In this variant, the system of trips generated at the beginning of the iteration procedure relates to the system of residences vs. workplaces in the services sector. To equilibrate the system, the model shifts the trip destinations (workplaces) but simultaneously, to preserve the empirically established proportions of the number of jobs in the services sector to the population number, it shifts the sources of trips (the places of residence).

The shifting of trip destinations and sources is controlled in the model by the upper limits of capacity of the districts. These are predetermined limits on the volumes of admissible trip sources and trip destinations in the given town-district. Whenever the modelled volume of trip sources and destinations exceeds the predetermined limit of capacity, the flow of "surplus" trips into the district is channelled off it by shifting the workplaces and residences to districts closest to it.

The two phases of the calculation related to one moment and constitute one stage in the analysis. The passage to the next stage is effected by multiplying the volumes of the two types of employment and of population by empirically established indexes of change.

The equations of the model were solved for eight time moments. The first four (1960, 1963, 1967 and 1970) were postdictive solutions. The other four (1973, 1976, 1979 and 1982) were pre-

dictive, with the application of indexes of "phase-to-phase changes", that is, of averaged values of the analogous indexes of change that had been applied in the postdictive solutions.

The models presented in the study are often termed traffic models. Such models imply that the location of the different elements of urban structure is most strongly dependent on the factor of distance modified by the attractive power of the sites where location activities may take place. An outward manifestation of the action of those forces of location is the spatial picture of the traffic relations in the urban agglomerations.

The underlying assumption in each of the two models is that the spatial structure of the system of trip flows reflects the specific pattern of the location forces in the given area. Accordingly, the spatial picture of traffic relations is viewed as a causative background which enables us to follow-up the process of localizing the economic activities constituting the spatial structure of the agglomeration. Once this contention has been accepted, the parameters to be used in the procedure of fitting the models are included in the equations generating the trip flows. Both equations of spatial interaction are based on different formal principles, yet they function according to similar rules: they distribute the trips in space so as to minimize the distance to travel within the given system of traffic accessibilities and preferences. This fundamental principle of functioning of both models is equivalent to saying that the tendency to concentrate is the principal mechanism of development of traffic systems.

Translated by Zygmunt Nierada

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. ВАЛБЖИХ)

Резюме

Целью работы было испытание двух способов моделирования изменений в территориальной функциональной структуре города на примере города Валбжиха. Рассматривались районные числа мест жительства и мест работы, связанных с тремя видами функций типа экономической базы города. Величина всех четырех видов деятельности определялась для каждого из 22 районов, на которые был разделен город, и для 12 временных разрезов периода с 1960 г. по 1971 г. Соотношениями в структуре были поездки на работу и в место жительства между парами отдельных районов — соединяя территориальные системы двух видов мест деятельности, они составляли функциональную систему. Территориально-функциональная структура Валбжиха состояла из двух типов функциональных систем — первая из применяемых в работе моделей представляла изменения в системе типа место жительства — место работы в целом и в системе типа место жительства — место работы в эндогенном секторе; вторая же — в системе типа место жительства — место работы в производственном секторе и в системе типа место жительства — место работы в обслуживающем секторе. Каждая из моделей является системой уравнений, на базе которых проводится процедура модельной симуляции.

Техника симуляционного моделирования состоит в одновременном решении всего множества функциональных зависимостей, выраженных уравнениями, для очередных моментов времени. Полученное в результате вычисления модели множество чисел называется моделью процесса и представляет фактический процесс, являющийся объектом изучения.

Первая из моделей (в дальнейшем называемая английской — автор М. Батты из университета в Рединг) опирает свою формальную конструкцию на два исходных положения:

— ход изменений в структуре экономической базы города, благодаря тому, что имеет характер множителя, направлен на достижение состояния равновесия, проявляющегося сохранением постоянной пропорции между численностью населения, экзогенной занятости и эндогенной занятости. Состояние равновесия достигается после создания конечной серии уменьшающихся по величине приростов населения и эндогенной занятости. Образование последовательности изменений величин этих видов деятельности начинается с момента изменения величины экзогенного населения, рассматриваемого в модели как входная переменная;

— отдельные порции приростов населения и экзогенной занятости размещаются по территории по принципу, опирающемуся на гравитационное уравнение. В модели используются два таких уравнения: первое, опирающееся на районные величины занятости в целом, размещает по территории население; второе, опирающееся на районные величины населения, размещает эндогенную занятость.

