

Parametry kompozycji treści map**WYKAZ OZNACZEŃ**

- G_{min} — najmniejsze zagęszczenie powierzchniowe mapy, obliczone na podstawie pomiaru gęstości rysunku i rozmiarów znaków w najmniej zagęszczonych fragmentach;
- G_{max} — największe zagęszczenie powierzchniowe mapy, obliczone na podstawie pomiaru gęstości rysunku i rozmiarów znaków w najbardziej zagęszczonych fragmentach;
- $G_{sr\ gr}$ — średnie grupowe zagęszczenie powierzchniowe, obliczone jako średnia sumy wielkości G_{min} i G_{max} , uzyskanych z pomiarów na różnych mapach, należących do jednej grupy skal;
- $G_{dop\ max}$ — największe dopuszczalne zagęszczenie powierzchniowe mapy,
- G_{opt} — optymalne zagęszczenie powierzchniowe mapy, przy którym czytelność i jej informacyjność jest największa;
- G_{Mn} — zagęszczenie powierzchniowe mapy, której skala jest $1/M_n$;
- x_n — liczba określająca położenie mapy, w skali $1/M_n$ na osi odciętych;
- k — współczynnik przyrostu najmniejszego zagęszczenia powierzchniowego;
- P, A, T — obiekty i zjawiska przyrodnicze (P), antropogeniczne (A) oraz cechy osobnicze i charakterystyki techniczne (T) obiektów i zjawisk przyrodniczych i antropogenicznych, które w ujęciu rysunkowym na mapie tworzą charakterystyczne komponenty treści;
- g_P, g_A, g_T — zagęszczenie ilościowe (koncentracja) znaków w zbiorach charakterystycznych komponentów treści P, A, T — na mapie;
- g_o — całościowe, ogólne zagęszczenie ilościowe wszystkich znaków charakterystycznych komponentów treści P, A, T na mapie;
- G_P, G_A, G_T — zagęszczenie powierzchniowe, jakie tworzą na mapie źródłowej oznaczenia obiektów i zjawisk oraz ich cech, wchodzących w skład charakterystycznych komponentów P, A, T treści;
- G_o — całościowe, ogólne zagęszczenie powierzchniowe rysunku treści mapy, powstające jako suma zagęszczenia powierzchniowego G_P, G_A, G_T zjawisk występujących w przestrzeni geograficznej (na materiale źródłowym);
- K_P, K_A, K_T — koncentracja zbiorów obiektów i zjawisk przyrodniczych P , antropogenicznych A , oraz cech osobniczych i charakterystyk technicznych T komponentów przestrzeni geograficznej;

K_o	— całościowa, ogólna koncentracja (wszystkich obiektów zjawisk), występujących w przestrzeni geograficznej;
l_p, l_w	— liniowe rozmiary znaku: projektowanego i wyjściowego;
M_p, M_w	— mianownik skali mapy: projektowanej i wyjściowej;
Y	— współczynnik przejścia na rozmiary znaków projektowanych;
p', a', t'	— skale koncentracji elementów wchodzących w skład charakterystycznych komponentów treści mapy P, A, T ;
m'	— skala obciążenia graficznego mapy;
p, a, t	— współczynniki kompozycji charakterystycznych komponentów treści mapy;
$Z(g)$	— treść mapy, jako funkcja koncentracji znaków w zbiorach charakterystycznych komponentów treści;
r	— współczynnik korelacji zmiennych przyjmowanych w charakterze elementarnych składowych obrazu kartograficznego;
Nr	— ranga kolejnego numeru zmiennej;
d	— różnica numerów kolejnych każdej pary zmiennych;
F	— ładunek czynnikowy zmiennej;
Q	— wartości czynnikowe;
U	— rangi czynnikowe;
W	— obiekty i zjawiska wodne;
R	— urzeźbienie terenu;
L	— roślinność drzewiasta;
$Ł$	— roślinność trawiasta;
O_1, O_2	— obiekty i zjawiska osadnicze;
D_1, D_2	— obiekty i zjawiska komunikacyjne;
N	— nazwy własne obiektów;
C	— cechy osobnicze i charakterystyki techniczne obiektów i zjawisk;

1. Wstęp

Kartografia, jako nauka jest nieco osobliwą dyscypliną. Nie bada ona ani nie odkrywa wielkich praw, których znajomość decyduje o ogólnym postępie. Gdy idzie jednak o metodykę przejrzystego i lakonicznego przekazu informacji o rozmieszczeniu i właściwościach zjawisk i przestrzeni geograficznej za pomocą modelu fizycznego-mapy, to jest ona, jak dotychczas, niedościgniona. Z dociekań, prowadzonych z potrzeby wyjaśnienia „ładu przestrzennego” obrazu kartograficznego, wyłoniła się mapa, jako precyzyjny, naukowo gruntownie uzasadniony, oparty na doświadczeniu i pomiarze, materialny przekaz informujący o układach przestrzennych, o charakterze i powiązaniach istniejących między różnymi zjawiskami geograficznymi. Badania te wykazały możliwość zastosowania metod matematycznych, jako naukowej podstawy formalizacji teorii kartografii.

Przewyciężając własne praktyczno-estetyczne poglądy [11], [12], [19], [22] w ocenie wartości użytkowej i powstawania map oraz ich roli

i znaczenia w procesach poznawania otaczającego nas świata i kształtowania naturalnego środowiska dla potrzeb życia społeczeństwa, podjęto w kartografii, zakrojone na szeroką skalę podstawowe badania teoretyczne. Dotyczyły one głównie organizacji przebiegu informacji w procesie przekazu kartograficznego [8], [17], [23], [32] oraz modelu kartologii [39], [27]. Jednak w dziedzinie formalizacji ogólnej teorii obrazu kartograficznego, jako materialnego modelu rozmieszczenia oraz właściwości obiektów i zjawisk w przestrzeni geograficznej, a także metodyki jego konstrukcji i badania, nie uczyniono widocznego postępu. A wszak nietrudno się przekonać, że podstawowy warunek umożliwiający sformalizowanie funkcji i formy mapy tkwi w niej samej.

Ogólnie wiadomo, że mapa przedstawia w ściśle zdefiniowanym układzie geometrycznym, za pomocą specjalnego kodu obrazowo-znakowego, informacje o sposobie przestrzennego rozmieszczenia zjawisk, o sąsiedztwach i wzajemnych powiązaniach oraz o ilościowych i jakościowych właściwościach zjawisk. Od dawna wiadomo też, że mapa pełni rolę ogólnego modelu naukowego, umożliwiającego wszechstronne badanie geograficznej rzeczywistości. Jednak, jak dotychczas, właściwie nie stworzono sformalizowanej matematycznie ogólnej teorii treści mapy, pomijając oczywiście geometrię rozmieszczenia na mapie obiektów i zjawisk, ani nawet teorii grafiki mapy, z wyjątkiem opracowanej przez A. Makowskiego [26] teorii podstaw technologii barwy w kartografii.

Wykonane, w ramach tej pracy, badania miały na celu wykrycie strukturalnych prawidłowości budowy treści mapy, jako podstawowego ogniwa działalności naukowej i praktycznej w wielu dziedzinach. Winny one umożliwić sformalizowanie matematyczne i zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej w dziedzinie:

- 1) systematyki informacji kartograficznych dla potrzeb zautomatyzowanego porządkowania, ewidencjonowania, przechowywania i poszukiwania potrzebnych informacji oraz źródeł ich pochodzenia;
- 2) opracowania (redagowania) i przedstawiania informacji kartograficznych;
- 3) interpretacji treści map;
- 4) oceny wartości informacyjnej map geograficznych i stopnia uogólnienia informacji kartograficznych;
- 5) opracowania naukowej uniwersalnej klasyfikacji map;

Matematyczna formalizacja tych procesów wymaga ustalenia geograficznie uzasadnionych, ilościowych wskaźników i norm, charakteryzujących wszystkie, w tym także jakościowe właściwości obiektów i zjawisk terenowych, które muszą znaleźć odbicie w układach elemen-

tów podstawowych komponentów treści mapy, będących odzwierciedleniem na niej różnic istniejących w zbiorowościach obiektów geograficznych tworzących różne typy terenu (regiony geograficzne).

2. Założenia wyjściowe

W szeroko pojmowanej metodyce sporządzania, druku i wykorzystania map, cała treść mapy dzielona jest na szereg elementów. Ma to na celu zwiększenie pogładowości i czytelności treści mapy oraz usprawnienie technologii przygotowania do reprodukcji i druku map. Uważamy, że podział ten jest uzasadniony przede wszystkim z tego względu, że wyraża strukturalną koncepcję obrazu kartograficznego [14].

Obraz kartograficzny przedstawia w graficznej formie specyfikę zróżnicowania przestrzeni geograficznej w różnych częściach powierzchni Ziemi. Ponieważ przestrzeń geograficzna nie jest wynikiem przypadkowego nałożenia różnorodnych elementów, lecz organizacją [29] tych elementów, to musi to znajdować wyraźne i pełne odbicie w składzie i w strukturze komponentów obrazu kartograficznego.

Struktura obrazu kartograficznego kryje więc genezę przestrzeni geograficznej, którą możemy zrozumieć badając organizację powiązań przestrzennych w różnych systemach komponentów treści mapy. Zatem, badając własności systemu organizacji komponentów treści mapy dojdziemy do wykrycia ogólnych praw konstrukcji obrazu kartograficznego i jego interpretacji, co dla kartografii, która staje się coraz bardziej nauką nomotetyczną musimy uznać jako bezwzględnie konieczne.

W tym aspekcie badanie podobieństwa i różnic między układami organizacji przestrzeni kartograficznej, tj. obrazu kartograficznego, będących wynikiem zróżnicowania przestrzeni geograficznej w oddzielnych częściach powierzchni Ziemi jest pierwszym nieodzownym warunkiem gruntownej wiedzy kartograficznej. Drugim nieodzownym warunkiem wiedzy kartograficznej jest definiowanie komponentów (zmiennych), które w systemie obrazu kartograficznego tworzą różnorodność typów struktur graficznych, będących odpowiednikami rzeczywistych różnic istniejących w przestrzeni, których istota i geneza są nieraz bardzo różne. Wreszcie trzecim warunkiem jest analiza typologiczna obrazów kartograficznych (map) i wszystkich zmiennych, tworzących ich struktury sygnatyczne oraz semantyczne.

Uwzględniając omówione wyżej własności obrazu kartograficznego będziemy:

1) dobierać zmienne obrazu kartograficznego w taki sposób, aby umożliwić badanie i ocenę oddzielnych jego fragmentów także pod względem jakościowym, pokazując w jaki sposób ich wzajemne relacje określają specyfikę ich oryginałów;

2) badając treść mapy z punktu widzenia zadania 1) dążyć, w pierwszym etapie, do wydzielenia zbiorów elementów kartograficznych komponentów treści map, w dalszej konsekwencji do opracowania uniwersalnej typologii map;

3) obiektywizować badania w przekroju wszystkich aspektów obrazu kartograficznego: składu elementów i organizacji treści, sposobu ujęcia graficznego treści, sposobu funkcjonowania, zakresu i możliwości wykorzystania, wartości informacyjnej itd., mając na uwadze opracowanie metodyki oceny i klasyfikacji map opartej na miernikach ilościowych.

Trudność w zastosowaniu mierników ilościowych w kartografii dotyczy, z jednej strony, niejednorodności informacji kartograficznych i właściwości [cech] elementów treści mapy, z drugiej zaś, racjonalności powiązania czystej logiki symboli matematycznych z zespołami realnych przedmiotów i faktów obserwowanych na mapach.

Wprowadzanie mapy, jako modele graficzne, są bardziej pogładowe i łatwiejsze w użyciu, a ponadto odznaczają się dużymi ogólnymi walorami poznawczymi i dydaktycznymi, jednak nie gwarantują uzyskania równie pewnych i ścisłych wyników badań, jak modele ilościowe. Jedynie więc analiza ilościowa pozwala odkryć i zmierzyć relacje między komponentami układów graficznych, nie uchwytnych drogą bezpośrednich obserwacji z uwagi na zbyt dużą liczbę faktów zachodzących jednocześnie.

3. Materiały obserwacyjne

W celu wykrycia ogólnych prawidłowości i ładu w organizacji struktury obrazu kartograficznego stosowałem dwa sposoby podejścia w kontekście naukowego opracowania informacji: podejście indukcyjne i podejście dedukcyjne.

Podejście indukcyjne implikuje wykorzystanie, w charakterze informacji wyjściowej, danych uzyskanych z bezpośredniej obserwacji badanej rzeczywistości, tj. mapy. Posługiwanie się metodą integracji i redukcji treści mapy prowadzi do wyodrębnienia, w obrazie kartograficznym, elementów składowych oraz do ustalenia wskaźników normalizujących zasady generalizacji kartograficznej. Wykryte tym sposobem, charakterystyki obrazu kartograficznego umożliwiają zbudowa-

nie konkretnego modelu badanej rzeczywistości, np. w postaci innej mapy, lub w postaci macierzy informacji przestrzennej.

Natomiast podejście dedukcyjne pozwala na zbudowanie, na podstawie ogólnych przesłanek, modelu teoretycznego, który poprzez wprowadzenie pewnych korekt może być przekształcony w poprawny model funkcjonalny.

Kierując się tymi podejściami, w pierwszym etapie wykonałem analizy struktur treści mapy ogólnogeograficznych i tablic kartograficznych znaków umownych dla tych map.

W drugim etapie, podjąłem próby matematycznej formalizacji modelu mapy; w oparciu o dane naturalne, charakteryzujące przedmioty i zjawiska w środowisku geograficznym.

Wykonując analizy struktur treści map i tablic kartograficznych znaków umownych dla map ogólnogeograficznych wyznaczyłem:

I. Wielkość średniego zagęszczenia powierzchniowego rysunku treści na mapach topograficznych (tabl. 1):

— polskich w skalach od 1:10 000 do 1:1 000 000 Sztabu Generalnego WP; (z lat 1960—1970);

— francuskich: Carte de France — 1:20 000 (1954), 1:50 000 (1953), 1:100 000 (1961), Carte de France et de Frontières 1:200 000 (1948), wydanych przez Institut Géographique National;

— RFN: Topographische Karte 1:25 000 wydanie Hessisches Landesvermessungsamt 1954 i 1:50 000, Serie M 745, Ausgabe 1 — Deutsches Militärgeographisches Amt — 1962;

— angielskich: 1:25 000 [1948], 1:63 360 (1954), 1:253 440 (1946), wyd. Ordnance Survey of Great Britain;

— belgijskich: 1:50 000 (1960) i 1:100 000 (1962), wyd. Militair Geografisch Institut;

— holenderskich: 1:50 000 (1959) i 1:100 000 (1958), wyd. Topografische Dienst;

— szwedzkiej 1:100 000 (1956), wyd. Generalstabens Litografiska Anstalt.

II. Rozkład informacji zakodowanych w tablicach kartograficznych znaków umownych (tab. 4), dla map w skalach: 1:10 000 i 1:5 000, wyd. GUGiK 1962; 1:25 000, 1:50 000 i 1:100 000, wyd. 1966; 1:200 000 i 1:500 000, wyd. 1961 oraz 1:1 000 000.

III. Ilość informacji przekazywanych przez znaki, reprezentujące zespoły zjawisk przyrodniczych (*P*), antropogenicznych (*A*) oraz ich cech osobniczych i technicznych (*T*) w ogólnym systemie znaków kartograficznych (tabl. 4) — według materiałów wyszczególnionych w punkcie II

IV. Zmienność rozmiarów znaków kartograficznych w podstawowym szeregu skalowym map topograficznych (tabl. 7) — według materiałów wyszczególnionych w punkcie II.

V. Koncentracje oznaczeń kartograficznych na mapie topograficznej w skali 1 : 100 000, reprezentujących zjawiska przyrodnicze (*P*), antropogeniczne (*A*) oraz ich cechy osobnicze i techniczne (*T*), występujące na obszarze każdego z 49 województw. (tabl. 8).

4. Prawa rządzące organizacją obrazu kartograficznego

4.1. Prawo zmiany zagęszczenia treści map

Wielwość zagęszczenia powierzchniowego treści mapy jest ważnym kryterium jej sprawności, jako narzędzia badania rzeczywistości. Może być ono stosowane, jak to zalecają W. Suchow [37] i J. Bertin [5] wyłącznie do oceny czytelności mapy, może też mieć bardziej ogólne znaczenie, np. jako miernik gęstości informacji na mapie (W. I. Suchow [35], [36]).

