

ANNA FALISZEWSKA  
Katedra Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego  
faliszewska.anna@gmail.com

## Badania czytelności kartograficznych anamorfoz powierzchni

**Zarys treści.** W artykule omówiono badania czytelności anamorfoz powierzchni oraz zarysowano problematykę tego zagadnienia. Prezentacje tego typu są pochodnymi kartodiagramów lub kartogramów (R. Szura 1989), dlatego właśnie z tymi formami prezentacji kartograficznej najczęściej porównywane są anamorfozy powierzchni. Ważną cechą omawianych map jest możliwość prezentacji danych absolutnych oraz łączenie anamorfoz z różnymi metodami prezentacji kartograficznej, głównie kartogramem i kartodiagramem. W artykule wskazano również, które zagadnienia związane z czytelnością tego typu prezentacji nie były dotychczas badane, a należałoby je lepiej poznać w celu usprawnienia przekazu informacji przestrzennych.

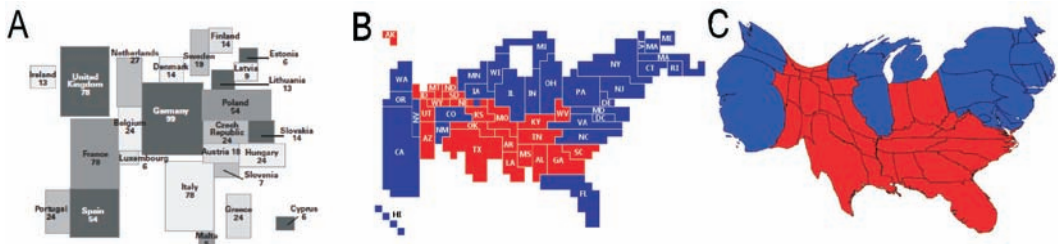
**Słowa kluczowe:** anamorfoza kartograficzna, badanie czytelności map, forma prezentacji kartograficznej

### 1. Wprowadzenie

Anamorfozą można nazwać mapę, na której w zależności od wartości prezentowanego zjawiska zmieniana jest powierzchnia poszcze-

gólnych jednostek przestrzennych (anamorfoza powierzchni) lub odległość pomiędzy punktem wybranym za centralny a zadanymi punktami (anamorfoza odległości). Przykładowo, anamorfoza powierzchni może posłużyć do prezentacji liczby ludności na świecie według państw, gdzie każde państwo będzie miało powierzchnię proporcjonalną do liczby ludności. Z kolei anamorfoza odległości jest dobrym sposobem na pokazanie czasu dojazdu z Warszawy do ważniejszych miejscowości w Polsce (W. Ostrowski 1970).

Anamorfozy powierzchni możemy podzielić na trzy grupy w zależności od kształtu pól podstawowych. Możemy wyróżnić anamorfozy, w których jednostki odniesienia zostały zastąpione przez proste figury geometryczne, np. kwadraty (kartodiagram anamorfozyczny – ryc. 1A). Drugą grupę stanowią anamorfozy, w których pola podstawowe nawiązują kształtem do jednostek statystycznych, ale ich granice są liniami prostymi (zgeometryzowane mapy anamorfozyczne – ryc. 1B). Do trzeciej grupy należą anamorfozy, których pola podstawowe nawiązują do kształtu jedno-



Ryc. 1. Podział anamorfoz powierzchni w zależności od kształtu pól podstawowych: A – kartodiagram anamorfozyczny, B – zgeometryzowana mapa anamorfozyczna, C – niezgeometryzowana mapa anamorfozyczna

Fig. 1. Fig. 1. Classification of contiguous cartograms in relation to the shape of basic units: A – square cartogram, B – contiguous regular cartogram, C – contiguous irregular cartogram

stek statystycznych oraz ich granice nie są liniami prostymi (niezgeometryzowana mapa anamorficzna – ryc. 1C).

Rozważania teoretyczne dotyczące czytelności anamorfoz obejmują kilka zagadnień: odpowiedniego doboru metody i danych do prezentacji (D.Z. Sui, J.B. Holt 2008), poziomu czytania mapy (ogólny, pośredni, szczegółowy), merytorycznej poprawności opracowania legendy oraz odbioru mapy przez czytelnika (B. Dent 1975). Na proces czytania i interpretowania map ma również wpływ przygotowanie odbiorcy – temat ten jest związany z pragmatycznym aspektem przekazu kartograficznego (L. Ratajski 1978).

Dzisiejszy rozwój anamorfoz związany jest z coraz powszechniejszym zastosowaniem programów używanych w systemach informacji geograficznej. Dzięki tym programom opracowanie anamorfozy jest znacznie szybsze, nie zajmuje już kilku godzin, dni czy nawet tygodni, jeżeli opracowujemy atlas, ale kilka chwil. Jednocześnie dotychczasowe badania nad czytelnością anamorfoz są stosunkowo nieliczne.

## 2. Przegląd badań

Najszerzej rozbudowane badanie w tym zakresie przeprowadził B. Dent (1975) na początku lat siedemdziesiątych wśród studentów i absolwentów Georgia State University. Nawiązał on do psychofizycznych eksperymentów, przeprowadzanych w drugiej połowie XX wieku (M.W. Dobson, 1974, D.R. Montello 2002). B. Dent przeprowadził trzy testy, dotyczące:

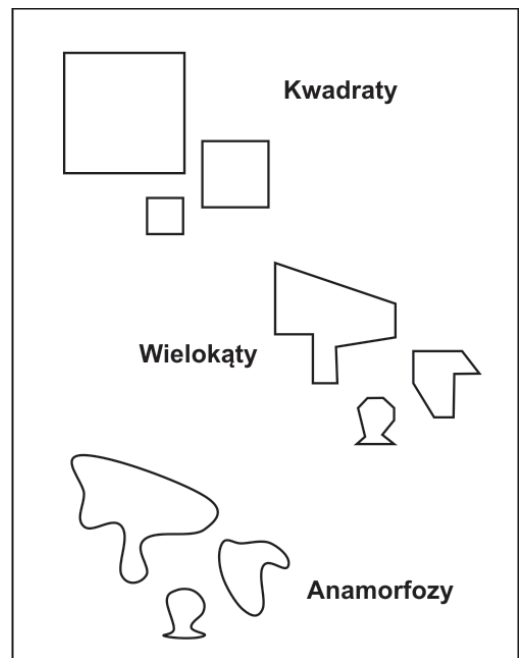
- szacowania wartości zjawiska w poszczególnych polach podstawowych za pomocą wzorcowego pola umieszczonego w legendzie (ważny był zarówno kształt pól podstawowych na mapie jak również kształt wzorca w legendzie);

- porównania poprawności interpretowania anamorfoz i kartodiagramów kołowych z poprawką Flannery'ego;

- oceny anamorfoz, dokonanej przez respondentów na trzech płaszczyznach: ogólnej reakcji na prezentowaną mapę, zastosowanego sposobu prezentacji na mapie oraz czytelności mapy.