Уравнения модели решаются с помощью итеративного метода. В первой итерации, на базе отбора из эмпирических данных районных величин экзогенной занятости, выделяется (вычисляется из механизма экономической базы, описанного в первом исходном положении) и затем размещается по районам города одна порция населения и одна порция эндогенной

занятости. В каждой следующей итерации величина этих порций уменьшается и, наконец, приближается к размерам, не влияющим на достигнутое в данном разрезе времени состояние структурного равновесия территориальной системы экономической базы и связанной с ней территориальной системы жилищ. Решение уравнений модели для одного разреза времени составляет один этап вычислений. В каждом следующем этапе итерация начинается опять от отбора из эмпирической районной информации величины экзогенной занятости, характерной для соответствующего интервала времени.

Во всей системе уравнений, составляющей симуляционную модель, имеется лишь один параметр. Он связан с переменной расстояния и одновременно (наряду с самой переменной функции расстояния) является единственным средством, позволяющим регулировать степень согласованности модели процесса с действительностью. Процедура подбора множества чисел, составляющих модель процесса, к множеству величин наблюдения состоит в отборе такой величины параметра (среди множества этих величин, принятых априорно), которая максимизирует меру доброкачества подбора обоих множеств. Величина меры доброкачества подбора измеряется с помощью статистик — в модели применялся критерий хи-квадрат.

Основным положением, легшим в основу формальной конструкции второй модели (в работе она названа вроцлавской моделью) и предопределившим его функционирование, является обеспечение состояния равновесия структурам двух функциональных систем, выделенных в рамках территориальной системы г. Валбжиха. Это система типа места жительства — места работы в производственном секторе и система типа места жительства — места работы в обслуживающем секторе. Система производственного типа состоит из экзогенной занятости и той части эндогенной занятости, которая не предназначена непосредственно на потребление населения, а также непосредственно с этой занятостью связанное население. Система обслуживающего типа состоит из остальной части эндогенной занятости и населения агломерации в целом.

Уравновешенность системы определяется по отношению к системе поездок с точки зрения его согласованности с распределением по территории общественно-экономической деятельности, составляющей элементы системы. Колебание состояния уравновешенности в структуре функциональной системы проявляется отсутствием сбалансированности числа целей поездок (напр., мест работы) в отдельных районах с числом направляемых туда поездок. Причиной является неодинаковая транспортная доступность отдельных районов и разная селективность потоков движения между ними. Последняя величина описывается параметром, определяемым на основании эмпирических данных (как мера селективности величина параметра определяет среднюю территориальную дальность поездок), и является суммарной характеристикой предпочтений в поездках со стороны выезжающих из данного района. Кроме того она является единственным параметром уравнения, с помощью которого вычисляется в модели величина потоков поездок между районами, т. наз. уравнение посредственных возможностей.

Модель является системой уравнений, решаемых итеративно в двух вариантах. Первый вариант относится к системе типа место жительства — место работы в производственном секторе. В начале итерации для отобранного из эмпирических данных районного распределения населения и мест работы модель с помощью уравнения „посредственных возможностей” генерирует потоки поездок на работу. После проверки состояния баланса уравновешенности перемещаются цели поездок (места работы) из районов с недостатком приездов в районы с числом приездов, превышающим число существующих там целей (оттуда название варианта „перемещение целей”). Число целей, перемещаемых в очередных итерациях, уменьшается, и после нескольких итераций ни в одном из районов нет излишка по сравнению с заданным допуском.

Вторая фаза вычислений связана со вторым вариантом, названным „общие перемещения”. В этом случае генерируемая в начале итерации система поездок относится к системе типа место жительства — место работы в обслуживающем секторе. Уравновешивая структуру системы, модель перемещает цели поездок (места работы), но одновременно для сохра-

нения эмпирически определенной пропорции между числом занятых в обслуживании и численностью населения, реализует перемещение источников поездок (мест жительства).

Перемещение целей и источников поездок проверяется в модели предельной емкостью районов. Это заданные ограничения на количество приемлемых в районе источников и целей поездок. Если моделируемое количество целей и (либо источников поездок превысит заданный порог емкости, „излишковый” поток поездок направляется путем перемещения мест работы либо) и мест жительства в районы, самые близкие данному району.

Обе фазы моделирования касались одного временного разреза и составляли один этап вычислений. Переход к следующему этапу состоял в умножении величин обоих видов занятости и населения на эмпирически определенные показатели изменений.

Уравнения модели решались для восьми этапов. Четыре первых этапа (1960, 1963, 1967, 1970 гг.) касались прошедшего, четыре последних (1973, 1976, 1979, 1982 гг.) имели прогнозный характер. Применяемые в последнем случае показатели „межэтапных” изменений были усредненными величинами показателей, использованных в первых четырех этапах.

Представленные в работе модели часто называются транспортными моделями. В них исходят из положения, что в процессе размещения элементов городской структуры решает „отталкивающее” воздействие фактора расстояния, модифицируемое привлекательностью мест, в которых процесс размещения может происходить. Выражением действия этих локализационных сил является территориальная картина транспорта в агломерации.