Tutaj oprócz wspomnianych funkcji, zagęszczenie powierzchniowe będzie interpretowane, jako podstawowy liczbowy parametr kompozycji treści mapy, umożliwiający normowanie doboru oddzielnych komponentów treści w formie ogólnego prawa zagęszczenia ilościowego (koncentracji) znaków na mapach.

Punktem wyjścia, do formalizacji teorii kompozycji (składu) treści map była teza, że zróżnicowanie zagęszczenia powierzchniowego komponentów treści w różnych miejscach mapy jest odbiciem indywidualnych różnic w gęstości obiektów i zjawisk, występujących w oddzielnych częściach powierzchni Ziemi.

Zagęszczenie powierzchniowe treści map jest to więc wielkość sama w sobie, normowana charakterem zmienności całkowitej, zmienności względnej i zmienności indywidualnej skończonej (w sensie zmienności uchwyconej w pewnym momencie) przestrzeni geograficznej.

W kartografii, która zajmuje się badaniem charakteru przestrzennej zmienności kombinacji elementów środowiska geograficznego i ich właściwości oraz opracowaniem metod właściwego przedstawiania tych zmienności na mapach, wyróżnia się: zmienność całkowitą, która wyraża ogólne zróżnicowanie oddzielnych fragmentów przestrzeni geograficznej, będące wynikiem różnic istniejących w obrębie określonych cech między wszystkimi obiektami i zjawiskami, zmienność indywidualną, będącą wynikiem występowania specyficznych cech, charakteryzujących obiekty i zjawiska typowe dla danych fragmentów przestrzeni geograficznej; zmienność względną, będącą wynikiem wy-

stępowania różnic w obrębie tych samych cech dowolnie rozpatrywanych obiektów i zjawisk.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że zagęszczenie powierzchniowe na mapach ogólnogeograficznych jest znaczne (tabl. 1): por. liczby: $G_{sr \max} = 39,44 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2$, $G_{sr \min} = 19,54 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2$, znacznie przewyższające odpowiednie wielkości $G_{\max} = 30 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2$ i $G_{\min} = 14 \text{ mm}^2/\text{cm}^2$, przyjmowane przez W. I. Suchowa [37], jako dopuszczalne.

Dane, dotyczące zagęszczenia powierzchniowego na mapach ogólnogeograficznych, zestawione w tablicy 1, otrzymano w wyniku pomiarów przeprowadzonych na tych fragmentach map, które charakteryzowały się największą oraz najmniejszą gęstością rysunku treści. Na 56 arkuszach map topograficznych (w różnych skalach): angielskich, belgijskich, francuskich, holenderskich, niemieckich i szwedzkich, pomierzono zagęszczenie powierzchniowe treści na 112 wycinkach. Natomiast na 1372 arkuszach polskich map topograficznych, w różnych skalach, wykonano pomiary zagęszczenia powierzchniowego na 2744 wycinkach.

Inną bardzo ważną prawidłowość treści map ogólnogeograficznych wyjawiają średnie grupowe ($G_{sr \text{ gr}}$ — tabl. 1) zagęszczenia, charakteryzujące mapy w różnych skalach, według których sporządzono wykres krzywej zależności zagęszczenia powierzchniowego mapy, jako funkcji skali mapy (rys. 1 linia przerywana). Krzywa pokazuje, że w przedziale map topograficznych (1 : 10 000 — 1 : 1 000 000) zagęszczenia treści map szybko rośnie od wartości $G_{10} = 6,92 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2$ na mapie 1 : 10 000 do maksimum $G_{200} = 40,07 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2$ na mapie w skali 1 : 200 000. Potem zaczyna maleć, by na mapie w skali 1 : 1 000 000 osiągnąć minimum $G_{1000} = 29,98 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2$. Na mapach w mniejszych skalach, zmiana zagęszczenia przebiegu identycznie: wzrasta, osiągając drugie maksimum na mapie w skali 1 : 500 000, później zaś ponownie maleje itd. Zmiana ta odbywa się według reguły krzywej drgań tłumionych, oscylując wokół wielkości optymalnego zagęszczenia $G_{\text{opt}} = 33,38 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2$.

Rozpatrując równanie krzywej drgań tłumionych w postaci ogólnej: $y = A - Be^{-ax} \cos(wx)$, metodą podstawiania, dobrałem wielkości parametrów: $y = G_{M_n}$; $A = G_{\text{opt}}$; $B = G_{sr \min}$; $a = -0,15$; $w = 0,4833 \cdot k$, w taki sposób, by krzywa teoretyczna zmiany zagęszczenia powierzchniowego treści mapy, w zależności od skali (rys. 1 linia ciągła), najmniej odbiegała od krzywej, wykreślonej na podstawie pomierzonych wielkości zagęszczenia powierzchniowego $G_{sr \text{ gr}}$ (rys. 1 linia przerywana).

Ustalone tym sposobem wzory (1) i (2), wyrażają związek matematyczny między skalą mapy, a wielkością jej optymalnego zagęszczenia

Wielkość zagęszczenia powierzchniowego
na mapach ogólnogeograficznych

Tablica 1

SKALA MAPY	ZAGĘSZCZENIE POWIERZCHNIOWE mm ² /1 cm ²			Zag. Pow. wg reguły zmienności G_{M_n}
	G_{min}	G_{max}	G_{sr} grupowe	
1:10 000 Pol.	4,97	8,87	6,92	10,50
1:20 000 Fr	7,79	15,15	$\min[G_{sr} gr]$	
1:25 000 Pol	13,59	23,13		
1:25 000 Ang	10,37	24,89		18,34
1:25 000 RFN	17,18	31,34	17,93	
1:50 000 Pol	19,85	37,49		
1:50 000 RFN	29,61	54,77		
1:50 000 Fr	17,69	43,63		
1:50 000 Bel	9,56	20,40	29,64	27,91
1:50 000 Hol	21,61	56,16		
1:50 000 Szw	13,24	41,20		
1:63 360 Ang	12,95	36,81		
1:100 000 Pol	25,08	41,44		
1:100 000 Fr	41,35	53,19		
1:100 000 Bel	15,66	44,18	37,29	37,51
1:100 000 Hol	29,92	47,50		
1:200 000 Pol	28,18	57,02		
1:200 000 Fr	22,68	58,80	40,07	39,92
1:253 440 Ang	24,33	49,29		
1:500 000 Pol	21,66	46,16	33,91	33,61
1:1000 000 Pol	23,07	36,89	29,98	
1:2000 000			33,94	32,36
1:2500 000			34,99	33,20
1:5000 000			37,96	35,10
1:10 000 000			34,50	33,98
	$G_{sr} min$	$G_{sr} max$		
	19,5400	39,4433		

powierzchniowego. Związek ten nazwałem regułą zmiany zagęszczenia treści mapy

$$G_{M_n} = G_{opt} - G_{sr min} \cdot e^{-0,15 \cdot x_n} \cdot \cos(0,4833 \cdot k \cdot x_n), \quad (1)$$

w którym

$$k = \lg \left\{ \frac{x_n}{10} \min[G_{sr} gr] \right\} \quad (2)$$

oraz G_{M_n} — zagęszczenie na mapie w skali $1/M_n$, odpowiadającej odcin-

kowi x_n na osi odciętych; $x_n = \sum_{i=2}^n \frac{M_i}{M_{i-1}}$, przy czym $n = 1, 2, 3, \dots, n$,

$n+1, \dots$ oznacza numer skali w szeregu skalowym, której odcietą x_n oblicza się, czyli liczbę kolejnych mianowników skal (włącznie z obliczaną), uczestniczących w tych obliczeniach; natomiast i oznacza kolej-

ność numerów skal (tabl. 2), na przykład: $x_6 = x_{500\ 000} = \frac{25\ 000}{10\ 000} +$

$+ \frac{50\ 000}{25\ 000} + \frac{100\ 000}{50\ 000} + \frac{200\ 000}{100\ 000} + \frac{500\ 000}{200\ 000} = 11,0$; G_{otp} — optymalne, pod

względem czytelności i wartości informacyjnej mapy zagęszczenie powierzchniowe; $G_{\text{sr min}}$ — najmniejsze średnie zagęszczenie powierzchniowe.

Wyrażona wzorem (1), reguła zmienności zagęszczenia powierzchniowego treści map, realizując zasadę porządkowania obrazu kartograficznego, z punktu widzenia różnic koncentracji wszystkich znaków (całej treści) i wybranych zespołów znaków (oddzielnych komponentów treści), w różnych częściach mapy, tak by rysunek treści mapy, możliwie najpełniej, oddawał faktyczne zróżnicowanie gęstości obiektów w każdym regionie.

Zgodnie z poglądem, potwierdzonym tu doświadczalnie, w każdym regionie $G_o = \text{const}$, zatem obliczając, w jakikolwiek sposób (lub przyjmując nawet arbitralnie) średnią minimalną wielkość zagęszczenia po-

Tablica 2

i	$1 : M_n$	x_n
1	1 : 10 000	0,0
2	1 : 25 000	2,5
3	1 : 50 000	4,5
4	1 : 100 000	6,5
5	1 : 200 000	8,5
6	1 : 500 000	11,0
7	1 : 1 000 000	13,0
8	1 : 2 000 000	15,0
9	1 : 5 000 000	17,5
10	1 : 10 000 000	19,5

wierzchniowego $G_{\text{sr min}}$ dla całego kartowanego obszaru, będziemy mogli ustalić odpowiednie wielkości zagęszczenia powierzchniowego na mapie tego obszaru w dowolnej skali.

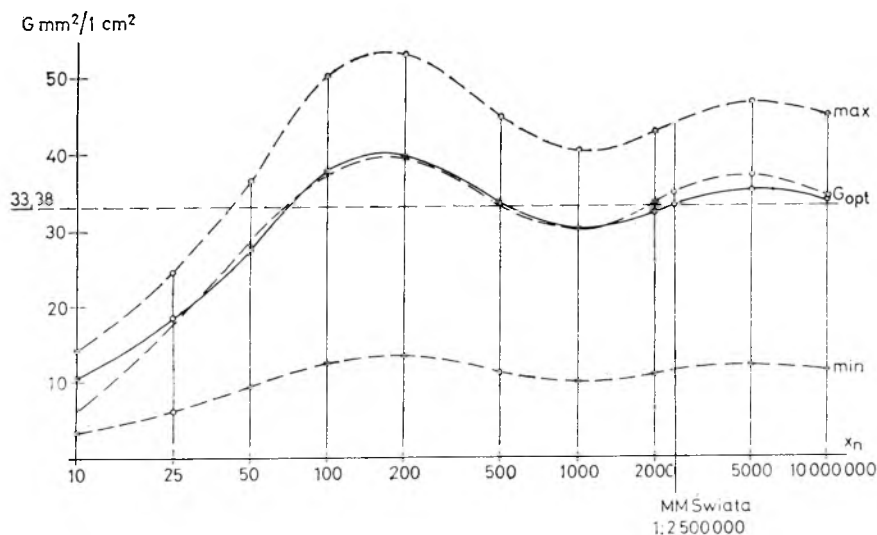
Biorąc pod uwagę pomiary zagęszczenia powierzchniowego na polskich mapach ogólnogeograficznych, wyznaczono parametry charakterystyczne równania (1) i (2) dla terytorium Polski

$$G_{\text{opt}} = 33,38 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2; \quad G_{\text{sr min}} = 23 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2$$

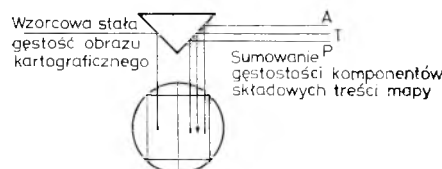
$$\min [G_{\text{sr gr}}] = 6,92 \text{ mm}^2/1 \text{ cm}^2$$

Zagęszczenie powierzchniowe treści map ogólnogeograficznych, obliczone z uwzględnieniem tych parametrów podano w tabl. 1 w rubryce G_{M_n} , a jego wykres jako funkcji skali mapy wykreślono linią ciągłą na rys. 1.

Reguła zmienności zagęszczenia powierzchniowego treści map ujmuje ilościowo jeden z ważniejszych parametrów kompozycji treści mapy. Taka jego interpretacja umożliwia całościowe projektowanie treści mapy, z punktu widzenia kompozycji, czyli podziału treści na komponenty składowe. Umożliwia też szczegółowe projektowanie treści mapy, tzn.



Rys. 1. Rozkład zagęszczenia powierzchniowego na mapach ogólnogeograficznych w różnych skalach



Rys. 2. Zasada działania przyrządu do pomiaru wielkości zagęszczenia powierzchniowego rysunku treści mapy

od strony konstrukcji oddzielnych znaków pod względem formy, głównie zaś rozmiarów znaków. W tym drugim zadaniu chodzi o to, by w razie konieczności umieszczenia na mapie skrajnie dużej liczby znaków, nie dawały one zagęszczenia powyżej maksymalnego w każdej grupie skal (tabl. 3).

Tablica 3

$$\text{Zagęszczenie maksymalne } G_{\text{dop max}} = G_{\text{sr gr}} + \frac{1}{3} G_{\text{sr gr}}$$

1 : 10 000	1 : 25 000	1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000	1 : 500 000	1 : 1 M
14	24,45	37,21	50,01	53,23	44,81	40,48

1 : 2000 000	1 : 2500 000	1 : 5000 000	1 : 10 000 000
43,15	44,27	46,8	45,31

Podstawą przeprowadzonych badań była teza, że ogólne zagęszczenie powierzchniowe mapy powstaje, jako suma zagęszczenia powierzchniowego rysunku oddzielnych komponentów treści map.

Sumowanie zagęszczenia powierzchniowego zbiorów elementów charakterystycznych komponentów treści map realizowano w drodze nakładania na siebie rysunku znaków, wchodzących w skład oddzielnych komponentów treści, utrwalonego na optycznie obojętnej przezroczystej folii. W pracy posługiwałem się specjalnym przyrządem pomiarowym, mojego pomysłu skonstruowanym w Zakładzie Produkcji Doświadczalnej WAT [15]. Zasadę działania przyrządu wyjaśnia rysunek 2.

4.2. Główne komponenty treści map

W celu wyznaczenia podstawowych komponentów obrazu kartograficznego przyjęto następującą drogę postępowania.

Rozpatrując poszczególne symbole i odnoszące się do nich objaśnienia, umieszczone w tablicach znaków umownych dla map topograficznych, obliczono: ile informacji jednostkowych zakodowano w każdym prostym znaku oraz ile elementów graficznych tworzy rysunek znaku. Stosowano tutaj procedurę analizowania znaków zaproponowaną przez M. K. Boczarowa [7] i sprawdzoną przez W. Grygorenkę [16]. W wyniku

tego postępowania stwierdzono, że treść map topograficznych powstaje w wyniku nałożenia się rysunku trzech niezależnych układów reprezentujących zjawiska przyrodnicze (*P*), zjawiska antropogeniczne (*A*) oraz cechy osobnicze i techniczne (*T*) zjawisk przyrodniczych i antropogenicznych (tabl. 4).

Rysunkowe ujęcie wszystkich szczegółów tych trzech układów nazwano głównymi komponentami treści mapy.

Taka dekompozycja obrazu kartograficznego znajduje też pełne potwierdzenie wyrażonych przez J. B. Racine'a i H. Reymonta, że („... przestrzeń geograficzna jest wynikiem kombinacji różnych układów: układów przestrzennych zjawisk fizyczno-geograficznych oraz układów przestrzennych związanych z działalnością człowieka” [29]). Jeszcze mocniejsze potwierdzenie słuszności proponowanej dekompozycji obrazu kartograficznego znajdujemy u S. I. Sotnikowej [33]. Rozumie ona mapę, jako całościowo-systemowe przedstawienie rzeczywistości, w którym proces poznania tej rzeczywistości zakłada konieczność rozcłonkowania treści mapy, jako całości i wydzielenie składowych elementów gnoseologicznych. Analiza właściwości gnoseologicznych mapy dowodzi, że w procesie „mapowania” [31], treść każdej mapy, jako system odbicia rzeczywistości powinna być konstruowana zgodnie z prawem jednoznacznej odpowiedniości struktur obrazu i oryginału.

Według danych z tablicy 4 sporządzono wykresy zależności liczby informacji jednostkowych, zakodowanych w grupach znaków należących do trzech głównych komponentów treści *P*, *A*, *T*, na mapach w różnych skalach (rys. 3).