W pierwszym teście, w którym udział wzięło stu czterdziestu ośmiu studentów, sprawdzono, jaki kształt pola podstawowego oraz wzorca umieszczonego w legendzie przyczynia się do stopnia dokładności oszacowania wartości zjawiska. W tym celu wykonano kilka kart testowych, na których umieszczano przykładowe jednostki

przestrzenne oraz wzorcowe legendy o kształtach: prostych figur geometrycznych (kwadraty), wielokątów (zgeometryzowane pola podstawowe) oraz w postaci anamorfoz – nieregularnych, niezgeometryzowanych jednostek (ryc. 1). W trakcie testu zmieniano zarówno kształty pól podstawowych (np. stanów w USA), jak i kształty wzorców umieszczonych w legendzie. Manipulowano nie tylko kształtem, ale również wielkością wzorca umieszczanego w legendzie. Stosując wyżej opisane wytyczne otrzymano dziewięć typów kart do testu, w których zestawiano wzorzec (z legendy) z polami podstawowymi na mapie (tu również zmieniano kształty na te, które zostały wcześniej objaśnione na ryc. 2). Przykładowo, respondent mógł otrzymać kartę, na której pola podstawowe



Ryc. 2. Kształty pól podstawowych i wzorce umieszczone w legendzie w pierwszym teście B. Denta (1975): kwadraty, wielokąty lub anamorfozy

Fig. 2. Shapes of basic units and legend symbols placed in the first test of B. Dent (1975): squares, polygons or anamorphic

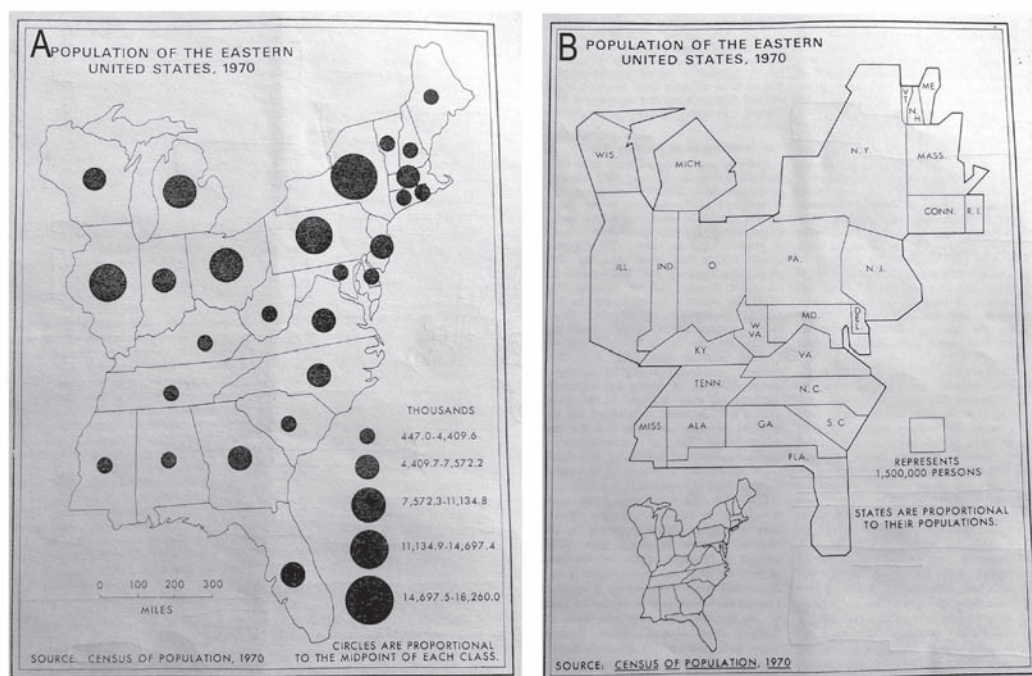
miały kształt anamorficzny, a wzorzec umieszczony w legendzie był kwadratem. Zadaniem ankietowanych było oszacowanie wartości zjawiska w danym polu podstawowym, wykorzystu-

jąc legendę. Wyniki badań zostały umieszczone w tabeli 1.

Najdokładniej interpretowane były prezentacje, w których pola podstawowe miały zgeometryzowane kształty. Jednocześnie należy do nich stosować legendę w postaci jednostkowego kwadratu o stosunkowo małej wartości zjawiska, czyli małej powierzchni. Dodatkowo test wykazał, że szacowanie wartości zjawisk na podstawie anamorfoz, które posiadają niezgeometryzowane kształty, przysparza wiele trudności. Dlatego też B. Dent nie polecał stosowania tego typu prezentacji anamorficzych.

w dwóch grupach – pierwsza dotycząca zadań związanych z kartodiagramem, a druga z anamorfozą. Nie podano, kim byli ankietowani. Pytania do obu grup były takie same – należało oszacować, jaka jest liczba ludności w sześciu wybranych stanach. W tabeli 2 zostały przedstawione najważniejsze wyniki tego testu.

Test wykazał, że zgeometryzowana anamorfoza jest równie poprawnie interpretowana jak kartodiagram kołowy. Można było również zaobserwować zależności, że przy kartodiagramie respondenci często przeszacowywali, a w anamorfozie niedoszacowywali wartości zjawiska.



Ryc. 3. Mapy wykorzystane przez B. Denta w drugim teście: A – kartodiagram kołowy z poprawką Flannery'ego, B – anamorfoza o zgeometryzowanych granicach (1975)

Fig. 3. Maps used by B. Dent in the second test: A – circle graduated diagram map with Flannery's scaling, B – cartogram with regular borders (1975)

W drugim teście B. Dent porównał interpretacje anamorfozy (o zgeometryzowanych jednostkach podstawowych) z interpretacjami kartodiagramu kołowego skokowego pięcioklasowego (z poprawką Flannery'ego). Wykorzystana została mapa liczby ludności we wschodnich Stanach Zjednoczonych w 1970 roku (ryc. 3). W tym przypadku przeprowadzone zostały dwie ankiety

W trzecim teście badana była ogólna reakcja odbiorców na anamorfozy. W tym celu stu dwudziestu absolwentów geografii podzielono na dwie grupy. Pierwsza odpowiadała na pytania dotyczące kartodiagramu kołowego, a druga anamorfozy. Zastosowano te same mapy, co w drugim teście. Pytania były takie same dla obu grup i dotyczyły trzech zagadnień: ogólnej reakcji na

Tab. 1. Wyniki pierwszego testu B. Denta (1975)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Numer testu	Liczba respondentów	Opis testu			Wartość wykładnika „n” w $R=K \cdot S^n$	Średnia (%)		
		Kształt wzorca umieszczonego w legendzie	Kształt obszaru	Wpływ kształtu wzorca z legendy		Zawyżenie wartości	Zaniżenie wartości	Dokładna wartość
1	48	kwadrat	kwadrat	mały	1,04	21	60	19
2	43	kwadrat	kwadrat	średni	0,86	17	49	30
3	48	kwadrat	kwadrat	wysoki	0,86	42	18	40
4	47	kwadrat	Wielobok nieregularny	mały	0,97	24	54	23
5	48	Wielobok nieregularny	Wielobok nieregularny	mały	0,94	16	51	31
6	31	kwadrat	anamorficzny	mały	1,06	17	69	13
7	48	kwadrat	anamorficzny	średni	0,81	19	48	32
8	22	anamorficzny	anamorficzny	mały	0,79	15	70	13
9	48	anamorficzny	anamorficzny	średni	0,89	6	65	27