Исходя из положения, что территориальная структура системы обмена движением отражает способ функционирования локализационных сил на данной территории, обе модели территориальную картину транспортных связей рассматривают как причинную базу, опираясь на которую, можно воссоздавать процесс размещения видов деятельности, составляющих территориальную структуру агломерации. Принятие такого положения проявляется в помещении служащих процедуре подбора моделей параметров в уравнениях, генерирующих потоки поездок. Оба уравнения территориальных взаимодействий, несмотря на различные формальные принципы, лежащие в их основу, действуют согласно подобному правилу — они размещают поездки по территории, минимизируя их расстояние в условиях данной системы транспортных доступности и предпочтений. Этот основной принцип функционирования обеих моделей равнозначен принятию тезиса о том, что главным механизмом формирования урбанизованных систем является стремление к концентрации.

Перевела Хатта Деренговска

**WYDAWNICTWA IG i PZ PAN
VARIA**

B. OLSZEWICZ — Dorobek polskiej historii geografii i kartografii w latach 1945—1969, 1973, s. 172, zł 48,—

J. MISZAŁSKI — Współczesne procesy eoliczne na Pobrzeżu Słowińskim, Studium fotointerpretacyjne, 1973, s. 150, zł 30,—

Z. CIĘTAK, S. PIETKIEWICZ — Słownik geograficzny angielsko-polski, s. 422, zł. 120,—

CENTRALNY KATALOG ZBIORÓW KARTOGRAFICZNYCH W POLSCE

Zeszyt 1. Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800, 1961, s. 247, zł 72,—

Zeszyt 2 (uzupełniający). Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800, 1963, s. 112, zł 28,—

Zeszyt 3. Katalog atlasów 1801—1919, 1965, s. 342, zł 76,—

Zeszyt 4. Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1528—1945, 1968, s. 160, zł 48,—

Zeszyt 5. Wieloarkuszowe mapy topograficzne Polski 1576—1870, (w przygotowaniu)

Katalog dawnych map Rzeczypospolitej Polskiej w kolekcji Emeryka Hutten Czapskiego i innych zbiorach. Oprac. W. Kret (w druku)

WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ
za ostatnie lata

1974

- 1 I. BURLIKOWSKA — Zaopatrzenie w wodę wsi województwa lubelskiego, s. 99, zł 24,—
- 2 PRACA ZBIOROWA — Studia nad strukturą lokalnej sieci osadniczej wybranych obszarów w Polsce, s. 188, zł 24,—
- 3 M. GRZEŚ — Badania nad termiką i złodzeniem jeziora Gopło, s. 56+nlb., zł 21,—
- 4 A. RACHOCKI — Przebieg i natężenie współczesnych procesów rzecznych w korycie Raduni, s. 121+nlb., zł 27,—
- 5 K. WIT-JÓŻWIK — Hydrografia Tatr Wysokich. Objąsnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Wysokie” 1:50 000, s. 118+nlb., zł 30,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1973, s. 172, zł 24,—

1975

- 1—2 M. DRZAŁ — Parki w Polsce, s. 306+nlb., zł 48,—
- 3—4 PRACA ZBIOROWA — Problemy bioklimatologii uzdrowiskowej, s. 113, zł 48,—
- 5—6 PRACA ZBIOROWA — Wpływ działalności gospodarczej na stosunki wodne Kotliny Sandomierskiej, s. 61, zł 24,—

1976

- 1 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1974, s. 126, zł 24,—
- 2 E. GIL — Splukiwanie gleby na stokach fliszowych w rejonie Szymbarku, s. 65+nlb., zł 24,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — Charakterystyka użytkowania ziemi w Polsce w 1970 roku, s. 107, zł 24,—
- 4—5 J. SZYRMER — Przemiany w strukturze przestrzennej produktywności i specjalizacji w rolnictwie indywidualnym w Polsce w latach 1960—1970, s. 74, zł 24,—
- 6 L. KOUTANIEMI, A. RACHOCKI — Dolina rzeki Oulanki (północno-wschodnia Finlandia), s. 62 + nlb., zł 24,—

1977

- 1 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1975, s. 85, zł 24,—
- 2—3 M. PULINA — Zjawiska krasowe w Sudetach polskich, s. 118 + nlb., zł 48,—
- 4 PRACA ZBIOROWA — Problemy bioklimatologii uzdrowiskowej, cz. II, w druku
- 5 L. MAZURKIEWICZ — Zastosowanie metody symulacji w badaniu zmian przestrzennej struktury miasta (na przykładzie Wałbrzycha), s. 68, zł 24,—
- 6 R. SOJA, K. WIT-JÓŻWIK, A. WELC — Opady atmosferyczne i deflacja w okolicach Szymbarku, w druku