Z tablicy 4 i z rysunku 3 wynika, że z punktu widzenia ilości informacji jednostkowych, największy udział w całej treści mapy mają znaki należące do trzeciego układu (charakterystyki techniczne — *T**),

Tablica 5

1 : 5000 1 : 10 000	1 : 25 000 1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000	1 : 500 000
P : A : T	P : A : T	P : A : T	P : A : T	P : A : T
1 : 2,2 : 3,4	1 : 1,8 : 3,3	1 : 1,8 : 3,3	1 : 1,3 : 2,4	1 : 1,4 : 1,9

najmniejszy zaś znaki należące do pierwszego układu (zjawiska-przyrodnicze — *P*).

* Cechy osobnicze i charakterystyki techniczne obiektów i zjawisk, eksponowane w szczególny sposób na mapach, rozumiane są, jako składowa tematyczna treści map.

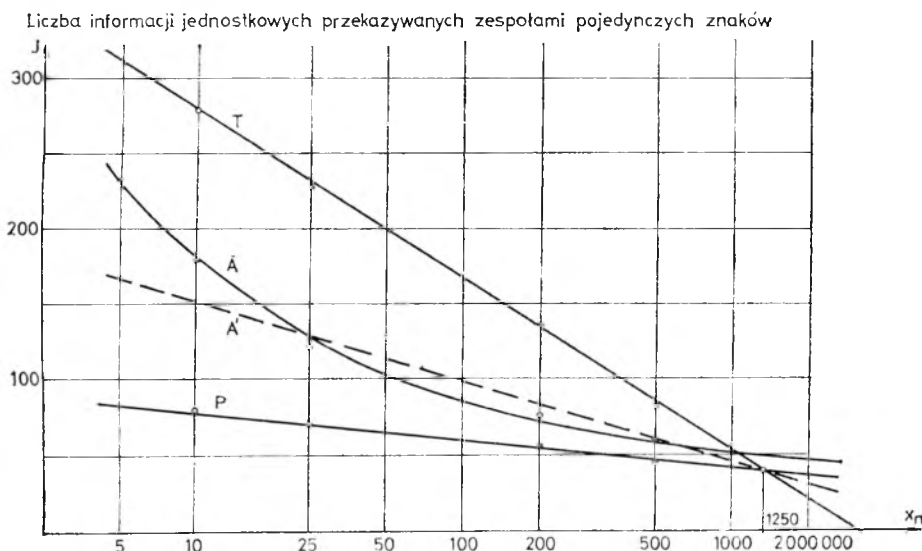
Treść map topograficznych w różnych skalach charakteryzują następujące trójstosunki informacyjności głównych komponentów treści (tabl. 5).

Zauważmy, że w świetle powyższych danych, mapy topograficzne nie odpowiadają warunkom map ogólnogeograficznych. Powodem tego jest stosowanie mutacyjnych odmian znaków dla oddania indywidualnych (osobniczych) cech obiektów i zjawisk oraz nadmierna szczegółowość technicznych charakterystyk zjawisk antropogenicznych.

W miarę zmniejszenia się skali mapy, ogólna liczba jednostkowych informacji stopniowo maleje (rys. 3), przy czym największa tendencja spadkowa cechuje informacje techniczne, najmniejsza zaś — informacje o zjawiskach przyrodniczych. Na mapie w skali 1 : 1 000 000 obserwuje się niemal zupełne zrównanie ilości jednostkowych informacji zakodowanych w znakach należących do poszczególnych komponentów treści map.

Główne komponenty treści map, reprezentujące zjawiska przyrodnicze (P), antropogeniczne (A) oraz cechy osobnicze i charakterystyki techniczne obiektów i zjawisk, rozumiane jako „tematy” (T), przyjmujemy jako kryterium ogólnej klasyfikacji map geograficznych (por. 6.2, s. 97).

Z uwagi na „przeładowanie” treści map topograficznych znakami, zawierającymi informacje „tematyczne”, przeprowadzono próbę analizy



Rys. 3. Zależność liczby informacji jednostkowych, zakodowanych w grupach znaków należących do trzech głównych komponentów treści: P , A , T

kodu znaków kartograficznych dla map 1 : 10 000 (1 : 5000) i 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000 oraz 1 : 200 000 i 1 : 500 000 z punktu widzenia zminimalizowania liczby znaków, przy zachowaniu dobrej wydajności informacyjnej map w zakresie informacji nieprzetworzonych. Zastosowano w niej metodę doświadczalną obliczenia wydajności informacyjnej mapy zaproponowaną przez W. Grygorenkę [13]. Zaskakujące rezultaty tej próby, w odniesieniu do znaków oddzielnych grup zjawisk przedstawiono w tabl. 6. Wynika z niej, że ogólną liczbę znaków na mapie 1 : 10 000 (1 : 5000) można zmniejszyć z 466 na 243, tj. niemal dwukrotnie (1,92 raza), natomiast na mapach 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000 z 292 na 177, t.j. ponad półtora raza (1,65). Jest to bardzo ważna wskazówka, dotycząca kompozycji treści mapy, której nie można zlekceważyć w procesie projektowania naukowego i technicznego map.

Tablica 6

Propozycja zmiany znaków w systemie map topograficznych

Nazwa obiektu	1 : 10 000 (1 : 5000)		1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000	
	Liczba znaków		Liczba znaków	
	w tablicy	proponowana	w tablicy	proponowana
Wody	53	30	43	24
Rzeźba terenu	40	16	30	14
Roślinność	65	31	42	23
Grunty	23	8	13/16	8
Osiedla	42	22	38	18
Koleje	38	22	25	18
Drogi bite	33	18	21	14
Przem. i gosp.	135	75	64	48
Osnowa geodezyjna	14	6	7	4
Granice i ogrodz.	23	15	9	6
	466	243	292	177

W kolumnie „Znaki proponowane” brano pod uwagę znaki główne (przewodnie), z których tworzone są znaki pochodne (złożone). Na przykład, znak brzegu urwistego, z plażą tworzą: znak linii brzegowej oraz odpowiedni znak urwiska i piasku.

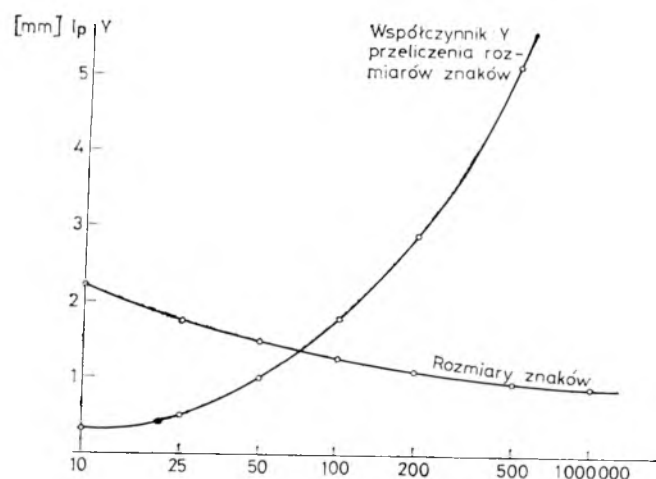
4.3. Rozmiary znaków kartograficznych

O stopniu zagęszczenia powierzchniowego mapy decydują głównie rozmiary znaków kartograficznych. Próby uzasadnienia rozmiarów znaków umownych na mapach były tematem wielu rozpraw teoretycznych

i dyskusji. Najlepsze opracowanie tego tematu znajdujemy między innymi w pracy Friedricha Töpfera [40] i w pracy A. D. Kopyłowej [24]. Przyznając mapie rolę nośnika informacji i narzędzia do interpretacji oraz wyjaśniania zjawisk, mamy na uwadze, że tak rozumiana mapa podlega normom naukowego i technicznego projektowania i realizacji. Wyjaśnienie tych norm jest między innymi celem pracy.

Badanie rozmiarów znaków na mapach topograficznych prowadzono równocześnie z pomiarami zagęszczenia powierzchniowego. Uznano, że w przypadku przekształcenia treści przez skalę (przejście na mapę w mniejszej skali), podstawowym kryterium procesu generalizacji jest zachowanie ogólnego charakteru mapy, przy zmniejszonym stopniu szczegółowości informacyjnej mapy.

Zmniejszenie liczby szczegółów powoduje zmniejszenie wielkości zagęszczenia ilościowego mapy. Umożliwia to skonstruowanie na zmniejszonym polu mapy, niemal identycznego, pod względem wielkości zagęszczenia powierzchniowego i zawartości informacyjnej, obrazu kartograficznego. Porównując mapy topograficzne w różnych skalach stwierdzono, że stosunkowo najlepsza czytelność i największa informacyjność cechuje mapę w skali 1 : 50 000. Zatem wielkość zagęszczenia powierzchniowego i rozmiary znaków na tej mapie przyjęto, jako porównawczą, względem których oceniano poprawność doboru rozmiarów znaków umownych na mapach w innych skalach. Na podstawie tych materiałów, sporządzono wykres optymalnych rozmiarów l znaków kartograficznych, na mapach w różnych skalach (rys. 4). W tym samym układzie sporządzono wykres współczynnika Y , umożliwiającego obli-



Rys. 4. Wykres zależności rozmiarów znaków od skali mapy

czanie rozmiarów znaków, odpowiednio do skali mapy, według następującego empirycznego wzoru, w którym uwzględniono specyfikę przekształcenia treści mapy przez skalę

$$l_p = \frac{M_w}{M_p} \cdot Y \cdot l_w, \quad (3)$$

w którym l_p, l_w — oznaczają odpowiednie rozmiary znaku projektowanego i wyjściowego,

M_p, M_w — mianowniki skal mapy projektowanej i wyjściowej,

Y — współczynnik przeliczenia znaków ustalony eksperymentalnie

$$Y = 0,05 \cdot x_n^2 - 0,024 \cdot x_n + 0,2588 \quad (4)$$

Tablica 7

Rozmiary kartograficznych znaków umownych dróg głównej kategorii

	1 : 10 000	1 : 25 000	1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000	1 : 500 000	1 : 1M
Y	0,259	0,568	0,918	1,846	3,094	5,154	7,072
$\frac{50\,000}{M_p}$	5	2	1	0,5	0,25	0,1	0,05
l_p	2,01	1,76	$l_w = 1,55$	1,43	1,20	0,80	0,60

Rozmiary znaków dróg głównej kategorii na mapach w skalach od 1 : 10 000 do 1 : 1000, obliczone wg wzoru (3), dane są w tablicy 7. Wykazują one dużą zgodność z wynikami, jakie otrzymał Töpfer, lecz podany tu praktyczny wzór ma zastosowanie do wszystkich znaków, w tym również do znaków punktowych.

5. Struktura obrazu kartograficznego Polski (na przykładzie badania treści mapy topograficznej)

Przyjmując hipotezę, że treść mapy ogólnogeograficznej jest odbiciem zróżnicowania terenu, będącego wynikiem wzajemnego oddziaływania między układami organizacji przestrzeni fizycznogeograficznej, a układami organizacji przestrzeni ekonomiczno-społecznej uznaliśmy, że badanie struktury obrazu kartograficznego terenu jest najlepszą drogą prowadzącą do poznania różnorodnych cech krajobrazów. Umożliwienie wykrywania rzeczywistych podobieństw i różnic oddzielnych frag-

mentów przestrzeni geograficznej jest jednym z ważniejszych celów mapy. Zgodnie z tym przeznaczeniem, treść mapy musi być odpowiednio skomponowana i skonstruowana. Za najważniejszy parametr kompozycji treści mapy przyjmujemy zagęszczenie powierzchniowe, ewentualnie ilościowe (koncentracja) oznaczeń graficznych. Ustalenie właściwej wielkości gęstości znaków, lub, odpowiadającego jej, zagęszczenia powierzchniowego rysunku znaków obiektów i zjawisk geograficznych w różnych częściach mapy, stanowi nieodzowny warunek poprawnej konstrukcji obrazu kartograficznego. Można je uzyskać bezpośrednio z obserwacji przestrzeni geograficznej, lub badając jej modele w postaci mapy, albo macierzy informacji przestrzennej.

Miałem do dyspozycji porównywalny materiał liczbowy w postaci macierzy [G], pomierzonych na mapie Polski w skali 1 : 100 000, w granicach wszystkich 49 województw, wielkości zagęszczenia powierzchniowego: zjawisk przyrodniczych (P), zjawisk antropogenicznych (A), oraz ich cech osobniczych (T). Mogłem zatem sformułować następujący problem badawczy: czy — i, ewentualnie w jakim stopniu, wydzielone administracyjnie obszary kraju, są do siebie podobne pod względem występujących na nich zjawisk geograficznych?

Do zbadania tego problemu postanowiłem zastosować analizę czynnikową, która ma dla kartografii znaczenie szczególne, ponieważ wskazuje kierunek ilościowego podejścia do problemu generalizacji kartograficznej i pozwala na wykorzystanie elektronicznych maszyn liczących w procesie przygotowania danych do kartowania. Zastosowanie tej procedury w procesie projektowania i konstrukcji obrazów kartograficznych, oddających poprawne podobieństwa i różnice krajobrazów, sprzyja zwiększeniu pojemności informacyjnej i czytelności mapy i podnosi naukową wartość mapy.

Celem analizy czynnikowej jest wydzielenie, spośród wielu cech pierwotnych, charakteryzujących badane zbiorowości regionów, (np. województw), mniejszej liczby cech grupowych, które przekazują charakterystyki zespołowe zbiorowości. Przy czym, jak to wykazał B. J. L. Berry [4] nie powoduje to istotnego zmniejszenia informacji wyjściowej.

Podłoże tej procedury stanowi hipoteza Ch. Spearmana [34], odnosząca się do tzw. „struktur ukrytych”, niedostępnych dla bezpośredniej obserwacji.

Spośród wielu algorytmów analizy czynnikowej, do realizacji celu badań, wybrano algorytm centroidu typu, czyli wspólnych cech, który charakteryzuje się prostotą obliczeń. Algorytm ten zawdzięczamy L. L. Thurstone'owi [38].

Dzięki wydawnictwu PWN ukazało się polskie wydanie pracy J. B. Racine'a i H. Reymond'a pt. *Analiza ilościowa w geografii*, 1977. Oma-

wia ona wszystkie aspekty: zalety i „pułapki” analizy czynnikowej przede-
to, omówienie wspomnianego algorytmu ograniczę do wyszczególnienia
kolejności wykonywanych czynności:

1) Zestawienie macierzy obserwacji [G]. Pomierzone na mapie
1 : 100 000, wielkości zagęszczenia powierzchniowego wybranych zja-

Macierz zmiennych znormalizowanych Tablica 9

Kod woj.	K o d z m i n n y c h z n o r m a l i z o w.										C
	W	R	L	Ł	N	O ₁	O ₂	D ₁	D ₂		
1	21	47	29	27	35	2	19	5	8	2	3
2	44	46	32	4	23	47	38	45	49	47	49
3	48	25	16	6	31	40	44	37	46	37	45
4	8	3	8	24	42	6	2	17	2	5	6
5	30	31	19	44	25	20	42	9	30	19	21
6	40	33	27	7	28	48	39	48	48	45	48
7	32	40	45	14	5	43	23	31	24	41	36
8	35	18	12	22	29	18	6	21	15	13	19
9	1	34	41	1	30	26	32	16	25	34	25
10	14	12	10	28	36	21	30	14	33	11	20
11	20	41	3	29	46	25	43	22	37	39	37
12	16	4	6	3	49	4	37	3	18	8	8
13	37	29	28	37	12	13	21	19	10	21	17
14	25	14	20	32	40	3	10	1	21	3	4
15	43	10	23	30	20	35	11	28	9	20	16
16	26	48	46	18	6	10	13	25	26	36	33
17	36	22	9	31	41	33	48	23	38	40	38
18	31	6	42	39	15	12	1	2	1	4	1
19	4	2	1	12	48	34	31	47	42	28	29
20	12	13	25	21	24	19	27	12	13	18	13
21	33	38	38	23	11	7	22	10	12	15	12
22	47	20	43	43	4	24	8	44	40	17	34
23	39	37	35	5	26	37	35	49	45	49	47
24	46	28	47	42	13	5	25	18	17	1	2
25	17	1	4	13	45	23	5	33	27	24	14
26	22	17	15	8	39	39	49	26	39	42	39
27	6	27	24	48	21	9	9	6	6	12	19
28	34	49	14	2	34	45	40	46	36	46	43
29	19	30	7	34	38	16	45	20	44	33	41
30	49	36	21	38	18	41	17	41	19	27	27
31	10	44	49	41	1	38	18	30	11	31	22
32	27	45	36	47	9	8	33	7	22	9	15
33	2	7	11	11	33	32	24	29	31	22	26
34	42	19	34	40	17	31	20	43	29	23	32
35	18	9	26	17	22	14	4	39	7	10	11
36	29	39	31	15	16	44	26	34	32	42	40
37	24	35	39	20	8	36	12	38	20	32	28
38	15	43	48	45	2	28	7	27	14	29	23
39	23	16	5	35	43	42	46	35	41	38	42
40	28	21	13	9	44	46	47	40	47	48	46
41	13	32	22	16	37	17	41	13	32	26	30
42	38	15	18	33	27	30	14	32	28	35	35
43	3	8	37	19	14	29	3	42	4	14	10
44	5	23	40	46	7	27	28	15	16	16	18
45	9	5	17	10	32	1	15	4	3	6	5
46	41	42	44	49	3	11	16	24	23	25	24
47	7	24	33	25	19	22	36	8	5	7	7
48	45	11	30	26	10	49	29	36	43	44	44
49	11	26	2	36	47	15	34	11	35	30	31