Tab. 2. Wyniki drugiego testu B. Denta (1975)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stan	Liczba ludności w 1970 roku (w tys.)	Kartodiagram kołowy		Anamorfoza		Odchylenie od średniej, dotyczące liczby ludności (w tys.)		Test studenta t	Warunek
		Średnia z szacowanych odpowiedzi (w tys.)	Liczba respondentów	Średnia z szacowanych odpowiedzi (w tys.)	Liczba respondentów	Kartodiagram kołowy	Anamorfoza		
Vermont	447	303	11	979	12	+ 2,583	+ 532	4,7	odrzucony
Nowy Jork	18 237	16 635	12	13 625	12	- 1,601	- 4,612	1,96	przyjęty
Wisconsin	4 418	6 902	12	4 342	11	+ 2,484	- 076	5,3	odrzucony
Missisipi	2 217	3 011	11	2 481	12	+ 794	+ 201	1,3	przyjęty
Pensylwania	11 794	12 228	8	7 886	11	+ 434	- 3,907	7	odrzucony
Massachusetts	5 689	5 815	11	5 154	11	+ 126	- 534	1,3	przyjęty

prezentowaną mapę, sposobu prezentacji na mapie oraz czytelności mapy. Respondenci odpowiadali w skali od 1 do 5, gdzie na przeciwległych biegunach umieszczono cechy (np. 1 – łatwo czytelna, 5 – trudno czytelna). Cechy, którymi określano mapy podczas badania, zawiera tabela 3.

Podsumowując trzeci test można uznać, że zgeometryzowana anamorfoza jest równie poprawnie odbierana jak kartodiagram kołowy. Test ten pokazał, że anamorfozy są ciekawym, innowacyjnym, ale przysparzającym trudności odczytania sposobem przekazywania informacji.

Kolejne badania dotyczące czytelności i interpretacji anamorfoz przeprowadzili:

– T.L.C. Griffin w 1983 r. (identyfikowanie obszarów na anamorfozach);

– D.Z. Sui, J.B. Holt w 2008 r. (ocena map przez respondentów);

– Hui Sun i Zhilin Li w 2008 r. (porównanie anamorfoz z tradycyjnymi metodami prezentacji kartograficznej oraz porównanie przydatności różnych typów anamorfoz);

– I. Kaspar, S.I. Fabrikant i P. Freckmann w 2011 r. (porównanie czytelności anamorfoz i kartodiagramów kołowych w połączeniu z kartogramem).

Badanie przeprowadzone przez T. Griffina (1983) miało na celu wyjaśnienie, czy odbiorcy

anamorfoz potrafią lokalizować znane im jednostki (np. podziału administracyjnego kraju lub miasta) na prezentacjach tego typu. W tym celu wykonał on dwa testy, w których wzięło udział stu dwudziestu absolwentów uniwersytetu w Adelaidzie.

W pierwszym teście respondenci otrzymali dwie mapy – tradycyjną i anamorfozę. Mapa tradycyjna dotyczyła podziału okręgu metropolitalnego Adelaidy na okręgi wyborcze, które zostały podpisane pierwszymi literami ich nazw. Anamorfozą pokazano liczbę wyborców według poszczególnych okręgów wyborczych – powierzchnia jednostek przestrzennych była proporcjonalna do ich liczby. Respondenci mieli za zadanie dopasować podpisy okręgów z mapy tradycyjnej do okręgów w anamorfozie.

W drugim teście wykorzystano te same mapy. Tym razem podpisany został tylko jeden wybrany okręg wyborczy na mapie tradycyjnej lub anamorfozie. Respondenci mieli za zadanie dopasować podpisany okręg (na mapie tradycyjnej lub anamorfozie) do odpowiadającego obszaru na drugiej mapie (anamorfozie lub tradycyjnej mapie). W czasie badania zmieniano oznaczany okręg, dzięki czemu respondenci mieli do zlokalizowania różne obszary. Na rycinie 4 zaprezentowano mapy, wykorzystane w obu testach – mapę tradycyjną (4A) oraz anamorfozę (4B). Kółka i krzyżki na mapie tradycyjnej wskazują okręgi wyborcze, których położenie należało ustalić (białe kółko – tylko pierwszy test, krzyżek – tylko drugi test, czarne kółko – oba testy). Diagramy na anamorfozie obrazują liczbę wykonanych prób, w zależności od okręgu wyborczego – ile razy lokalizacja danego okręgu była określana przez respondentów.

Podsumowując ten test można powiedzieć, że do dobrej orientacji na anamorfozach konieczna jest wcześniejsza znajomość układu przestrzennego jednostek na tradycyjnej mapie, np. podziału administracyjnego danego kraju. Lokalizacja wybranych okręgów przysparzała więcej trudności (test 2) niż określenie położenia kilku sąsiadujących okręgów wyborczych (test 1).

W 2008 roku ukazał się w czasopiśmie „Cartographica” artykuł D.Z. Sui oraz J.B. Holta, dotyczący badań nad czytelnością anamorfoz. Do testu z zakresu kartografii kognitywnej zastosowano dane statystyczne dotyczące współczesnych zagrożeń zdrowia Amerykanów.

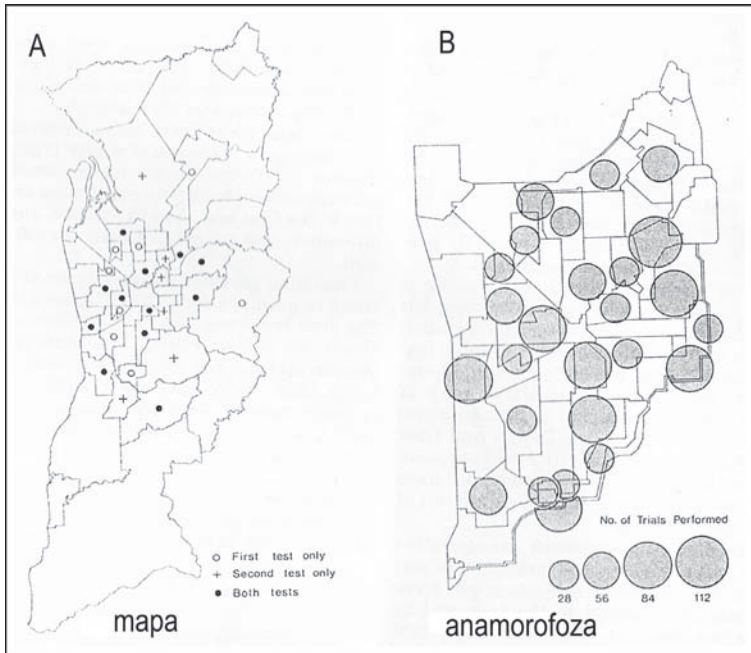
Tab. 3. Cechy anamorfoz, określane przez respondentów w trzecim teście B. Denta (1975) oraz w badaniu D.Z. Sui i J.B. Holta (2008)