Liczbowe charakterystyki elementów treści współwystępujących na 1 cm² mapy 1:100 000

Lp.	WOJEWODZTWO	E l e m e n t y				t r e ś c i				m a p y		Cechy
		Wody W dług.	Poziom. R dług.	Lasy L pow.	Łąki Ł pow.	Nazwy N pow.	Miasta O ₁ pow.	Wsie O ₂ pow.	Koleje D ₁ dług.	Drogi D ₂ dług.	osobn. C liczba	
1	Warszawskie	0,4649	0,502	0,226	0,1178	0,4151	0,0738	0,2530	0,145	0,574	0,7335	
2	Białkopodlaskie	0,3552	0,508	0,214	0,1844	0,5029	0,0108	0,1962	0,043	0,270	0,0740	
3	Białostockie	0,3389	1,150	0,293	0,1863	0,4338	0,0169	0,1611	0,052	0,323	0,1109	
4	Bielskie	0,5441	11,570	0,368	0,1229	0,3775	0,0489	0,4213	0,106	0,623	0,3846	
5	Bydgoskie	0,4182	0,913	0,287	0,0891	0,4922	0,0261	0,1768	0,129	0,435	0,1838	
6	Chełmskie	0,3730	0,862	0,234	0,1861	0,4652	0,0103	0,1939	0,033	0,295	0,0856	
7	Ciechanowskie	0,4140	0,766	0,155	0,1468	0,6116	0,0141	0,2405	0,059	0,462	0,1004	
8	Częstochowskie	0,3996	1,436	0,314	0,1268	0,4649	0,0275	0,2811	0,096	0,513	0,2083	
9	Elbląskie	0,8855	0,860	0,170	0,2046	0,4478	0,0224	0,2114	0,114	0,461	0,1137	
10	Gdańskie	0,4930	2,402	0,327	0,1163	0,4119	0,0257	0,2274	0,117	0,408	0,2183	
11	Gorzowskie	0,4690	0,740	0,437	0,1148	0,3267	0,0247	0,1730	0,096	0,397	0,1052	
12	Jeleniogórskie	0,4862	9,168	0,394	0,1904	0,2817	0,0594	0,1986	0,157	0,501	0,2591	
13	Kaliskie	0,3939	1,016	0,231	0,1067	0,5731	0,0307	0,2488	0,100	0,551	0,1792	
14	Katowickie	0,4340	2,172	0,284	0,1119	0,3861	0,0707	0,2752	0,231	0,488	0,6473	
15	Kieleckie	0,4655	3,000	0,261	0,1143	0,5308	0,0185	0,2736	0,071	0,563	0,1811	
16	Konińskie	0,4324	0,485	0,142	0,1343	0,6110	0,0350	0,2637	0,072	0,456	0,1121	
17	Koszalińskie	0,3948	1,249	0,342	0,1137	0,3808	0,0201	0,1417	0,092	0,396	0,1031	
18	Krakowskie	0,4163	8,722	0,159	0,1051	0,5698	0,0307	0,4333	0,159	1,095	0,4834	
19	Krośnieńskie	0,5663	13,146	0,486	0,1516	0,2843	0,0193	0,2210	0,038	0,372	0,1286	
20	Legnickie	0,5045	2,254	0,244	0,1286	0,4965	0,0273	0,2304	0,119	0,546	0,1888	
21	Leszczyńskie	0,4026	0,775	0,193	0,1264	0,5810	0,0458	0,2456	0,121	0,548	0,1984	
22	Lubelskie	0,3440	1,354	0,156	0,0936	0,6297	0,0250	0,2783	0,045	0,387	0,1926	
23	Łomżyńskie	0,3788	0,794	0,210	0,1880	0,4892	0,0179	0,2057	0,027	0,328	0,0633	
24	Łódzkie	0,3465	1,021	0,137	0,0961	0,5730	0,0526	0,2368	0,106	0,510	1,1836	
25	Nowosądeckie	0,4804	20,861	0,416	0,1510	0,3348	0,0251	0,2905	0,054	0,452	0,1524	
26	Olsztyńskie	0,4644	1,529	0,297	0,1810	0,3869	0,0170	0,1338	0,072	0,395	0,1003	
27	Opolskie	0,5473	1,059	0,254	0,0783	0,5234	0,0375	0,2776	0,130	0,591	0,2182	
28	Ostrołędzkie	0,3998	0,373	0,304	0,2037	0,4204	0,0139	0,1854	0,041	0,397	0,0793	
29	Pilskie	0,4772	0,996	0,392	0,1104	0,3887	0,0292	0,1572	0,098	0,336	0,1149	
30	Piotrkowskie	0,3327	0,805	0,267	0,1054	0,5314	0,0160	0,2587	0,048	0,500	0,1361	
31	Płockie	0,5329	0,702	0,118	0,0962	0,6731	0,0176	0,2581	0,061	0,551	0,1222	
32	Poznańskie	0,4271	0,587	0,208	0,0784	0,5857	0,0405	0,2098	0,130	0,485	0,2450	
33	Przemyskie	0,6565	4,412	0,322	0,1551	0,4239	0,0203	0,2370	0,062	0,433	0,1564	
34	Radomskie	0,3673	1,364	0,211	0,1041	0,5480	0,0206	0,2509	0,046	0,439	0,1530	
35	Rzeszowskie	0,4800	3,136	0,241	0,1405	0,5197	0,0296	0,3342	0,050	0,576	0,2271	
36	Siedleckie	0,4204	0,768	0,219	0,1463	0,5519	0,0141	0,2331	0,054	0,414	0,0896	
37	Sieradzkie	0,4374	0,857	0,190	0,1306	0,5922	0,0185	0,2649	0,052	0,498	0,1181	
38	Skierniewickie	0,4919	0,729	0,127	0,0887	0,6730	0,0227	0,2805	0,072	0,521	0,1266	
39	Słupskie	0,4424	1,699	0,414	0,1099	0,3593	0,0148	0,1570	0,053	0,375	0,1065	
40	Suwałskie	0,4234	1,286	0,312	0,1778	0,3390	0,0133	0,1430	0,050	0,312	0,0737	
41	Szczecińskie	0,5024	0,874	0,263	0,1426	0,4048	0,0291	0,1774	0,119	0,407	0,1383	
42	Tarnobrzeskie	0,3895	2,016	0,288	0,1106	0,4815	0,0207	0,2627	0,059	0,445	0,1135	
43	Tarnowskie	0,5736	3,230	0,202	0,1332	0,5724	0,0217	0,3614	0,047	0,614	0,2007	
44	Toruńskie	0,5613	1,189	0,175	0,0804	0,6004	0,0243	0,2301	0,117	0,512	0,1964	
45	Wałbrzyskie	0,5441	8,749	0,289	0,1766	0,4291	0,0744	0,2592	0,146	0,620	0,3379	
46	Włocławskie	0,3691	0,730	0,156	0,0752	0,6335	0,0318	0,2589	0,082	0,468	0,1453	
47	Wrocławskie	0,5462	1,164	0,213	0,1210	0,5312	0,0254	0,2003	0,130	0,611	0,2942	
48	Zamojskie	0,3540	2,503	0,221	0,1202	0,5812	0,0071	0,2276	0,053	0,350	0,0885	
49	Zielonogórskie	0,5148	1,126	0,480	0,1088	0,3016	0,0294	0,2067	0,120	0,401	0,1229	
	Średnie:	0,4562	2,645	0,262	0,1304	0,4842	0,0280	0,2376	0,087	0,474	0,2060	

wisk geograficznych, tworzących główne składowe obrazu kartograficznego 49 województw: przyrodniczą (P) [wody — W , rzeźba terenu — R , lasy — L , łąki i pastwiska — $\mathcal{L}$], społeczno-gospodarczą (A) [miasta — O_1 , wsie — O_2 , koleje — D_1 , drogi samochodowe — D_2] oraz opisową (T) [nazwy własne i pospolite obiektów — N , opisy charakterystyk technicznych — C], przedstawia się w postaci macierzy zmiennych wyjściowych $[G]$ (tabl. 8), w której liczba wierszy n odpowiada liczbie pól badanych (województw), zaś liczba kolumn w — liczbie badanych zmiennych (cech).

2) *Przekształcenie macierzy zmiennych wyjściowych $[G]$ na macierz zmiennych znormalizowanych $[Nr]$* (tabl. 9).

W tym celu, znajdujące się w macierzy $[G]$ pomierzone wielkości wszystkich zmiennych zastępuje się odpowiednimi szeregami rang kolejnych numerów, jakie poszczególne wartości zmiennych zajmują po uporządkowaniu ich, np. w kolejności malejącej.

$$[Nr]_{ij} = \text{nr kolejny } [G]_{ij}, \left\{ \begin{array}{l} [1]_j = [G_{\max}]_j \dots, \\ \dots, [n]_j = [G_{\min}]_j \end{array} \right\}$$

3) *Obliczenie korelacji zmiennych r_{ij} , na podstawie macierzy zmiennych znormalizowanych $[Nr]$ i zestawienie macierzy korelacji zmiennych $[r]$, (tablica 10).*

Tablica 10

Macierz korelacji zmiennych

	K o d z m i e n n y c h									
	W	R	L	$\mathcal{L}$	N	O_1	O_2	D_1	D_2	C
W	1	0,268	0,262	0,171	-0,284	0,294	0,068	0,381	0,378	0,294
R		1	0,469	0,115	-0,405	0,137	0,243	0,084	0,170	0,378
L			1	0,270	-0,900	-0,022	-0,390	0,037	-0,325	-0,082
$\mathcal{L}$				1	-0,430	-0,331	-0,288	-0,321	-0,309	-0,391
N					1	0,004	0,443	-0,105	0,344	0,074
O_1						1	0,375	0,783	0,597	0,810
O_2							1	0,071	0,696	0,530
D_1								1	0,532	0,662
D_2									1	0,759
C										1

Do wyliczenia elementów macierzy korelacji zmiennych zastosowano wzór Spearmana

$$r_{i,j} = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}; \quad d_i = Nr_{i,j,j+1,\dots,w} - Nr_{i,j}, \quad (5)$$

$\sum d_i^2$ jest to suma kwadratów różnic numerów kolejnych w każdej parze zmiennych.

Każdy z elementów tej macierzy wyraża korelację oddzielnych par badanych zmiennych. Z macierzy korelacji zmiennych wynika, że najsilniej związane są w obrazie kartograficznym miasta i charakterystyki techniczne obiektów i zjawisk $r_{O_1C} = 0,810$, miasta i koleje $r_{O_1D_1} = 0,783$, sieć dróg i charakterystyki techniczne obiektów $r_{D_2C} = 0,759$, wsie i sieć dróg $r_{O_2D_2} = 0,696$. Potwierdza to, obowiązującą w kartografii, wynikającą z ważności obiektów, kolejność redakcyjnego opracowania treści i wiązania ze sobą elementów treści mapy. Ujemne wartości współczynnika korelacji świadczą o braku związku przyczynowego między badanymi elementami: lasy i nazwy własne — 0,900.

4) Rozłożenie macierzy korelacji zmiennych na czynniki, metodą wyodrębnienia głównych składowych i zestawienie nierotowanej macierzy czynnikowej [F], tabl. 11).

Macierz czynnikowa jest, jakby skondensowaną informacją macierzy korelacji. Zawiera ona ładunki czynnikowe każdej zmiennej z każdym czynnikiem, bez uwzględnienia obrotu.

Tablica 11
Macierz czynnikowa (przed obrotami)

Kod Czynniki: zmiennych	F_I	F_{II}	F_{III}
1 W	+0,25	+0,53	+0,22
2 R	+0,10	+0,49	+0,42
3 L	-0,39	+0,78	+0,13
4 Ł	-0,45	+0,25	+0,31
5 N	+0,42	-0,85	-0,01
6 O ₁	+0,76	+0,36	-0,30
7 O ₂	+0,70	-0,25	+0,52
8 D ₁	+0,63	+0,45	-0,22
9 D ₂	+0,89	+0,08	+0,26
10 C	+0,88	+0,35	+0,02

5) Rotacja i zestawienie macierzy czynnikowej po rotacji [F_R] (tabl. 12).

Ładunki czynnikowe dziesięciu badanych zmiennych wyznaczają proporcje, w jakich zmienne uczestniczą w kompleksowej charakterystyce obszaru definiowanej czynnikami.

6) Interpretacja czynników. Fakt, że w obrębie rozłożenia macierzy korelacji zmiennych (tabl. 10) na czynniki udało się wyodrębnić tylko trzy czynniki, jest potwierdzeniem słuszności wysuniętej hipotezy, że

Tablica 12

Macierz czynnikowa (po obrotach)

Kod zmien- nych	F_{RI}	F_{RII}	F_{RIII}
<i>W</i>	+0,46	+0,41	-0,11
<i>R</i>	+0,30	+0,57	+0,05
<i>L</i>	0,00	+0,69	-0,34
<i>Ł</i>	-0,29	+0,52	-0,095
<i>N</i>	0,00	-0,64	+0,69
<i>O₁</i>	+0,84	-0,23	-0,20
<i>O₂</i>	+0,51	0,00	+0,72
<i>D₁</i>	+0,76	-0,08	-0,24
<i>D₂</i>	+0,825	-0,04	-0,41
<i>C</i>	+0,94	-0,03	+0,075

treść mapy kształtuje się, w wyniku nałożenia się rysunku trzech układów obiektów i zjawisk geograficznych.

Z analizy ładunków czynnikowych pierwszego czynnika F_{RI} wynika, że reprezentuje on, w treści map, zjawiska społeczno-gospodarcze *C*, *O₁*, *D₂*, *D₁*, *O₂* znacząco* skorelowane z tym czynnikiem.

Czynnik F_{RII} reprezentuje wyłącznie zjawiska przyrodnicze, znacząco z nim skorelowane: *L*(0,69), *R*(0,57), *Ł*(0,52) i *W*(0,41).

Natomiast z czynnikiem F_{RIII} skorelowane są silnie napisy na mapach (0,69) i rysunek osiedli wiejskich (0,72).

Zgodnie z przyjętą hipotezą o trzech komponentach treści mapy, trzeci czynnik przyjęto w charakterze reprezentanta cech osobniczych i technicznych zjawisk geograficznych na mapach.

7) Obliczenie i zestawienie macierzy wartości czynnikowych [Q].

Ładunki czynnikowe są interpretowane, jako współczynniki wagowe udziału badanych zmiennych w każdym z czynników F_{RI} , F_{RII} i F_{RIII} . Na ich podstawie obliczono wartości czynników dla wszystkich województw (tabl. 13A):

$$Q_{iI} = \sum_1^{10} F_{RI} \cdot Nr_i; \quad Q_{iII} = \sum_1^{10} F_{RII} \cdot Nr_i;$$

$$Q_{iIII} = \sum_1^{10} F_{RIII} \cdot Nr_i.$$

*) Jako graniczny poziom występowania korelacji większość autorów przyjmuje wartość $\pm 0,40$.

8) Przekształcenie macierzy wartości czynnikowych na macierz rang czynnikowych [U] (tabl. 13B) identycznie jak w punkcie 2).

9) Zestawienie macierzy wag, czyli współczynników kompozycji treści mapy p , a , t podstawowych komponentów treści: P — przyrodni-

Macierz wartości czynnikowych i rang czynnikowych

Kod wojew.	A			B Tablica 13		
	QI	QII	QIII	UI	UII	UIII
1	39,54	45,81	14,79	6	34	36
2	210,30	35,92	-13,52	49	30	17
3	184,50	13,39	7,02	44	14	28
4	23,91	-6,86	17,27	3	6	38
5	97,86	42,87	14,14	24	33	35
6	204,62	23,33	-9,90	48	25	21
7	152,29	56,49	-29,81	38	40	6
8	73,78	18,96	-1,05	16	21	26
9	113,15	20,12	-2,91	29	22	25
10	82,90	3,40	17,09	18	11	37
11	139,74	9,12	35,70	36	12	48
12	54,48	-19,00	47,09	7	3	49
13	79,00	57,04	-7,62	17	41	23
14	34,84	21,37	10,75	5	23	32
15	96,55	30,75	-13,74	22	26	16
16	110,33	68,86	-29,38	28	43	7
17	152,61	11,24	27,53	39	13	46
18	21,44	52,71	-21,59	1	38	11
19	139,81	-35,11	20,30	37	1	41
20	69,76	18,75	9,16	13	20	31
21	68,55	62,99	-8,64	12	42	22
22	121,61	69,25	-53,60	30	44	1
23	169,72	31,49	-12,39	47	27	19
24	62,89	77,47	-18,48	9	48	12
25	96,00	-21,47	7,70	21	2	29
26	161,87	-5,61	25,05	41	7	44
27	29,85	42,78	-0,84	4	32	27
28	195,68	13,96	12,09	46	15	34
29	126,57	15,05	27,45	32	16	45
30	137,55	49,06	-17,74	35	37	13
31	107,97	71,16	-32,64	26	45	4
32	67,66	76,69	-6,47	11	47	24
33	107,09	-14,58	8,83	25	4	30
34	127,74	49,01	-26,47	34	36	9
35	64,63	18,29	-13,44	10	19	18
36	163,41	37,66	-16,36	42	31	14
37	127,46	48,90	-31,75	33	35	5
38	93,10	75,87	-39,00	19	46	2
39	159,91	-2,56	24,29	40	8	43
40	193,24	-8,16	20,02	45	5	39
41	108,33	16,31	23,36	27	18	42
42	124,96	15,08	-10,10	31	17	20
43	72,52	21,63	-26,39	15	24	10
44	72,38	53,67	-14,89	14	39	15
45	22,37	2,14	20,08	2	9	40
46	95,25	88,55	-32,87	20	49	3
47	56,77	34,05	11,33	8	28	33
48	176,39	35,35	-27,97	43	29	8
49	97,62	2,72	34,73	23	10	47

Macierz współczynników treści mapy

Tablica 14

Kod wojew.	p	a	t	m'
1	0,374	0,298	0,328	0,699
2	0,536	0,220	0,244	0,472
3	0,642	0,180	0,178	0,612
4	0,865	0,082	0,052	2,906
5	0,542	0,243	0,214	0,628
6	0,604	0,194	0,201	0,546
7	0,499	0,261	0,240	0,592
8	0,589	0,237	0,174	0,772
9	0,607	0,232	0,161	0,696
10	0,703	0,164	0,133	0,947
11	0,611	0,239	0,150	0,575
12	0,875	0,078	0,046	2,333
13	0,509	0,271	0,219	0,684
14	0,588	0,209	0,203	1,018
15	0,695	0,172	0,132	1,073
16	0,434	0,300	0,266	0,549
17	0,649	0,201	0,150	0,645
18	0,772	0,141	0,086	2,429
19	0,931	0,042	0,027	3,075
20	0,661	0,195	0,145	0,946
21	0,462	0,297	0,241	0,846
22	0,556	0,210	0,235	0,699
23	0,581	0,214	0,204	0,539
24	0,375	0,212	0,412	0,850
25	0,943	0,035	0,022	4,635
26	0,691	0,173	0,136	0,714
27	0,522	0,279	0,200	0,741
28	0,530	0,264	0,206	0,482
29	0,637	0,200	0,162	0,618
30	0,503	0,274	0,222	0,599
31	0,463	0,283	0,254	0,625
32	0,434	0,289	0,277	0,598
33	0,806	0,109	0,084	1,372
34	0,584	0,216	0,200	0,699
35	0,697	0,173	0,130	1,144
36	0,534	0,246	0,220	0,581
37	0,501	0,259	0,240	0,643
38	0,459	0,286	0,255	0,625
39	0,714	0,161	0,125	0,744
40	0,702	0,166	0,132	0,624
41	0,583	0,240	0,178	0,610
42	0,670	0,188	0,142	0,835
43	0,695	0,175	0,130	1,188
44	0,544	0,240	0,216	0,735
45	0,839	0,095	0,066	2,319
46	0,451	0,285	0,264	0,588
47	0,533	0,252	0,215	0,765
48	0,710	0,142	0,148	0,899
49	0,654	0,222	0,124	0,681

Współczynniki kompozycji p, a, t, wyrażają zróżnicowanie udziałów komponentów przyrodniczych, antropogenicznych i tematycznych w każdym z regionów /województw/, natomiast współczynnik obciążenia "m", oddaje zróżnicowanie między województwami pod względem koncentracji wszystkich komponentów treści.

czych, A — antropologicznych i T — tematycznych na mapach ogólnogeograficznych w poszczególnych województwach (tabl. 14). Wielkości p , a , t oblicza się na podstawie zagęszczenia powierzchniowego badanych zmiennych (tabl. 8):

$$p_i = \frac{G_{Pi}}{G_{Oi}}; a_i = \frac{G_{Ai}}{G_{Oi}}; t_i = \frac{G_{Ti}}{G_{Oi}}; G_{Oi} = W_i + R_i + L_i + \bar{L}_i + O_{1i} + O_{2i} + D_{1i} + D_{2i} + N_i + C_i;$$

$$G_{Pi} = W_i + R_i + L_i + \bar{L}_i; G_{Ai} = O_{1i} + O_{2i} + D_{1i} + D_{2i}; G_{Ti} = N_i + C_i.$$

$$m_i = \frac{G_{Oi}}{G_{\text{śr kraju}}}; \quad G_{\text{śr kraju}} = \frac{\sum G_{Oi}}{n}.$$

6. Koncepcja sformalizowanego modelu mapy

6.1. Główna formuła kartograficzna

Obraz kartograficzny — mapa ma za zadanie przekazywanie informacji o przestrzeni przedmiotów i zjawisk badanej rzeczywistości w postaci specyficznego zapisu obrazowo-znakowego w przestrzeni dwuwymiarowej. W przypadku mapy geograficznej badaną obiektywną rzeczywistością jest przestrzeń geograficzna.

Posługując się mapą geograficzną, poznajemy i badamy przestrzeń geograficzną za pomocą informacji kartograficznych, znajdujących wyraz w rysunku treści mapy.

Informacjami kartograficznymi będę nazywał wszelkie dane o przedmiotach i zjawiskach, istniejących w przestrzeni geograficznej, i o wzajemnych przestrzennych genetycznych oraz środowiskowych zależnościach istniejących między nimi.

Wiemy, że zmasowanie informacji kartograficznych, na każdym skończonym wycinku przestrzeni geograficznej jest zwykle tak duże, iż do przedstawienia ich na mapie, zmuszeni jesteśmy dokonywać sztucznego zmniejszenia masy informacji, a także podziału masy informacji według z góry ustalonych kryteriów.

Zmniejszenie i podział masy informacji ma na celu uproszczenie kartograficznego opisu przestrzeni geograficznej. Sposoby uproszczonego opisu, tworzące obrazy całości lub niektórych fragmentów badanej rzeczywistości, pozbawione pewnych cech, relacji i szczegółów, nieistotnych dla danego badania, znamy pod nazwą modeli teoretycznych. Istotną osobliwością każdego modelu jest taka jego konstrukcja, przy

której model, odwzorując lub odtwarzając obiekt, zastępuje go w sposób umożliwiający zdobywanie nowej (dodatkowej) informacji o obiekcie.

Dotychczasowe próby budowy modeli teoretycznych, odznaczających się wymienionymi właściwościami, w przypadku badania takich złożonych układów, jakimi są fragmenty przestrzeni geograficznej, napotykały na trudności, związane z ustaleniem jednoznacznych kryteriów podobieństw i różnic oddzielnych fragmentów tej przestrzeni. Wynikają one z faktu że przestrzeń geograficzna charakteryzuje się różnorodnością układów przedmiotów i zjawisk, a także wieloznacznym, stochastycznym obrazem cech i relacji między nimi.

Stochastyczny charakter przestrzeni geograficznej określają, zmieniające się wielkości skupienia i rozproszenia elementów topograficznych w różnych jej częściach. W badaniach kartograficznych, prawidłowości statystyczne nigdy nie występują w czystej abstrakcyjnej formie, lecz noszą w sobie materialną istotę zjawisk.

Zastosowanie do badania właściwości przestrzeni geograficznej aparatu matematycznego, posługującego się modelem matematycznym (teoretycznym), nie zaś fizycznym (realnym) powinno umożliwić pokonanie wspomnianych trudności.

Warunkiem, umożliwiającym badanie przedmiotów i zjawisk przyrodniczych metodami matematycznymi jest uprzednia schematyzacja przestrzeni geograficznej. Ma ona na celu wyróżnienie i ujęcie w zobiektywizowanej, liczbowej formie, najważniejszych cech geometrycznych oraz podstawowych właściwości przedmiotów i zjawisk, a także relacji między nimi, które pozwoliłyby tworzyć wystarczająco dokładne i proste matematyczne opisy przestrzeni geograficznej, wyrażające generalnie wszystkie jej właściwości ilościowe i jakościowe. Model matematyczny mapy musi być więc budowany w oparciu o mierzalne dane naturalne, charakteryzujące przedmioty i zjawiska w środowisku geograficznym oraz w oparciu o dane sztucznie metryzowane, charakteryzujące cechy jakościowe przedmiotów i zjawisk oraz relacje między badanymi zdarzeniami.

Teza o trójkomponentowej strukturze obrazu kartograficznego, potwierdzona badaniami przeprowadzonymi w tej pracy (rozdz. 5, pkt. 6), str. 86), ujmuje całościowe (ogólne) zagęszczenie powierzchniowe G_0 rysunku treści mapy, każdego fragmentu przestrzeni geograficznej, jako wynik nałożenia (sumowania) zagęszczenia powierzchniowego G_P , G_A , G_T rysunku oznaczeń kartograficznych, reprezentujących rzeczywiste zbiory informacji o zjawiskach przyrodniczych (P), antropogenicznych (A) oraz o cechach osobniczych i technicznych (T) zjawisk przy-

rodniczych i antropogenicznych, występujących na badanym fragmencie przestrzeni geograficznej (materiału źródłowego).

$$G_o = G_P + G_A + G_T.$$

Nie mamy wszakże możliwości przedstawienia na mapie pełnych zbiorów, tj. ze wszystkimi szczegółami, informacji o obiektach i zjawiskach, tworzących rzeczywiste układy komponentów P , A , T w przestrzeni geograficznej, lub na źródłowym materiale podstawowym.

Z tego względu, w procesie opracowania mapy, następuje zmniejszenie masy informacji wyjściowej, odpowiednio do skali i przeznaczenia mapy. Realizując procedurę zmniejszenia masy informacji wyjściowych, zaliczonych do zbiorów głównych komponentów treści P , A , T , których zagęszczenie powierzchniowe jest G_P , G_A , G_T , poprzez wprowadzenie odpowiednich współczynników redukcyjnych

$$\left. \begin{aligned} m' &= \frac{g_o}{K_o}; p' = \frac{g_P}{K_P}; a' = \frac{g_A}{K_A}, t' = \frac{g_T}{K_T}, \\ \text{związanych zależnościami} \quad m' &= p' + a' + t' \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

otrzymałem następujące proste równanie zagęszczenia powierzchniowego treści mapy

$$m'G_o = p'G_P + a'G_A + t'G_T. \quad (7)$$

Jest to ważna formuła kartograficzna. Proponuję ją nazwać *równaniem mapy*, albo ogólną formą kartograficzną. Ustala ono związek między całościowym zagęszczeniem powierzchniowym na mapie, a zagęszczeniem powierzchniowym poszczególnych komponentów treści mapy.

Współczynniki redukcyjne p' , a' , t' określają w jakich proporcjach podstawowe komponenty P , A , T uczestniczą w rysunku treści mapy. Natomiast współczynnik m' wyraża stopień obciążenia graficznego mapy.

Przyjęto, że $m' = 1$, oznacza, że całościowe zagęszczenie powierzchniowe mapy równa się optymalnemu obciążeniu graficznemu mapy; $m' < 1$ oznacza, że całościowe zagęszczenie mapy jest niższe od optymalnego, mapa jest niedociążona graficznie i posiada jeszcze pewną rezerwę pojemności informacyjnej; $m' > 1$ oznacza zagęszczenie wyższe od optymalnego i przeciążenie graficzne mapy, które może spowodować zanik czytelności obrazu kartograficznego.

Współczynniki p' , a' , t' , m' , których budowa jest identyczna jak skali mapy, przez analogię nazwałem *skalami koncentracji*

elementów podstawowych komponentów treści mapy P , A , t oraz mapy Z w całości.

Występują w nich: — koncentracje (zagęszczenia ilościowe) g_P , g_A , g_T znaków w zbiorach podstawowych komponentów treści P , A , T , oraz ich sumaryczne zagęszczenie ilościowe g_o ; — koncentracje (zagęszczenia ilościowe) K_P , K_A , K_T zbiorów obiektów i zjawisk przyrodniczych P , antropogenicznych A , cech osobniczych i charakterystyk technicznych T komponentów przestrzeni geograficznej lub na materiale źródłowym oraz — koncentracja K_o , będąca sumą wszystkich obiektów i zjawisk w przestrzeni geograficznej (na materiale źródłowym). Miarą zagęszczenia ilościowego (koncentracji) obiektów jest liczba obiektów na jednostce pola przestrzeni geograficznej lub pola mapy.

Równanie mapy, zachowującej odpowiednie skontrastowanie koncentracji elementów podstawowych komponentów treści, zgodne z naturalnym zróżnicowaniem koncentracji obiektów przyrodniczych K_P , antropogenicznych K_A i tematycznych K_T w poszczególnych regionach możemy napisać w innej postaci

$$K_Z = m'K_o = p'K_P + a'K_A + t'K_T. \quad (8)$$

Równanie (8) wyraża treść mapy, poprzez wielkość zagęszczenia ilościowego g_o , czyli koncentracji jednostkowych elementów zbiorów podstawowych komponentów, jakie tworzą ich obrazy na mapie $g_P = p'K_P$; $g_A = a'K_A$; $g_T = t'K_T$.

Mapy, w których treści występują podstawowe komponenty w jednakowych proporcjach, znamy jako ogólnogeograficzne.

Sumowanie odpowiednio dobieranych elementów, wchodzących w skład podstawowych komponentów treści map w różnych proporcjach, które tworzą obraz kartograficzny, umożliwia projektowanie mapy o z góry przewidzianej treści.

W równaniu mapy (8), poszczególne składniki pełnią ściśle określone funkcje. Suma składników $p'K_P + a'K_A$, rozumiana jest najczęściej, jako część ogólnogeograficzna (tłowa) treści mapy, zaś składnik $t'K_T$ — jako część tematyczna.

Proces eliminacji pewnej części elementów, należących do zbiorów podstawowych komponentów treści map, np. przyrodniczych, będziemy opisywać równaniem

$$m'K_o - p'_1K_P = (p' - p'_1)K_P + a'K_A + t'K_T.$$

Oznaczając różnicę $p' - p'_1 = p''$, gdy $p'_1 > p'$, otrzymamy równanie zmodyfikowanej treści mapy

$$m''K_o = -p''K_P + a'K_A + t'K_T, \quad (9)$$

Jego budowa jest taka sama jak równania (8), z tym, że współczynniki, przy niektórych komponentach treści mapy, cechują ujemne znaki.

Ujemna wartość komponentów treści mapy, w równaniu kartograficznym będzie interpretowana, jako postępowanie, w wyniku którego zagęszczenie powierzchniowe elementów zbioru (komponentu), cechowanego ujemnym znakiem, zostaje zredukowane do niezbędnego minimum tła, podczas, gdy zagęszczenie innych składników treści mapy pozostanie niezmiennione lub może być powiększone do przewidzianego ogólnego G_0 . Wprowadzenie umownego znaku „odejmowania” w równaniu mapy rozszerza zakres funkcjonowania ogólnej formuły kartograficznej.

W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań i sformułowane wyżej przesłanki teoretyczne, zdefiniowałem *p r a w o k o m p o z y c j i* treści mapy.