Numer pytania	Cechy	
	Grupa 1. Podstawowe zagadnienia	
1	wartościowa	niepotrzebna
2	ułatwiająca odczytanie	utrudniająca odczytanie
3	interesująca	nieinteresująca
4	typowa	nietyпова
5	wiarygodna	wprowadzająca w błąd
6	dobrze dobrana metoda	źle dobrana metoda
	Grupa 2. Forma graficzna	
7	odpowiednia kompozycja	zła kompozycja
8	wyczerpująca prezentacja	prezentacja niewyczerpująca zagadnienia
9	dotycząca ogółu	dotycząca szczegółu
10	sugestywny	niejednoznaczny
11	stylowa	bez stylu
12	innowacyjna metoda prezentacji	konwencjonalna metoda prezentacji
	Grupa 3. Czytelność	
13	łatwa do odczytania	trudna do odczytania
14	łatwa do zrozumienia	trudna do zrozumienia
15	czytelnie pokazuje rozmieszczenie	rozmieszczenie pokazane w sposób niejednoznaczny
16	jasno przekazuje tematykę	nie przekazuje dobrze prezentowanej tematyki
17	jasno pokazuje różnice wielkości (między poszczególnymi elementami)	trudno dopatrzeć się różnic wielkości (między poszczególnymi elementami)
18	zrozumiała symbolizacja	niezrozumiała symbolizacja
19	łatwo pokazuje ogólny obraz zjawiska	w sposób niejednoznaczny pokazuje zjawisko
20	wnosi nowe informacje	zbędna
21	taka jak twoja wcześniejsza opinia na temat tej formy prezentacji	inna niż twoja wcześniejsza opinia na temat tej formy prezentacji

Badanie czytelności anamorfoz kartograficznych zostało przeprowadzone wśród trzydziestu trzech studentów (drugiego i trzeciego roku studiów geografii ludności w dużym ośrodku uniwersyteckim południowo-zachodnich Stanów Zjednoczonych). Do badania zastosowano ankietę B. Denta z 1972 roku (z drobną modyfikacją). W ankiecie zadano dwadzieścia jeden pytań związanych z czytelnością anamorfoz (tabela 3).

będzie czytelna dla odbiorców i w jakim stopniu poszerzenie wiedzy merytorycznej w tej dziedzinie wpływa na odbiór i czytelność map.

Osoby ankietowane (bez wiedzy na temat anamorfoz) uznały ten sposób prezentacji jako: nietypowy, nieprzydatny, wprowadzający zamieszanie w obrazie mapy, a tym samym w odczytaniu informacji na niej zawartych. Mimo to, dla większości respondentów prezentacja ta była interesująca. W części ankiety, która dotyczyła



Ryc. 4. Mapy wykorzystane w badaniu przez T. Griffina (1983)

Fig. 4. Maps used in research by T. Griffin (1983)

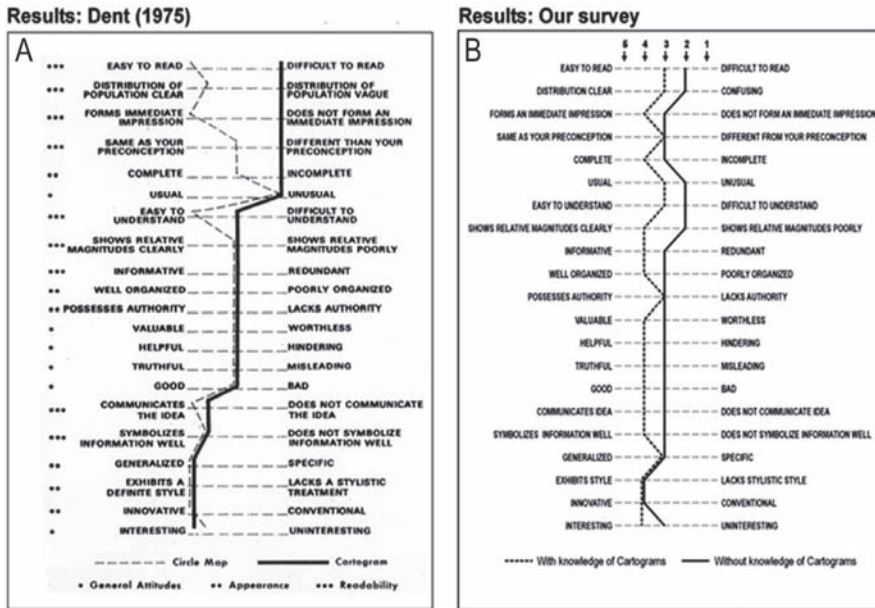
D.Z. Sui oraz J.B. Holt przeprowadzili dwie ankiety, składające się z trzech grup pytań – zagadnienia podstawowe, forma graficzna, czytelność. Tym samym nawiązali do trzeciego testu B. Denta z 1975 roku. Należy dodać, iż respondenci nie mieli wcześniej kontaktu z anamorfozami lub kontakt ten był bardzo niewielki. Po wypełnieniu pierwszej ankiety studentom został przybliżony temat anamorfoz kartograficznych – ich główne założenia i funkcje. Po takiej krótkiej prezentacji przeprowadzono kolejną ankietę, zawierającą identyczne pytania. Głównym celem badania było udzielenie odpowiedzi na pytanie czy forma prezentacji, jaką jest anamorfoza,

formy graficznej mapy, respondenci nie wykazywali skrajnych poglądów – nie można powiedzieć, czy według ankietowanych można na podstawie anamorfozy odczytać informacje dotyczące poszczególnych jednostek, czy jedynie informacje o rozmieszczeniu zjawiska na całym badanym obszarze. Większość osób uznała tę formę za innowacyjną i posiadającą własny styl. W ostatniej części ankiety, w której autorzy pytali o czytelność mapy, większość respondentów uznała, że anamorfoza jest trudna do czytania oraz interpretacji. Tak samo uznano, że przestrzenne rozmieszczenie zjawiska jest trudne do uchwycenia.

W drugiej ankiecie, poprzedzonej wyjaśnieniem najważniejszych założeń anamorfoz, autorzy artykułu zauważyli wzrost „pozytywnych odpowiedzi” – tzn. więcej osób uznało, że mapa jest przydatna do przekazywania informacji, wiarygodna oraz wartościowa. Więcej osób odpowiedziało także, że jest to sposób prezentacji typowy i dobrze dobrany do zjawiska, które przedstawia. W drugiej grupie pytań także zauważono, że ankietowani po poznaniu zagadnienia zrozumieli główne założenia anamorfozy i tym samym

wzrost pozytywnych odpowiedzi nastąpił w grupie pytań, która dotyczyła czytelności anamorfoz.

Wyniki badań porównane zostały z wynikami testu przeprowadzonego przez B. Denta (ryc. 5A). Po pierwsze można zauważyć, że nawet bez znajomości zagadnienia anamorfozy respondenci w badaniu Z. Sui i J. Holta pozytywniej odnosili się do tej metody niż w badaniu B. Denta. Była ona dla nich bardziej zrozumiała i przydatna, niż dla respondentów badanych ponad 30 lat wcześniej.