»Treść każdej mapy jest sumą algebraiczną pewnych koncentracji zbiorów elementów podstawowych komponentów K_P, K_A, K_T .«

Biorąc pod uwagę, że każdy fragment przestrzeni geograficznej (region) cechują stałe koncentracje zbiorów elementów podstawowych komponentów: $K_P = \text{const}$, $K_A = \text{const}$, $K_T = \text{const}$, to w równaniu (8), jako zmienne niezależne będą występować skale koncentracji p' , a' , t' , ich suma $p' + a' + t' = m'$ oraz proporcje

$$p = \frac{p'}{m'}; a = \frac{a'}{m'}; t = \frac{t'}{m'}, \text{ których suma } p + a + t = 1.$$

Wielkości p , a , t proponuję nazwać współczynnikami kompozycji treści map. Współczynniki kompozycji treści map zachowują stałą wartość, przy jednoczesnej i proporcjonalnej zmianie udziału podstawowych komponentów w treści mapy.

Współczynniki kompozycji treści mapy są niezależne od ilości elementów (znaków), przedstawianych na jednostce pola mapy (niezależność przekształcenia skalowego). Decydują one o sposobie konstrukcji i wartości treści mapy dzięki temu, że umożliwiają normowanie wielkości zagęszczenia powierzchniowego mapy. Procedura normowania polega na takim doborze współczynników p' , a' , t' , m' , przy którym jednostkowe zagęszczenia powierzchniowe komponentów P , A , T , w poszczególnych częściach mapy K_Z , oddają naturalne zróżnicowanie koncentracji obiektów i zjawisk (w przestrzeni geograficznej) $m' = p' + a' + t'$.

Jako optymalny uznajemy taki wybór jednostkowego zagęszczenia powierzchniowego komponentów P , A , T , kiedy suma współczynników kompozycji treści mapy będzie równa jednostkowemu ogólnemu (opty-

malnemu) zagęszczeniu powierzchniowemu mapy $p+a+t=1$. Wówczas na podstawie (7) i (8), uwzględniając, że: $p = \frac{p'}{m'}$, $a = \frac{a'}{m'}$, $t = \frac{t'}{m'}$, otrzymujemy

$$\left. \begin{array}{l} \text{a) } G_o = pG_P + aG_A + tG_T \\ \text{b) } K_o = pK_P + aK_A + tK_T \end{array} \right\} \quad (10)$$

Równanie (10a) formułuje prawo zagęszczenia powierzchniowego mapy.

»Zagęszczenie powierzchniowe mapy, odpowiadające sumie koncentracji poszczególnych komponentów, zależy wyłącznie od wielkości zagęszczenia powierzchniowego, przypadającego na każdy z komponentów treści mapy, nie zależy zaś od zestawu jednostkowych elementów wchodzących w skład podstawowych komponentów.«

Prawo to pozostawia dowolność:

— co do wyboru przedstawianych na mapie elementów, należących do zbiorów podstawowych komponentów oraz dowolność konstrukcji znaków kartograficznych, co do rysunku i rozmiarów, w ramach przewidzianego zagęszczenia powierzchniowego oddzielnych komponentów,

— co do sposobu sumowania treści map, w procesie formowania (redagowania) treści nowej mapy (por. interpretację wartości ujemnej w równaniu mapy str. 94).

Rozpatrzmy prosty przykład, nakładania się treści mapy ogólnogeograficznej i treści mapy podziału administracyjnego, tego samego regionu. Procedurę tę rozumiemy, jako proces opracowania mapy ogólnogeograficznej z podziałem administracyjnym. Zakładamy, że zgodnie z prawem dowolności wyboru elementów treści ogólnej opracowywanej mapy, tło mapy administracyjnej będzie pominięte. Procedurę tę opisują działania

$$\left. \begin{array}{l} m_1 K_1 = p'_1 K_P + a'_1 K_A + t'_1 K_T \\ m_2 K_2 = p'_2 K_P + a'_2 K_A + t'_2 K_T \end{array} \right\} \quad \text{w którym} \quad \begin{array}{l} m'_1 = p'_1 + a'_1 + t'_1, \\ m'_2 = p'_2 + a'_2 + t'_2 \end{array}$$

oraz $K_P = \text{const}$, $K_A = \text{const}$, $K_T = \text{const}$.

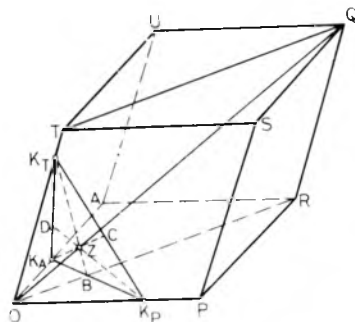
Dodając oba równania stronami, otrzymamy równanie nowej mapy:

$$K_Z = m_1 K_1 + m_2 K_2 = (p'_1 + p'_2) K_P + (a'_1 + a'_2) K_A + (t'_1 + t'_2) K_T \quad (11)$$

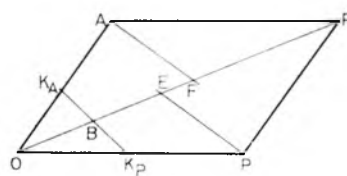
Równanie to, będące klasycznym przykładem dodawania wektorów wskazuje, że zbiory elementów podstawowych kartograficznych komponentów treści map tworzą pewną przestrzeń trójwymiarową, która jest scharakteryzowana wektorowo. Z tego punktu widzenia, jakościowo różne komponenty treści mapy: $p'K_P$, $a'K_A$, $t'K_T$ występują w roli wektorów składowych przestrzeni. Mają one wspólny punkt początkowy i różną orientację przestrzenną (rys. 5).

Jest oczywiste, że w równaniu (11) może występować dowolna liczba komponentów, nie zaś tylko trzy. Można więc, w razie potrzeby, dzielić zbiory elementów podstawowych komponentów treści map na podzbiory, odpowiednio do wymaganej szczegółowości projektowanej mapy. Równanie (11), ustalające zależność między treścią mapy, wyrażoną w koncentracji K_Z obiektów i zjawisk, a wielkościami koncentracji podstawowych komponentów treści mapy K_P , K_A i K_T wskazuje, że mapę można przedstawić, ogólnie mówiąc, w postaci wektora w przestrzeni trójwymiarowej, będącego przekątną równoległoscianu zbudowanego na wektorach $p'K_P$, $a'K_A$, $t'K_T$. Przyjmuje się przy tym, że liniowo niezależne wektory K_P , K_A , K_T są wektorami jednostkowymi.

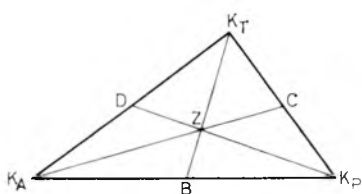
Proporcjonalna zmiana wielkości wszystkich trzech komponentów podstawowych treści mapy $p'K_P$, $a'K_A$, $t'K_T$, powoduje identyczną proporcjonalną zmianę wielkości zagęszczenia ogólnego mapy. Wyrazem tego jest odpowiednio proporcjonalna zmiana długości przekątnej. Natomiast rodzajowe zróżnicowanie map (pod względem treści), uzależnione od udziału każdego z trzech komponentów w składzie treści mapy jest określone kierunkiem wektora wypadkowego (przekątnej).



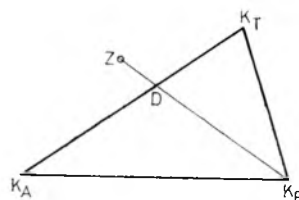
Rys. 5



Rys. 6



Rys. 7



Rys. 8

Wykorzystując zasady rachunku wektorowego, przeprowadzimy następujące rozumowanie. Wektory wszystkich komponentów treści mapy mają początek w jednym punkcie. Punkтови temu odpowiada zerowe

zagęszczenie treści mapy. Umówmy się, że oznacza to czysty papier, na który może być naniesiona projektowana treść mapy.

Z definicji treści mapy wiemy, że suma algebraiczna dowolnych dwóch komponentów treści nigdy nie może być zerem, gdyż przeczyłoby to pojęciu obrazu kartograficznego. Można więc twierdzić, że w przestrzeni kartograficznych komponentów treści map nie znajdziemy wektorów o przeciwnej orientacji.

Zgodnie z prawem zagęszczenia powierzchniowego, każda mapa przedstawia co najmniej jeden, częściej dwa komponenty. Stąd wniosek, że w przestrzeni kartograficznych komponentów treści map nie ma miejsca na mapy, których wektory nie należą do ogólnego zbioru wektorów, wyznaczonych przez wektory podstawowych komponentów treści map. Z tego wynika, że wektory, reprezentujące absolutnie wszystkie mapy będą się mieściły w granicach kąta bryłowego mniejszego od 2π .

6.2. Elementy uniwersalnej wartościowej klasyfikacji treści map

Weźmy trzy wektory OK_P , OK_A i OK_T , wychodzące z jednego punktu O i nie leżące w jednej płaszczyźnie (rys .5). Załóżmy, że wektory te charakteryzują wielkości zagęszczenia ilościowego (koncentracji) trzech podstawowych, liniowo niezależnych komponentów treści mapy: przyrodniczych P , antropogenicznych A , tematycznych T .

Ustalimy wzajemnie jednoznaczną odpowiedniość między treścią mapy, a punktami przestrzeni kartograficznych komponentów treści. Treść mapy K_Z można przedstawić w postaci sumy zagęszczenia ilościowego (koncentracji) oddzielnych komponentów treści K_P , K_A , K_T

$$K_Z = p'K_P + a'K_A + t'K_T$$

której składniki są wektorami

$$p'K_P = OP, a'K_A = OA, t'K_T = OT.$$

Wektor OQ , będący wypadkową trzech wektorów składowych OP , OA i OT , interpretujemy, jako fizyczną analogię treści idealnej mapy ogólnogeograficznej $Z_1 = K_{Z1}$ regionu R_1 , którą cechuje największy zasób informacji i najlepsza czytelność.

Trzy podstawowe komponenty treści mapy K_P , K_A i K_T , wyznaczające punkty na krawędziach równoległoboku tworzą pewien jednoznaczny układ klasyfikacji pod względem składu treści. W tym układzie, każdą mapę typu K_Z , charakteryzują trzy liczby p' , a' , t' , będące jednoznacznymi cechami uniwersalnej klasyfikacji map. Są to, jak łatwo

zauważyć „współrzędne treści” mapy K_Z w przestrzeni kartograficznych komponentów. Wielkości p' , a' , t' , są to, jak wiemy, skale koncentracji zbiorów elementów podstawowych komponentów, charakteryzujące każdy region.

Liniowo niezależne komponenty K_P , K_A , K_T , przyjmiemy jako podstawę systemu klasyfikacji map.

Każdą trójkę liczb p' , a' , t' , jako współrzędne punktu przestrzeni komponentów kartograficznych, zwiążemy równaniem z geometrii analitycznej $p' + a' + t' = 1$. Jest to równanie płaszczyzny przechodzącej przez punkty K_P , K_A , K_T . Z czego wynika, że każdy punkt (np. Z), należący do trójkąta $K_P K_A K_T$, reprezentuje mapę o ściśle określonej treści, w której udział komponentów przyrodniczych P , antropogenicznych A i tematycznych T , w postaci liczbowej, określają współrzędne p' , a' , t' . Ich suma zaś, wyraża też optymalną gęstość G_R wszystkich komponentów składających się na całą treść mapy regionu R .

$$p' + a' + t' = G_R \quad (12)$$

W przypadku gdy G_R równa się dopuszczalnemu maksimum, umownie rozumianemu jako 100% zagęszczenia mapy, to ogólne (całościowe) zagęszczenie mapy, jako gęstość poszczególnych komponentów, określanych za pomocą współczynników p' , a' , t' opisuje podane wyżej równanie

$$p' + a' + t' = 1. \quad (13)$$

Dowodzi ono, że płaszczyzna $K_P K_A K_T$ jest miejscem geometrycznym jednostkowych elementów, tworzących zbiory podstawowych komponentów treści mapy. Z czego wynika kolejne twierdzenie kartografii:

»Treść każdej mapy, jednoznacznie charakteryzuje liczbą, będącą sumą współrzędnych p' , a' , t' , jako uniwersalnych cech komponentów treści mapy.«

Skład podstawowych komponentów K_P , K_A , K_T treści mapy, reprezentowanej przez punkt Z , leżący w płaszczyźnie trójkąta $K_P K_A K_T$ (rys. 5), określają współrzędne tego punktu, jako funkcje zmiennych niezależnych p' , a' , t' .

W celu obliczenia współrzędnych punktu Z rozpatrzmy równoległobok $OARP$ (rys. 6), w płaszczyźnie którego leży bok $K_P K_A$ trójkąta $K_P K_A K_T$. Przez wierzchołki P i A poprowadźmy, w kierunku przekątnej OR , proste równoległe do boku $K_P K_A$, otrzymując w ten sposób odcinki PE i AF .

Z rysunku 6, zgodnie z definicją o środku ciężkości trójkąta, napiszemy następujące zależności:

$$\begin{aligned}
 OR &= OE + ER = OE + OF, & \text{gdzie } OP &= p'OK_P, \\
 OR &= p'OB + a'OB = (p' + a')OB, & OA &= a'OK_A, \\
 \text{oraz } EP &= p'BK_P = FA = a'BK_A, & OR &= (p' + a')OB.
 \end{aligned}$$

skąd

$$\frac{BK_A}{BK_P} = \frac{p'}{a'}. \quad (14)$$

Z proporcji (14) wynika, że punkt B dzieli odcinek $K_P K_A$ w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do bezwzględnych wartości komponentów składowych $p'K_P$, $a'K_A$.

Znając długość boków równoległoboku $ORQT$: $OR = (p' + a')OB$ i $OT = t'OK_T$ możemy napisać wzór na długość przekątnej

$$OQ = (p' + a' + t')OZ$$

skąd otrzymujemy

$$\frac{OQ}{OZ} = p' + a' + t' = m'. \quad (15)$$

Analogicznie jak wyżej, obliczymy stosunek, w jakim przekątna OQ (punkt Z) dzieli odcinek BK_T na części: $\frac{ZK_T}{ZB} = \frac{p' + a'}{t'}$, skąd po odpowiednich przekształceniach otrzymamy

$$\begin{aligned}
 \frac{ZK_T}{ZB} + 1 &= \frac{p' + a'}{t'} + 1, \\
 \frac{ZK_T + ZB}{ZB} &= \frac{p' + a' + t'}{t'}, \\
 \frac{ZB}{BK_T} \frac{t'}{p' + a' + t'} &= \frac{t'}{m'} = t.
 \end{aligned} \quad (16)$$

Odcinek BK_T jest śladem przecięcia płaszczyzny trójkąta $K_P K_A K_T$, płaszczyzną równoległoboku $ORQT$. Dodawanie wektorów OP , OA i OP wykonane w innej kolejności, daje identyczne wyniki. Jedynie na płaszczyźnie trójkąta $K_P K_A K_T$, otrzymamy ślady przecięć CK_A i DK_P z płaszczyznami równoległoboków $OSQA$ i $OPQU$ (rys. 5 i 7).

Na podstawie rysunku 7, napiszemy wzory analogiczne do (16) na obliczenie dwóch innych współrzędnych

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{ZC}{CK_A} &= \frac{a'}{p' + a' + t'} = \frac{a'}{m'} = a \\
 \frac{ZD}{DK_P} &= \frac{p'}{p' + a' + t'} = \frac{p'}{m'} = p
 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

z których wynika, że

$$\frac{ZD}{DK_P} + \frac{ZC}{CK_A} + \frac{ZB}{BK_T} = p + a + t = 1.$$

Trójkąt $K_P K_A K_T$, wierzchołki którego określają koncentrację podstawowych komponentów treści mapy, lub odpowiadające im zagęszczenia powierzchniowe nazwałem charakterystycznym trójkątem kartograficznym układu klasyfikacji map (rys. 7).

Każdy punkt, płaszczyzny trójkąta charakterystycznego, odpowiada mapie określonego typu, której treść ustalają współczynniki kompozycji treści, dobierane odpowiednio do potrzeby, na podstawie równań (16) i (17).

Nakładanie na siebie rysunku podstawowych komponentów obrazu kartograficznego, w różnych kombinacjach ilościowych da, w efekcie, mapy, różniące się pod względem treści, skład której określają współrzędne punktów znajdujących się wewnątrz trójkąta $K_P K_A K_T$.