Ryc. 5. A – test B. Denta (1975), wyniki uporządkowano w zależności rozpiętości w ocenie kartodiagramu i anamorfozy, B – badanie Z. Sui i J. Holta (2008), wyniki podano w kolejności umieszczenia w ankiecie

Fig. 5. A – B. Dent's test (1975), results were ordered with respect to the range in evaluating the diagram map and cartogram, B – Z. Sui's and J. Holt's research (2008), results were given in the order they were placed on the poll

przychylniej na nią spojrzeli. Jednak największy wzrost pozytywnych opinii jest widoczny w trzeciej części, dotyczącej czytelności map. Respondenci uznali, że anamorfoza trafnie przekazuje informacje przestrzenne oraz posiada zrozumiałą symbolizację.

W celu ukazania zmiany w podejściu do anamorfoz w dwóch ankietach, autorzy badania wykonali wykresy, które obrazują zmiany średniej oceny oraz wartości modalnej ocen poszczególnych pytań obu ankiet (ryc. 5B). Analizując te dwa wykresy można stwierdzić, że największy

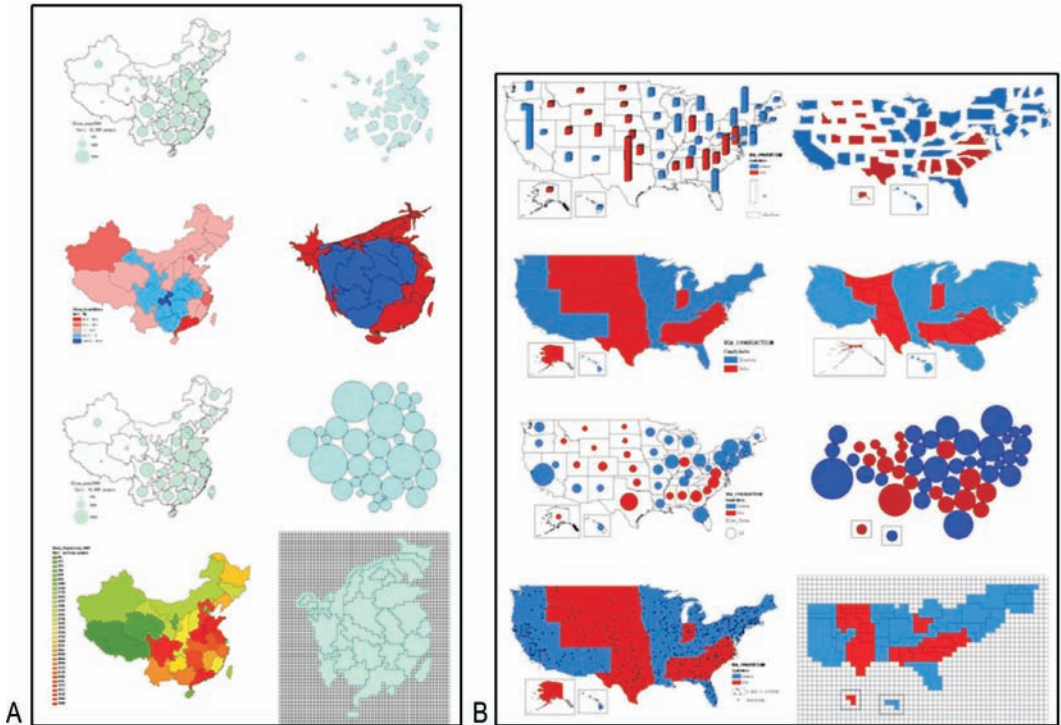
W 2008 roku przeprowadzone zostały również inne badania, związane z czytelnością anamorfoz. Autorzy Hui Sun i Zhilin Li założyli dwa cele swojego badania. Pierwszym było wskazanie, czy anamorfozy są skuteczniejszym środkiem przekazu informacji od tradycyjnych map tematycznych, a drugim – który z typów anamorfoz jest bardziej użyteczny do prezentacji zjawisk przedstawianych respondentom. Wykorzystano dane statystyczne dotyczące liczby ludności i przyrostu naturalnego w Chinach w 2005 roku (dane na poziomie ilościowym) oraz wyniki

wyborów prezydenckich w Stanach Zjednoczonych w 1996 roku – liczba oddanych głosów i wskazanie, który z kandydatów (R. Dole czy W.J. Clinton) uzyskał większą liczbę głosów w danym stanie (dane na poziomie ilościowym i jakościowym). Badanie zostało przeprowadzone przez Internet na stu respondentach w wieku 25–40 lat.

(*contiguous cartogram*) opracowaną z użyciem algorytmu Gastnera-Newmana);

– kartodiagram sumaryczny kołowy (skokowy) z kartodiagramem anamorficznym Dorlinga (*Dorling cartogram*);

– kartogram (lub kartogram połączony z mapą kropkową) ze zgeometryzowaną mapą anamorficzną (*pseudo-cartogram*).



Ryc. 6. Mapy wykorzystane w pierwszej części badania Hui Sun i Zhilin Li (2008): A – liczba ludności i przyrost naturalny w Chinach w 2005 r., B – liczba głosów oddanych w wyborach prezydenckich oraz wyniki wyborów w Stanach Zjednoczonych w 1996 r.

Fig. 6. Maps used in the first part of Hui Sun's and Zhilin Li's research (2008): A – population and birthrate in China in 2005, B – number of votes cast in presidential elections and election results in the United States in 1996

W pierwszej części badania respondenci mieli porównać użyteczność anamorfiozy i tradycyjnej mapy tematycznej do prezentacji zagadnienia, które wybrali autorzy badania. Porównywano (ryc. 6):

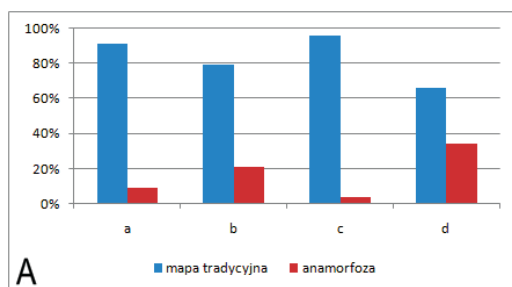
– kartodiagram sumaryczny kołowy (skokowy) z kartodiagramem anamorficznym „kafelkowym” (*non-contiguous cartogram*);

– kartogram z właściwą mapą anamorficzną

Jak już wspomniałam, test został wykonany przez Internet. Jednocześnie na monitorze komputera pojawiały się dwie mapy – anamorfioza i mapa opracowana tradycyjną metodą prezentacji kartograficznej wraz z objaśnieniem, jakie zjawisko jest prezentowane na danych mapach. Zadaniem respondentów było wybranie, która z map ich zdaniem w bardziej czytelny i poprawny sposób pokazuje dane zjawisko.



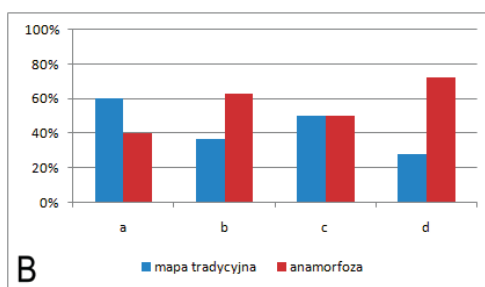
Bardzo ważne okazało się to, czy mapy były opracowane tylko na podstawie danych na poziomie ilościowym (mapy Chin), czy była to kombinacja danych na poziomie jakościowym i ilościowym (mapy USA). Połączenie anamorfozy z barwnym wypełnieniem pól podstawowych na poziomie ilościowym (kartograficznie) było oceniane jako mniej przydatne do prezentacji danego zjawiska niż tradycyjna mapa (kartogram). Jeżeli jednak barwne wypełnienie wskazywało jedynie informacje jakościowe (poparcie dla kandydata w czasie wyborów), respondenci bardzo przychylnie oceniali daną anamorfozę (ryc. 7). Można zatem powiedzieć, że anamorfozy są formą, która dobrze przedstawia informacje ilościowe w połączeniu z barwnym wypełnieniem jednostek, prezentującym dane jakościowe.



same dane statystyczne (ryc. 8). Na ekranie monitora pojawiały się jednocześnie wszystkie typy anamorfoz oraz opis prezentacji. Respondenci mieli za zadanie nadać punktację poszczególnym typom anamorfoz rozpoczynając od tej, która ich zdaniem jest najwłaściwsza do prezentacji danego zjawiska, do tej, która sprawia najwięcej kłopotów przy interpretacji.

Najbardziej użytecznymi mapami do prezentacji zjawisk ludnościowych i związanymi z wyborami prezydenckimi okazały się anamorfozy numer dwa i pięć (ryc. 8), czyli mapa anamorficzna opracowana algorytmem Gastnera-Newmana (*diffusion contiguous cartogram*) i zgeometryzowana mapa anamorficzna (*pseudo-cartogram*).

Wyniki ostatniego, omawianego w tym przeglądzie, badania z zakresu czytelności anamorfoz



Ryc. 7. Wyniki pierwszej części badania Hui Sun i Zhilin Li.: A – dla danych na poziomie ilościowym, B – dla kombinacji danych na poziomie ilościowym i jakościowym (2010)

Fig. 7. Results of the first part of Hui Sun's and Zhilin Li's research (2008): A – for data on the qualitative level, B – for a combination of data on the quantitative and qualitative level (2010)

W drugiej części badania porównano anamorfozy pięciu typów:

- kartodiagram anamorficzny „kafelkowy” (*non-contiguous cartogram*);
- mapę anamorficzną opracowaną za pomocą algorytmu Gastnera-Newmana (*diffusion contiguous cartogram*) (M.T. Gastner, M.E.J. Newman 2004);
- mapę anamorficzną opracowaną za pomocą algorytmu Dougenika-Chrismana-Niemeyera (*rubber sheet contiguous cartogram*) (J. Dougenik i inni 1985);
- kartodiagram anamorficzny Dorlinga (*Dorling cartogram*);
- zgeometryzowaną mapę anamorficzną (*pseudo-cartogram*).

Tak jak w pierwszym teście, opracowano mapy Chin i Stanów Zjednoczonych, wykorzystując te

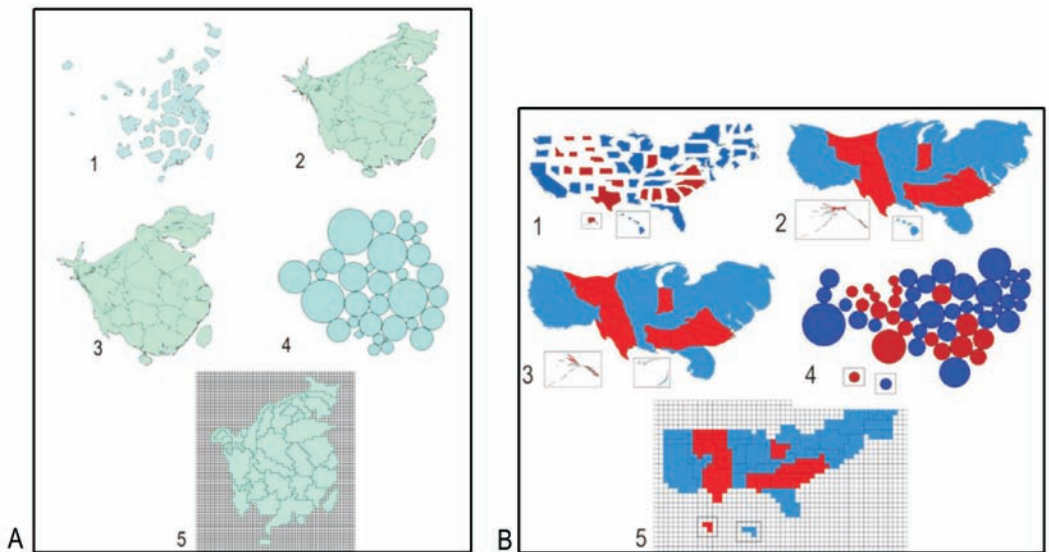
zostały zaprezentowane podczas Międzynarodowej Konferencji Kartograficznej w Paryżu przez I. Kaspara, S.I. Fabrikant i P. Freckmanna (2011). W badaniu sprawdzono użyteczność anamorfoz w porównaniu z tradycyjnymi metodami prezentacji kartograficznej – kartogramem i kartodiagramem kołowym skokowym (ryc. 9). Zostało ono przeprowadzone na grupie pięćdziesięciu studentów kartografii uniwersytetu w Karlsruhe. Średnia wieku respondentów wyniosła 24,2 lat; nikt nie miał problemów ze wzrokiem (słaba ostrość widzenia lub ślepotą barw). Badanie zostało przeprowadzone przez Internet na komputerach podłączonych do monitorów 19-calowych z rozdzielczością 1280 na 1024 pikseli. Dane wykorzystane do opracowania map dotyczyły obszaru nieznanego respondentom; dodatkowo za każdym razem mapy były przekręcane, aby

odbiorcy nie mogli „nauczyć się” rozkładu przestrzennego zjawiska na danej mapie. Wykorzystano dane na poziomie ilościowym – liczbę miejsc pracy oraz stopę bezrobocia. Mapy opracowano w programie ScapeToad<sup>1</sup>, w którym wykorzystywany jest algorytm Gastnera-Newmana. Podczas testów (wstępnego i właściwego) mierzone były dokładność i czas odpowiedzi na pytania.