Taka interpretacja kompozycji treści map oznacza, że środek ciężkości trójkąta $K_P K_A K_T$ reprezentuje odpowiednio wyważoną treść mapy ogólnogeograficznej. Ponieważ środek trójkąta dzieli środkowe boków w stosunku 2:1, zatem optymalną treść mapy ogólnogeograficznej wyraża następujące równanie kartograficzne:

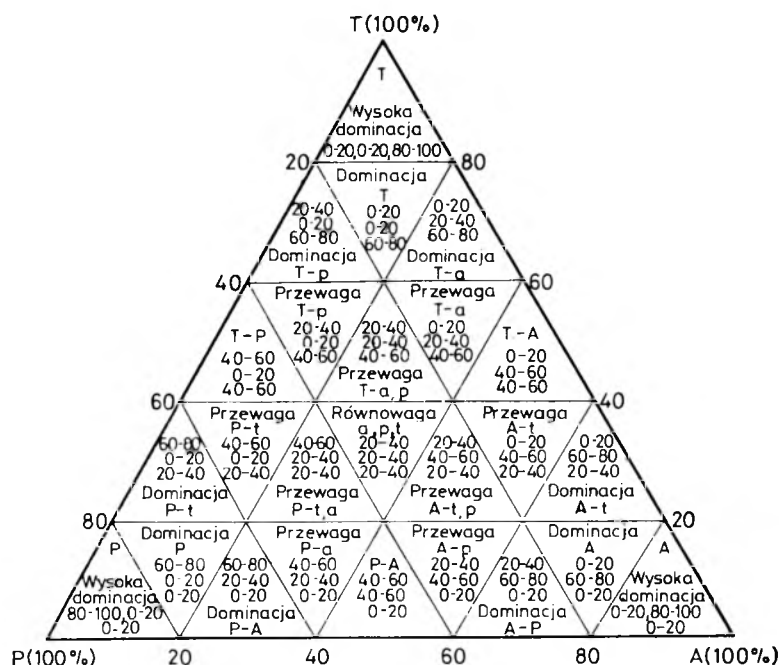
$$K_{zo} = \frac{1}{3} K_P + \frac{1}{3} K_A + \frac{1}{3} K_T \quad (18)$$

Charakterystyczny trójkąt kartograficzny wyjaśnia, bardzo pogłębowo, udziały podstawowych komponentów kartograficznych w treści konkretnej mapy. Może też być, z powodzeniem, wykorzystany przy projektowaniu różnych typów map oraz jako podstawa jednolitej sformalizowanej klasyfikacji naukowej map, w oparciu o liczbową charakterystykę ich treści.

Ten wniosek daje podstawę, by do problemu klasyfikacji map geograficznych podejść w sposób bardziej ogólny i teoretyczny, w oparciu o wskaźniki wartościowe. Jako najbardziej naturalną metodę klasyfikacji wartościowej map przyjęto diagram trójkątny Ossana [21] (rys. 9). Trójkąt ten daje możliwość przeprowadzenia precyzyjnej klasyfikacji map ze względu na treść, na podstawie procentowego udziału każdego z komponentów P , A , T w obrazie kartograficznym terenu. Ten sposób klasyfikacji map nazwano wartościowym. Można ją jednak z łatwością przekształcić w klasyfikację terminologiczną, przyporządkowując odpowiednim grupom map, charakteryzującym się właściwym dla nich procentowym udziałem poszczególnych komponentów, odpowiednie nazwy (rys. 10).

Procentowe udziały p , a , t podstawowych komponentów przyrodniczych P , antropogenicznych A i tematycznych T , kształtujące treść rzeczywistych map ogólnogeograficznych wszystkich 49 województw zamieszczono w tablicy 14.

Na podstawie tablicy 14 obliczono zagęszczenie powierzchniowe G_P , G_A , G_T głównych komponentów treści map ogólnogeograficznych oraz zagęszczenie całosciowe mapy G_o w każdym województwie.



Rys. 9. Zasada klasyfikacji wartościowej map geograficznych (przykład metodyczny)

W sformułowanych wyżej prawach sumowania treści map przyjmowaliśmy, że tworzą ją trzy komponenty definiowane wektorowo. Aby tej koncepcji nadać sens praktyczny, musimy znać metodykę obliczania ilościowych zależności, istniejących między komponentami w realnej rzeczywistości oraz na mapach.

Na wstępie podamy ilościową definicję treści mapy.

»Treść mapy Z/g tworzy algebraiczna suma koncentracji zbiorów oznaczeń obiektów i zjawisk przyrodniczych g_P , antropogenicznych g_A oraz cech osobniczych i technicznych g_T komponentów przestrzeni geograficznej

$$Z(g) = pK_P + aK_A + tK_T.$$

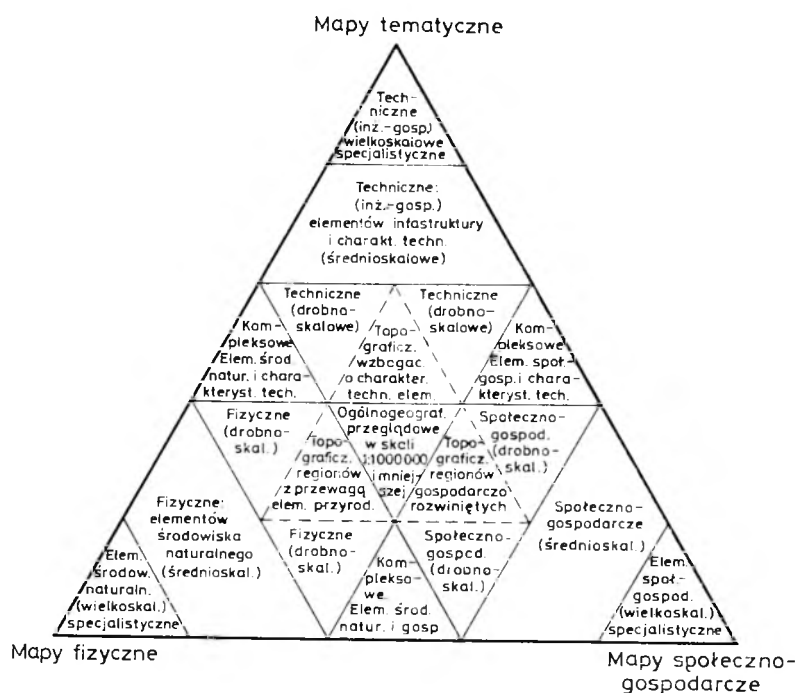
Kształtują ją współczynniki kompozycji p , a , t , jako miary tematycznego udziału trzech podstawowych komponentów treści P , A , T .

Do obliczenia wielkości współczynników kompozycji treści mapy, jako funkcji koncentracji obiektów i zjawisk, tworzących układy głów-

nych komponentów w przestrzeni geograficznej służą wzory podane w rozdziale 6.1.

$$p = \frac{g_P}{m'K_P}; a = \frac{g_A}{m'K_A}; t = \frac{g_T}{m'K_T}.$$

Natomiast do obliczenia występujących w nich wielkości g_P , g_A , g_T oraz K_P , K_A , K_T stosuje się metodę analizy czynnikowej, którą omówiono w rozdziale 5. Zestawienie współczynników kompozycji oraz wielkości zagęszczenia powierzchniowego podstawowych komponentów treści i całościowe zagęszczenie powierzchniowe mapy w, każdym województwie podano w tablicy 14 i 15.



Rys. 10. Zasada klasyfikacji terminologicznej map geograficznych (przykład metodyczny)

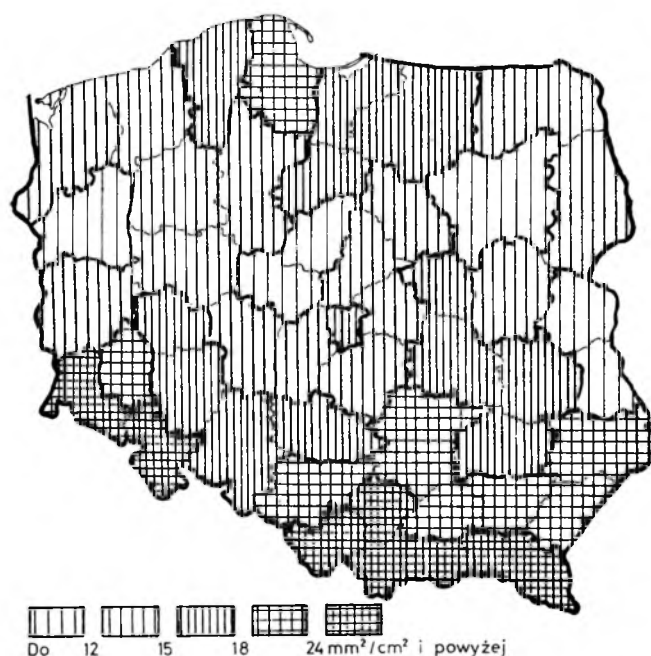
Tablice 14 i 15 zawierają wszechstronną informację, o strukturze obrazu kartograficznego, z punktu widzenia teoretycznego i praktycznego. Tak, na przykład, na podstawie liczb podanych w tablicy 15 wynika, że zagęszczenie powierzchniowe na mapach topograficznych, tylko w sześciu województwach przekracza wielkość optymalną $G_{opt} = 33,38 \text{ mm}^2/\text{cm}^2$. Dotyczy to następujących województw: Wałbrzyskiego (47,26), Jeleniogórskiego (47,54), Krakowskiego (49,50), Bielkiego (59,22), Kro-

śnińskiego (62,66) i Nowosądeckiego (94,45). Z nich zaś, tylko dwa ostatnie, przekraczają maksymalne dopuszczalne zagęszczenie powierzchniowe treści mapy równe trzykrotnej wielkości średniego najmniejszego zagęszczenia powierzchniowego obliczonego dla całej Polski

$$G_{\max \text{ dop}} = 3 \cdot G_{\text{sr min}} = 3 \cdot 20,3786 = 61,1358 \text{ mm}^2/\text{cm}^2.$$

Tak wysokie zagęszczenie powierzchniowe treści mapy tłumaczy się tym, że dla wszystkich województw przyjęto stałe cięcie warstwicowe. Wystarczy więc, zmienić wysokość cięcia warstwicowego, przy przedstawieniu rzeźby terenu w województwie Nowosądeckim i Krośnieńskim, by osiągnąć zmniejszenie zagęszczenia powierzchniowego do żądanej wielkości.

Jest oczywiste, że dobierając odpowiednio mniejsze jednostki badawcze np. pola kwadratów 10×10 km, 5×5 km, 1×1 km), można, podanym tu sposobem, dokonać dowolnie szczegółowej regionalizacji kartograficznej kartowanego terenu z punktu widzenia doboru wysokości cięcia warstwicowego, wielkości zagęszczenia powierzchniowego całej treści i oddzielnych elementów, wchodzących w skład trzech komponentów



Rys. 11. Zróżnicowanie województw pod względem zagęszczenia powierzchniowego ich obrazów kartograficznych

tów treści, złożoności obrazu kartograficznego terenu, pracochłonności rysunku mapy itd.

Wydzielenie, na terenie Polski pięciu regionów, różniących się pod względem złożoności rysunku treści na mapach ogólnogeograficznych przedstawia rysunek 11.

Macierz zagęszczenia powierzchniowego map ogólnogeograficznych.
/względem $G_{gr \min} = 20,3786/$

Tablica 15

Lp.	Nazwa województwa	$G_P = p'G_0$	$G_A = a'G_0$	$G_T = t'G_0$	$G_S = G_A + G_T$	$G_0 = m'G_{opt}$
1	Warszawskie	5,32	4,24	4,67	8,91	14,24
2	Białkopodlaskie	5,16	2,12	2,35	4,47	9,62
3	Białostockie	8,00	2,24	2,22	4,46	12,47
4	Białskie	51,22	4,86	3,08	7,94	59,22
5	Bydgoskie	6,94	3,11	2,74	5,85	12,80
6	Chełmskie	6,72	2,16	2,24	4,40	11,13
7	Ciechanowskie	6,02	3,15	2,90	6,05	12,06
8	Częstochowskie	9,26	3,73	2,74	6,47	15,73
9	Elbląskie	8,61	3,29	2,28	5,57	14,18
10	Gdańskie	13,57	3,16	2,57	5,73	19,30
11	Gorzowskie	7,16	2,80	1,76	4,56	11,72
12	Jeleniogórskie	41,59	3,71	2,19	5,90	47,54
13	Kaliskie	7,10	3,78	3,05	6,83	13,94
14	Katowickie	12,20	4,33	4,21	8,54	20,74
15	Kieleckie	15,20	3,76	2,89	6,65	21,87
16	Konińskie	4,86	3,36	2,98	6,34	11,19
17	Koszalińskie	8,53	2,64	1,97	4,61	13,14
18	Krakowskie	38,21	6,98	4,26	11,24	49,50
19	Krośniewskie	58,34	2,63	1,69	4,32	62,66
20	Legnickie	12,74	3,76	2,80	6,56	19,28
21	Leszczyńskie	7,96	5,12	4,15	9,27	17,24
22	Lubelskie	7,92	2,99	3,35	6,34	14,24
23	Łomżyńskie	6,38	2,35	2,24	4,59	10,98
24	Łódzkie	6,50	3,67	7,14	10,81	17,32
25	Nowosądeckie	89,07	3,31	2,08	5,39	94,45
26	Olsztyńskie	10,05	2,52	1,98	4,50	14,55
27	Opolskie	7,88	4,21	3,02	7,23	15,10
28	Ostrołęckie	5,20	2,59	2,02	4,61	9,82
29	Pilskie	8,02	2,52	2,04	4,56	12,59
30	Piotrkowskie	6,14	3,35	2,71	6,06	12,21
31	Płockie	5,90	3,61	3,22	6,83	12,74
32	Poznańskie	5,29	3,52	3,38	6,90	12,19
33	Przemyskie	22,54	3,05	2,35	5,40	27,96
34	Radomskie	8,32	3,08	2,85	5,93	14,24
35	Rzeszowskie	9,93	2,46	1,85	4,31	23,31
36	Siedleckie	10,06	4,63	4,14	8,77	18,84
37	Sieradzkie	8,56	3,39	3,14	6,53	13,10
38	Skierniewickie	5,85	3,64	3,25	6,89	12,74
39	Szupskie	10,82	2,44	1,90	4,34	15,16
40	Suwałskie	8,93	2,11	1,68	3,79	12,72
41	Szczecińskie	7,25	2,98	2,21	5,19	12,43
42	Tarnobrzęskie	11,40	3,20	2,42	5,62	17,02
43	Tarnowskie	16,82	4,24	3,15	7,39	24,21
44	Toruńskie	8,15	3,60	2,24	5,84	14,98
45	Wałbrzyskie	39,65	4,49	3,12	7,61	47,26
46	Wrocławskie	5,40	3,41	3,16	6,57	11,98
47	Wrocławskie	8,31	3,93	3,35	7,28	15,59
48	Zamojskie	13,01	2,60	2,71	5,31	18,32
49	Zielonogórskie	9,08	3,08	1,72	4,80	13,88

W stworzonej tu koncepcji formalizacji teorii obrazu kartograficznego, w charakterze uniwersalnych parametrów ilościowych mapy, przyjęto współczynniki kompozycji treści, wielkość zagęszczenia powierzchniowego (koncentracji) elementów treści i rozmiary znaków. Współczynniki kompozycji treści mapy pełnią rolę mierników specyfiki mapy, i jako takie, mają znaczenie teoretyczne (przy klasyfikacji i projektowaniu) oraz praktyczne (jako normy generalizacji, zagęszczenia treści i rozmiarów znaków).

8. Zakończenie

Przedstawiona praca, podejmuje próbę formalnego wyjaśnienia funkcjonowania obrazu kartograficznego — mapy, jako pogładowego narzędzia badania, przetwarzania i przekazywania informacji kartograficznych. Uzasadnia potrzebę ujmowania treści mapy w kategoriach ilościowych, dziś już niezbędnych dla prawidłowego projektowania, wykonania i wykorzystania mapy zgodnie z przeznaczeniem i predyspozycjami oraz uzasadnia możliwość wykorzystania w tym celu elektronicznej techniki obliczeniowej. To ukierunkowanie pracy, z kolei, uzasadniają trzy założenia, potwierdzone wynikami eksperymentu: strukturalna koncepcja treści mapy [14], [20], [28], możliwość rozłożenia treści mapy na składowe oraz możliwość porównywania ilościowej treści w różnych częściach mapy. Założenia te leżą u podstaw sformalizowanej po raz pierwszy teorii mapy, która:

- wyjaśnia zasady konstrukcji obrazu kartograficznego, jako proces nakładania się na siebie (dodawania) rysunku układów trzech podstawowych komponentów treści mapy: przyrodniczych, antropogenicznych i tematycznych,

- za pomocą współczynników kompozycji treści mapy, definiuje zasady regionalizacji kartograficznej oraz zasady ilościowego doboru komponentów do przedstawienia ich na mapie,

- daje podbudowę do wykonania strukturalno-ilościowej i terminologicznej klasyfikacji map.