Na początku przeprowadzony został wstępny test, w którym respondenci mieli dopasować jednostki podstawowe podpisane na mapie wzorcowej do odpowiednich jednostek na mapie

lub anamorfoza, na których trzeba było zlokalizować opisane jednostki (litery A, B, C). W przypadku mapy tradycyjnej dopasowanie wyniosło 100%, a anamorfozy – 96%. Następnie respondenci przechodzili do właściwego testu, w którym mapy były zróżnicowane pod trzema względami:

- typu mapy (mapa tradycyjna, czyli kartogram w połączeniu z kartodiagramem kołowym skokowym oraz anamorfoza);
- kształtu pól podstawowych (czy mapa wejściowa przed transformacją miała regularne, czy nieregularne jednostki podstawowe – ryc. 10);



Ryc. 8. Mapy wykorzystane w drugim teście Hui Sun i Zhilin Li (2008): A – dotyczące Chin, B – dotyczące Stanów Zjednoczonych

Fig. 8. Maps used in Hui Sun's and Zhilin Li's second test (2008): A – related to China, B – related to the United States

tradycyjnej lub anamorfozie. Na rycinie 9 pokazane zostały przykładowe mapy, które na tym etapie badania były prezentowane respondentom. W obu przypadkach po lewej stronie znajduje się mapa wzorcowca, czyli obszar o wydzielonych jednostkach przestrzennych (o zgeometryzowanych lub niezgeometryzowanych kształtach), z podpisanymi kilkoma jednostkami. Po prawej stronie znajduje się tradycyjnie wykonana mapa

– poziomu czytania map, a co się z tym wiąże – typu pytań (na poziomie szczegółowym i pośrednim pytania o jedną jednostkę lub grupę jednostek; na poziomie ogólnym – pytania o przestrzenne rozmieszczenie zjawiska).

Respondenci mieli odpowiedzieć na cztery pytania proste (poziom szczegółowy i pośredni czytania map) i trzy pytania złożone (poziom ogólny czytania mapy).

Na podstawie przeprowadzonego badania można zauważyć, że respondenci mieli większe problemy z analizą danych prezentowanych

<sup>1</sup> <http://scapetoad.choros.ch/>

na anamorfozach niż na mapach wykonanych tradycyjnymi metodami. Jest to szczególnie widoczne w odniesieniu do pytań o ogólne rozmieszczenie zjawiska. Zaskakującym wynikiem było to, że respondenci poprawnie odpowiadali na pytania dotyczące map o nieregularnych kształtach (ryc. 11). Taki wynik może być spowo-

hcemy otrzymać z mapy oraz poprawności opracowania legendy.

### 3. Podsumowanie

Poprawność czytania i interpretowania anamorfoz kartograficznych zależy zarówno od



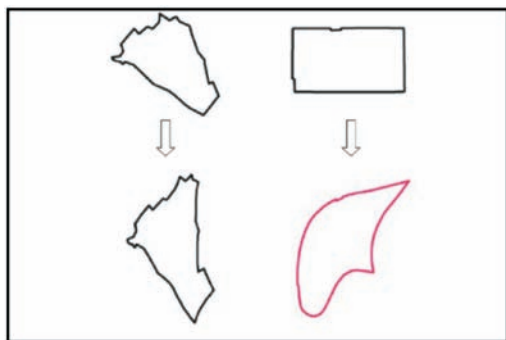
Ryc. 9. Przykłady map wykorzystywanych podczas badania, prezentujących udział osób bezrobotnych (I. Kaspar, S.I. Fabrikant i P. Freckmann 2011): A – kartogram z kartodiagramem kołowym skokowym, B – anamorfoza wykonana za pomocą algorytmu Gastnera-Newmana (2011)

Fig. 9. Examples of maps used during I. Kaspar's, S.I. Fabrikant's and P. Freckmann's research (2011): A – choropleth map with graduated circle diagram map, B – cartogram (Gastner-Newman algorithm, 2011)

dowany zastosowanym algorytmem oraz tym, że jednostki, które początkowo mają kształty regularne, po transformacji w małym stopniu przypominają wyjściowe jednostki (ryc. 10). Można zatem powiedzieć, że skuteczność i efektywność odbioru anamorfoz zależy od kształtu pól podstawowych przed i po transformacji, zastosowanego algorytmu, złożoności informacji, którą

umiejętności kartografa i tego jak opracuje on mapę, jak również od umiejętności odbiorcy (B. Dent 1975). Można wyróżnić kilka etapów, które musi pokonać kartograf, aby we właściwy sposób opracować anamorfozę:

- należy dobrać odpowiednie dane statystyczne (anamorfoza musi być dostosowana do tematu, który ma prezentować);



Ryc. 10. Transformacja regularnych i nieregularnych pól podstawowych (wykorzystanie programu Scape Toad i algorytmu Gastnera-Newmana)

Fig. 10. Transformation of regular and irregular basic units (usage of the Scape Toad program and Gastner-Newman algorithm)

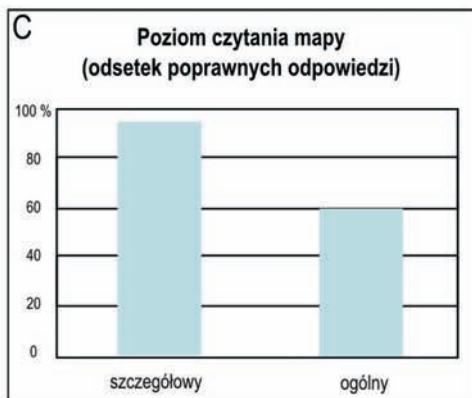
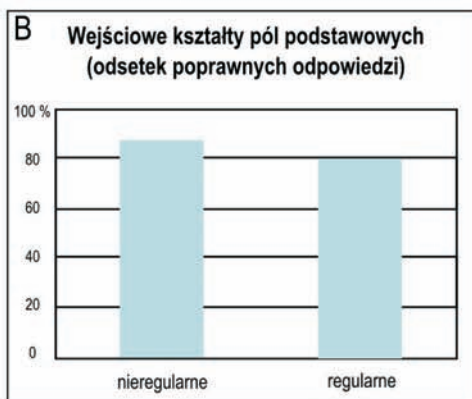
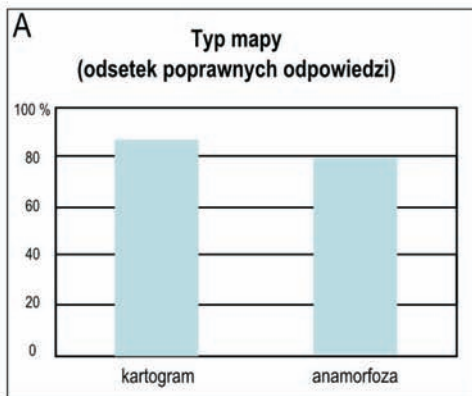
- należy dopasować kształty pól podstawowych anamorfozy do kształtów jednostek na mapie bazowej (np. do kształtu województw w Polsce);
- należy poprawnie opracować legendę;
- oprócz legendy warto zamieścić dodatkowe informacje, które ułatwią odczytywanie i interpretowanie informacji, np. nazwy jednostek statystycznych (województw, stanów, państw itp.).

Zanim odbiorca odczyta informację, którą kartograf miał zamiar przekazać za pomocą anamorfozy, musi on:

- zrozumieć cel mapy, a tym samym temat, który jest na niej prezentowany;
- rozpoznać poszczególne pola podstawowe – jednostki statystyczne;
- przypomnieć sobie mapę bazową, czyli przykładowo mapę Polski w podziale na województwa (jeżeli jednostkami statystycznymi są województwa);
- oszacować wartość w poszczególnych polach, wykorzystując do tego legendę;
- porównać przywołaną w pamięci mapę bazową (np. mapę Polski w podziale na województwa) z anamorfozą;
- odczytać informację, która jest przekazywana przez anamorfozę.