Sformalizowana teoria mapy mieści w sobie problemy tworzenia mapy od strony merytorycznej i geometryczno-graficznej formy mapy, a także problematykę funkcjonowania mapy, jako środka przekazu informacji.

Koncepcja ilościowego modelu mapy, wprowadzona tu po raz pierwszy wytycza zasadniczo nowy kierunek teoretycznej i praktycznej działalności w kartografii, który drogą ilościowego modelowania (projekto-

wania) i ocen wytworów kartograficznych prowadzi do zoptymalizowania ich powstawania i funkcjonowania.

Wyjaśniliśmy, że przez pojęcie treści mapy, w którym splatają się w jedną całość, struktura syntaktyczna, jako odbicie struktury konkretnej przestrzeni oraz struktura sematyczna, jako odbicie struktury języka mapy, rozumie się produkt rekombinacji, czyli zestawiania (łączenia) najprostszych elementów graficznych w symbole bardziej złożone. W dążeniu do tego wyjaśnienia udowodniono, że wszystkie mapy wykazują zdumiewającą jedność. Te same komponenty treści, składające się niemal z tych samych elementów, spełniają zawsze tę samą rolę. Nie ulega większym zmianom ani kod kartograficzny, ani mechanizm jego tłumaczenia.

Stwierdzono, iż trudno uznać, że znaki, obowiązujące na mapach topograficznych dobrze spełniają swą rolę, skoro część informacji musi być przekazana w formie napisów (nie dotyczy to oczywiście nazw własnych). Badania nad sprawnością kartograficznego przekazu informacji wykazały, że funkcjonuje on tym lepiej, im bardziej, w swej formie, zbliżony jest do tradycyjnej mapy.

Potrzeba zachowania formy mapy, zbliżonej do tradycyjnej nakazuje, by kartografia stopniowo wypracowała racjonalne, możliwie najlepiej sformalizowane, zasady budowy treści mapy. Uznaliśmy, że istotą tych zasad jest celowy dobór elementów do przedstawienia ich na mapie. Jest on wypadkową dwóch przymusów, które kierują procesem opracowania mapy. Pierwszy, to wymóg informacyjności mapy; zostaje on spełniony przez metryzację wszystkich parametrów obrazu kartograficznego i nadanie poszczególnym jego elementom graficznym wartości znaczeniowej. Drugi, to wymóg stałego oddziaływania zwrotnego między mapą a reprezentowaną przez nią rzeczywistością. Wszelkie mapy, bowiem, tworzą tzw. system otwarty, uzasadniając swoje istnienie jedynie dzięki nieustannemu dopływowi informacji z zewnątrz.

Wzajemne oddziaływanie obu tych czynników wywołuje potrzebę specjalizacyjnej modyfikacji treści map, zmuszając całe populacje znaków umownych do powolnej ewolucji — w miarę, jak zmieniają się wymagania użytkowników, środki techniczne itd. Wbrew temu co sądzono, celowy dobór działa korzystnie nie tylko na treść. Stosowany na dłuższą metę, integruje odmienne mapy (standaryzacja treści), porządkuje je (unifikacja znaków) i powoduje powstanie spoistych form obrazów kartograficznych, przystosowanych do zaspokojenia społecznego zapotrzebowania. Świadomie stosowany dobór elementów treści wytycza kierunek zmian, rządzi przypadkiem i pozwala tworzyć coraz to bardziej funkcjonalne struktury treści i nowe typy map.

Kartografia nie tworzy treści z niczego. Opiera się na tym co już jest znane, przekształca stare układy, wyposażając je w nowe treści. Odbywa się to drogą zespалania (lub eliminowania) licznych układów w celu zbudowania nowego bardziej złożonego (bądź uproszczonego). Ten ostatni przypadek ma miejsce przy opracowywaniu map kompleksowych i monotematycznych. Wyjątkowa zupełnie waga takich przekształceń polega na tym, że stwarzają one potężny potencjał adaptacyjny kartografii, wyrażający się w specjalizacji poszczególnych map.

Zastosowanie do badania struktury obrazu kartograficznego, w procesie projektowania map, metod analizy ilościowej pozwala znacznie zwiększyć ten potencjał.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Arnberger E.: *Der Weg der theoretischen Kartographie zur selbständigen Wissenschaft*. „Kartographische Nachrichten”, 25 Jg, 1975, H. 6, str. 232—233.
- [2] Aumen W. C.: *A new mapform: numbers*. „International Jahrbuch für Kartographie” 10, 1970, str. 80—84.
- [3] Beck W.: *Das informative Element der topographischen Karten*. „Zeitschrift für Vermessungswesen” DVW 94, 1969, 7 str. 249—257.
- [4] Berry B. J. L.: *The internal structure of the city*. „L. Bourne, Internal structure of the city: readings on space environment” NY. 1971, str. 97—103.
- [5] Bertin J.: *Semiologie graphique*. Gauthier-Villars, Paris 1973, II wyd. str. 130.
- [6] Blaschke W.: *Le modele digital*. „M.I.T, Societé Francaise de Photogrammetrie” 27, 1967, str. 37—40.
- [7] Boczarow M. K.: *Osnovy projektirovaniia sistem kartograficheskikh znakov*. Izd. „Niedra”, Moskwa 1966.
- [8] Bord Ch.: *Cartographic communication and standarization*. „International Yearbook of Cartography” 13, 1973, str. 229—236.
- [9] Gaździcki J.: *Problemy numerycznego opracowania map wielkoskalowych*. „Przegląd Geodezyjny” 49, 1977, 2, str. 79—80.
- [10] Gołaski J.: *Funkcjonalno-strukturalna koncepcja pojęcia mapy*. „Polski Przegląd Kartograficzny” 5, 1973, 1, str. 7—12.
- [11] Gołaski J.: *Zagadnienie ogólnej definicji mapy w świetle dotychczasowych sformułowań*. „Przegląd Geodezyjny” 39, 1967, 8, str. 319—322.
- [12] Grygorenko W.: *Tradycyjne i nowoczesne formy kompleksowej informacji o terenie*. „Przegląd Geodezyjny” 45, 1973, 8, str. 348—352.
- [13] Grygorenko W.: *Próba oceny wartości użytkowej mapy*. „Przegląd Geodezyjny” 47, 1975, 9, str. 379—383.
- [14] Grygorenko W.: *Structural interpretation of the graphic image of a map and automatic machine graphics*. „The Polish Cartography”. Head Office of Geodesy and Cartography, Warszawa 1976, str. 101—113.
- [15] Grygorenko W.: (BZ), *Wynalazczość i racjonalizacja w wojsku: Urządzenie do normowania kreślarskich prac kartograficznych*. „Wojskowy Przegląd Techniczny” 1970, 10, str. 47,

- [16] Grygorenko W.: *Liczbowe kryteria oceny wartości obrazu kartograficznego*. „Polski Przegląd kartograficzny” 5, 1973, 3, str. 117—125.
- [17] Hake G.: *Kartographie und Kommunikation*. „Kartographische Nachrichten” 23, 1973, 4, str. 137—148.
- [18] Hettner A.: *Die Eigenschaften und Methoden der Kartographischen Darstellung*. Geographische Zeitschrift, 16 Jg, 1910, cz. I. Heft 1, str. 12—28; cz. II: G. Z. 16, 1910, H. 2, str. 73—82.
- [19] Imhof E.: *Aufgaben der theoretischen Kartographie*. „Petersmans. Geographischen Mitteilungen”. Gotha 1956, H. 2.
- [20] Keller W.: *Die quantitative Auswahl einzelner Kartenelemente nach dem Ordnungsprinzip im Bereich der Geographischen Kartographie*. „Vermessungstechnik” 8, 1970, 4, str. 142—145.
- [21] Kocimowski K., Kwiatek J.: *Wykresy i mapy statystyczne*. GUS Warszawa 1977.
- [22] Knorr H.: *Ueber Gegenwartsprobleme der Kartographie*, „Kartographische Nachrichten” 17, 1967, 5, str. 150.
- [23] Kolačný A.: *Cartographic information a fundamental concept and term on modern cartography*. „The Cartogr. Journ.” 6, 1969, 1, str. 84—91.
- [24] Kopyłowa A. D.: *O naukowych osnovach ustanowleija razmierow i formy kartograficzeskich oboznaczenij*. „Gieodiezija i Kartografia” nr 10, 1956, Gieodiezizdat.
- [25] Macioch A.: *Zagadnienie znaku w kartografii*. „Geodezja i Kartografia” 26, KG PAN 1977.
- [26] Makowski A.: *Podstawa technologii barwy w kartografii*. Prace Naukowe Geodezja, Wyd. Politechniki Warszawskiej 1976.
- [27] Morrison J.L.: *The science of cartography and its essential processes*. „International Yearbook of Cartography” 16, 1976, str. 84—97.
- [28] Nieman H., Winkler G.: *Eine Theorie zur quantitativen Beschreibung und Erkennung von Mustern*. „Com. Journr.” 22, 1969, 2.
- [29] Racine J.B., Reymond H.: *Analiza ilościowa w geografii*. PWN, Warszawa 1977.
- [30] Ratajski L.: *Cartology, Its developed concept*. „The Polish Cartography” Head Office of Geodesy and Cartography, Warszawa 1976, str. 8—23.
- [31] Ratajski L.: *Straty i zyski informacji w przekazie kartograficznym*. „Polski Przegląd Kartograficzny” 9, 1977, 3, str. 100—104.
- [32] Robinson A.H., Petschnik B.B.: *The map as a communication system*. „Cartographical Journal” 12, 1975, 1, str. 7—15.
- [33] Sotnikowa S.I.: *Sowremionnaja karta, kak spieczificheskij istocznik informacii*. „Metodologiczieskije woprosy dokumentowiedienija i archiwowiedienija” 1976, wyp. 1, str. 67—85.
- [34] Spearman Ch.: *General intelligence objectively determined and measured*. „American Journal of Psychology” 1904, str. 101—203.
- [35] Suchow W.I.: *Globalnaja sistema informacii i karta*. „Izwestia Wysszych Uczebnych Zawiedienij: Geodezja i Aerofotosjomka” MIIGAİK 1970, wyp. 2, str. 107—110.
- [36] Suchow W.I.: *Informacjonnaja jomkost’ karty. Entropia*. „Izwestija Wysszych Uczebnych Zawiedienij: Geodezja i Aerofotosjomka” MIIGAİK 1967, wyp. 4.
- [37] Suchow W.I.: *Izobrażenija nasielonnych punktow SSSR na topograficzieskich kartach*. „Trudy CNIIGAİK” 1947, wyp. 48.

- [38] Thurstone L.L., Chave E.J.: *The measurement of attitude*. Chicago 1929.
- [39] Tobler W.R.: *Analytical cartography*. „The American Cartographer” 3, 1976, 1, str. 21—31.
- [40] Töpfer F.: *Kartographische Generalisierung*. VEB Herman HAACK, Geographisch-Kartographische Anstalt, Gotha/Leipzig 1974.
- [41] Uhorczał Fr.: *Kryteria wszechstronnej klasyfikacji map*. „Polski Przegląd Kartograficzny” 8, 1976, 1, str. 1—20.
- [42] Vasmuť A.S., Wiergasow W.A.: *Matimaticzieskoje modelirowanie prociessa postrojenija karty*. „Izwestija Wysszych Uczebnych Zawiedienij: Geodiezija i Aerofotosjomka” 1975, str. 107—118.

*Recenzowała doc. dr inż.
Krystyna Podlacha*

ВИКТОР ГРИГОРЕНКО

ПАРАМЕТРЫ КОМПОЗИЦИИ СОДЕРЖАНИЯ КАРТЫ

Резюме

Работа является первой попыткой сформулирования теории содержания карты, которая объясняет принципы конструкции картографического изображения как процесса совместного соединения (сложения) систем трёх основных компонентов содержания: природных объектов и явлений *P*, антропогенных *A*, а также индивидуальных признаков и технических характеристик *T* объектов и явлений.

Вводя концепцию количественной модели карты, указано новое направление теоретической и практической деятельности в картографии, в области проектирования и ценки картографических произведений, ведущей к оптимизации их создания и функционирования.

В стремлении к обоснованию этой теории обнаружено: право изменяемости площадной нагрузки содержания на картах, общие закономерности постройки картографического изображения и право изменения размеров знаков в масштабном ряде карт.

Введено понятия: уравнения карты, коэффициентов композиции содержания карты, как универсальной нормы подбора элементов содержания и предпосылок картографического районирования, а также понятие характерного картографического треугольника, как основы для структурно-количественной и терминологической классификации карт.

Перевод: Róża Tołstikowa

WIKTOR GRYGORENKO

PARAMETERS OF MAP CONTENTS COMPOSITION

Summary

This paper is the first trial of formalism of theory on a map contents, which explains the fundamentals of constructing the cartographic picture, as a process of overlapping the three basic components of the map contents: objects and biological phenomena *P*, anthropogenic *A* and individual features and technical characteristics *T* of objects and phenomena.

Introducing the idea of the quantity model of a map, the new direction of theoretical and practical cartographic activity was presented, on the field of designing and estimation of cartographic elaborations, leading to optimization of their formation and activity.

Aiming to motivate this theory, the following rules were reached: rule of differentiation of the surface condensation of the map contents, general rules of designing cartographic picture and the rule of changing the symbol size in the scale row of maps.

The following notions were introduced: map equation, factors of map contents composition, as a universal principle for the choice of contents elements and conditions for cartographic regionalization and the notion of the characteristic cartographic triangle, as a base for structural-and-quantity and terminological map classification.

Translation: Jacek Domański

SPIS TREŚCI

HENRYK ZENON KOWALSKI	
WITOLD MARKOWSKI	
Optymalizacja parametrów układu w metodzie transformacji podziałki liniowej na podziałkę radialną	3
ANDRZEJ HERMANOWSKI	
Średnie błędy obserwacji w sieciach poziomych wyrównywanych z warunkami nawiazania	17
WOJCIECH BYCHAWSKI	
MARIA IRACKA	
Przyczyny zróżnicowania barw obrazów koron sosny na spektrostrefowym zdjęciu lotniczym	43
ZBIGNIEW BOCHENEK	
MIECZYŚLAW PARADOWSKI	
Analiza wpływu koncentracji chlorofilu na charakterystyki spektralnego odbicia roślin	57
WIKTOR GRYGORENKO	
Parametry kompozycji treści map	65

СОДЕРЖАНИЕ

ХЕНРИК ЗЕНОН КОВАЛЬСКИ	
ВИТОЛЬД МАРКОВСКИ	
Оптимализация параметров системы в методе трансформации линейной шкалы в радиальную шкалу	3
АНДЖЕЙ ХЕРМАНОВСКИ	
Средние квадратические ошибки наблюдений в плановых сетях уравниваемых в условиях увязки	17
ВОЙЦЕХ БЫХАВСКИ	
МАРИЯ ИРАЦКА	
Причины дифференциации цвета изображения крон сосен на спектрально-космическом снимке	43
ЗБИГНЕВ БОХЕНЕК	
МЕЧИСЛАВ ПАРАДОВСКИ	
Анализ влияния концентрации хлорофилла на характеристики спектрального отражения растений	57
ВИКТОР ГРИГОРЕНКО	
Параметры композиции содержания карты	65

CONTENTS

HENRYK ZENON KOWALSKI

WITOLD MARKOWSKI

Optimization of system parameters for transformation the linear scale
into the angle scale 3

ANDRZEJ HERMANOWSKI

Standard deviations of observations in horizontal nets adjusted with
connection conditions 17

WOJCIECH BYCHAWSKI

MARIA IRACKA

Reasons of colour differentiation on the image of pine crown on the
colour infrared airphotos 43

ZBIGNIEW BOCHENEK

MIECZYSLAW PARADOWSKI

Analysis of the influence of chlorophyll concentration on characteristic
of spectral reflection of plants 57

WIKTOR GRYGORENKO

Parameters of map contents composition 65