Wymienione wyżej etapy wskazują główne zagadnienia, które powinny być poruszone podczas badań z zakresu sprawdzania czytelności anamorfoz i skuteczności przekazu kartograficznego z wykorzystaniem prezentacji tego typu.

Po przeglądzie badań można zauważyć, że dotychczas najczęściej ich tematem jest porów-



Ryc. 11. Wyniki testu przeprowadzonego przez I. Kaspara, S.I. Fabrikant i P. Freckmanna: A – ze względu na typ mapy, B – ze względu na kształt pól podstawowych, C – ze względu na poziom czytania mapy

Fig. 11. of the test done by I. Kaspar, S.I. Fabrikant and P. Freckmann: A – with respect to the type of map, B – with respect to the shape of basic units, C – with respect to map reading level

nywanie anamorfoz z tradycyjnymi metodami prezentacji kartograficznej, głównie kartogramem i kartodiagramem lub kombinacją tych metod. Mniej znanymi zagadnieniami są:

- odbiór różnych typów anamorfoz powierzchni,
- wykorzystanie legendy w czytaniu i interpretowaniu anamorfoz,

• poprawność odbioru różnych typów anamorfoz w zależności od poziomu czytania mapy.

Wydaje się zatem, że dalsze badania z zakresu czytelności anamorfoz powierzchni są konieczne, zwłaszcza że coraz częściej wykorzystujemy anamorfozy do prezentacji danych statystycznych szczególnie w Internecie.

## Literatura

- Dent B.D., 1975, *Communication aspects of value-by-area cartograms*. „The American Cartographer” Vol. 2, no. 2, s. 154–168.
- Dobson M.W., 1974, *Refining legend values for proportional circle maps*. „The Canadian Cartographer” Vol. 11, no. 1, s. 45–53.
- Dougenik J., Nicholas A., Chrisman R., Niemeyer D., 1985, *An algorithm to construct continuous area*. „Professional Geographer” Vol. 37, no. 1, 75–81.
- Gastner M.T., Newman M.E.J., 2004, *Diffusion-based method for producing density-equalizing maps*. „Proceedings of the National Academy of Science” Vol. 101, s. 7499–7504.
- Griffin T.L.C., 1983, *Recognition of areal units on topogram cartograms*. „The American Cartographer” Vol. 10, no. 1, s. 17–29.
- Hui Sun, Zhilin Li, 2010, *Effectiveness of cartogram for representation of spatial data*. „The Cartogr. Journal” Vol. 47, no. 1, s. 12–21.
- Kaspar I., Fabrikant S.I., Freckmann P., 2010, *Empirical study of cartogram*, Proceedings of the 25th International Cartographic Conference, International Cartographic Association, Paris, CD.
- Montello D.R., 2002, *Cognitive map-design research in the twentieth century: theoretical and empirical approaches*. „Cartography and Geog. Inform. Science” Vol. 29, no. 3, s. 283–304.
- Ostrowski W., 1970, *Metakartografia – nowe spojrzenie na kartograficzną formę prezentacji*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 2, nr 2, s. 49–62.
- Ratajski L., 1978, *Główne cechy przekazu kartograficznego jako część kartografii teoretycznej*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 10, nr 3, s. 113–125.
- Ratajski L. 1989, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. Wydanie II, Warszawa – Wrocław: PPWK.
- Sui D.Z., Holt J.B., 2008, *Visualizing and analyzing public-health data using value-by-area cartograms: toward a new synthetic framework*. „Cartographica” Vol. 43, no. 1, s. 3–20.
- Szura R., 1989, *Metodyka konstruowania map anamorfozycznych*. Praca magisterska wykonana w Katedrze Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego.

## Readability of Value-by-Area Maps

### Summary

**Keywords:** value-by-area map, examination of map readability, cartographic presentation form

The article's aim is to clarify notions related to the problematic aspects of cartogram readability, especially those of value-by-area maps (area cartograms). The value-by-area map is a particular form of presenting data on a map, in which basic unit area is changed depending on phenomenon value. For example, if we present world population by country, the area of each country will be proportional to its population.

Cartograms are elaborated and used more and more often in various publications, especially on the Internet. This is a result of the development of GIS programs, which accelerate cartogram generation. Since such presentations appear more and more often, one should think about their perception – what do they convey, whether they are appropriately interpreted and what is viewers' attitude towards them.

The first research on cartographic readability was done by B. Dent (1975). The experiment consisted of three parts, which covered:

- assessment of phenomenon value in basic units through a singular field created in the legend; both the shape of basic units and the shape of range in the legend were important;
- comparisons of interpretation efficiency of cartograms and circle graduated diagram maps with Flanery's scaling;
- subjective cartogram evaluation, done by respondents on three levels: general reaction to a presented map, method of presentation on the map and map readability.

Research shows that contiguous regular cartograms with preserved spatial continuity are interpreted most efficiently. It is necessary to apply a legend in the form of a square unit with a relatively small phenomenon

value. The second test showed that the cartogram is equally efficiently interpreted as the circle graduated diagram map. According to recent research cartograms are an interesting and innovative but difficult to read method of conveying information.

Other research pertaining to cartogram readability and interpretation was done by:

- T.L.C. Griffin in 1983 – identifying areas on cartograms,

- D.Z. Sui and J.B. Holt in 2008 – map evaluation by respondents,

- Hui Sun and Zhilin Li in 2008 – comparison of cartograms with traditional methods of cartographic presentation and the comparison of usefulness of various types of cartograms,

- I. Kaspar, S.I. Fabrikant and P. Freckmann in 2011 – comparison of cartogram and circle diagram map together with choropleth map readability.

In the first experiment T.L.C. Griffin indicated that for a good orientation of areas presented on a cartogram, it is necessary to know the geographical position of these spatial units in relation to one another.

D.Z. Sui's and J.B. Holt's research referred to the third part of B. Dent's experiment and showed that respondents answer better to cartograms, if they know the main assumptions of their construction.

Comparing cartograms with traditional methods of cartographic presentation Hui Sun and Zhilin Li got results which cannot be surprising – the combination

of cartogram with color filling of basic fields on quantity level (as in choropleth mapping) was evaluated as less useful in presenting phenomena than a traditional map in the form of a choropleth map. If however the color filling indicated quality information only (candidate support in elections) respondents evaluated the cartogram very favorably. It can thus be stated that cartograms are a form, which well presents quantity information in connection with color filling of spatial units illustrating qualitative data. When comparing types of value-by-area contiguous cartograms respondents were of the opinion that the diffusion contiguous cartogram and the pseudo-cartogram are most useful in presenting population phenomena.

The last of the mentioned researches (I. Kaspar, S.I. Fabrikant and P. Freckmann 2011) shows that respondents had greater problems analyzing data presented in the form of a cartogram than on traditional maps. This was particularly visible in relation to questions on the general distribution of a phenomenon.

It can thus be said that the efficiency of cartogram reception depends on the shape of basic units before and after transformation, applied algorithm, complexity of information which we want to attain from the map and the appropriateness of legend. Readability and interpretation of cartograms depends on the skills of both the cartographer and the addressee (B. Dent 1975).

*Translated by M. Horodyski*