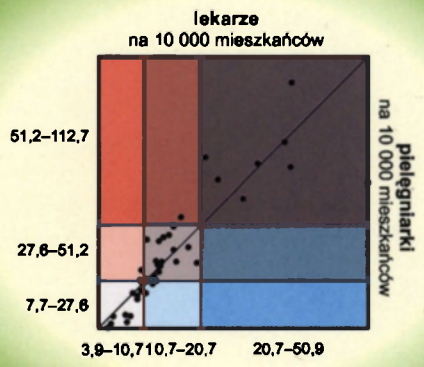
POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
im. Stanisława Leszczyckiego

Anna Maria Leonowicz

KARTOGRAM JAKO FORMA PREZENTACJI ZALEŻNOŚCI ZJAWISK GEOGRAFICZNYCH



PAN
IGiPZ
Warszawa 2006

187. Kulikowski R., *Syntetyczne metody badań produktywności i towarowości rolnictwa*, 2003, s. 152, 42 il.
188. Błażejczyk K., Krawczyk B., Kuchcik M. (red.), *Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych*, 2003, s. 316, 93 il., 37 tab.
189. Kotarba A. (red.), *Holocene and late vistulian paleogeography and paleohydrology*, 2003, s. 298, 94 il., 3 tab., 9 fot.
190. Komorniki T., *Przestrzenne zróżnicowanie międzynarodowych powiązań społeczno-gospodarczych w Polsce*, 2003, s. 256, 90 il., 11 tab., 3 zał.
191. Starkel L., Singh S. (red.), *Rainfall, runoff and soil erosion in the globally extreme humid area, Cherrapunji Region, India*, 2004, s. 116, 30 il., 16 tab., 12 fot.
192. Błażejczyk K., *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, 2004, s. 292, 106 il., 53 tab., 2 zał.
193. Gębica P., *Przebieg akumulacji rzecznej w górnym vistulianie w Kotlinie Sandomierskiej*, 2004, s. 230, 39 il., 4 tab., 8 fot.
194. Lamparski P., *Formy i osady czwartorzędowe w świetle badań georadarowych*, 2004, s. 116, 62 il., 10 tab.
195. Więckowski M., *Przyrodnicze uwarunkowania kształtowania się polsko-słowackich więzi transgranicznych*, 2004, s. 232, 42 il., 39 tab.
196. Śleszyński P., *Kształtowanie się zachodniej części centrum Warszawy*, 2004, s. 332 +1 zał., 72 ił., 63 tab.
197. Kotarba A. (red.), *Rola małej epoki lodowej w przekształcaniu środowiska przyrodniczego Tatr*, 2004, s. 116, 33 il., 3 tab., 9 fot.
198. Korcelli-Olejniczak E., *Funkcje metropolitalne Berlina i Warszawy w latach 1990–2002. Współzależność pozycji w systemie miast Europy Środkowej*, 2004, s. 226, 11 il., 28 tab.
199. Roo-Zielińska E., *Fitoindykacja jako narzędzie oceny środowiska fizyczno-geograficznego. Podstawy teoretyczne i analiza porównawcza stosowanych metod*, 2004, s. 258, 65 il., 67 tab.
200. Mirosław Błaszkiewicz, Piotr Gierszewski (red.), *Rekonstrukcja i prognoza zmian środowiska przyrodniczego w badaniach geograficznych*, 2005, s. 395 + 6, 100 il., 21 tab., 32 fot.
201. Mirosław Błaszkiewicz, *Późnoglacjalna i wczesnoholoceńska ewolucja obniżeń jeziornych na pojezierzu Kociewskim (wschodnia część Pomorza)*, 2005, s. 192, 29 il., 2 tab., 18 fot.
202. Alina Potrykowska (red.), *Population and the environment*, 2005, s. 245, 23 il., 45 tab.
203. Wioletta Kamińska, *Pozarolnicza indywidualna działalność gospodarcza w Polsce w latach 1988–2003*, 2006, s. 236, 45 il., 43 tab.
204. Tomasz Kalicki, *Zapis zmian klimatu oraz działalności człowieka i ich rola w holoceńskiej ewolucji dolin środkowoeuropejskich*, 2006, s. 348, 82 il., 10 fot.
205. Halina Grobelska, *Ewolucja strefy brzegowej zbiornika pakoskiego (Pojezierze Gnieźnieńskie)*, 2006, s. 122 + 23 wkl., 26 il., 12 tab., 33 fot.

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 206

GEOGRAPHICAL STUDIES

No. 206

CHOROPLETH MAPS AS A METHOD OF REPRESENTING GEOGRAPHICAL RELATIONSHIP

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 206

Anna Maria Leonowicz

KARTOGRAM JAKO FORMA PREZENTACJI ZALEŻNOŚCI ZJAWISK GEOGRAFICZNYCH

WARSZAWA 2006

ADRES REDAKCJI:

Dział Wydawnictw IGiPZ PAN
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
e-mail: e.janko@twarda.pan.pl

Opracowanie redakcyjne i techniczne: Ewa Jankowska

PL ISSN 0373-6547
ISBN 83-87954-81-0

Łamanie wykonano w Dziale Wydawnictw IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
Druk: Drukarnia KLIMIUK, ul. Foksal 11, 00-372 Warszawa; e-mail: drukarnia@klimiuk.com.pl

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP ... 7

2. WIZUALIZACJA KARTOGRAFICZNA A BADANIE ZALEŻNOŚCI ZJAWISK ... 9
2.1. Wizualizacja kartograficzna w badaniach przestrzennych ... 9
2.2. Zależność a współwystępowanie zjawisk ... 12

3. PORÓWNYWALNOŚĆ KARTOGRAMÓW PROSTYCH ... 15
3.1. Pole odniesienia ... 17
3.2. Liczba klas ... 17
3.3. Sposoby wyznaczania klas ... 18
3.3.1. Poglądy na sposób wyznaczenia porównywalnych klas wartości ... 19
3.4. Podsumowanie ... 31

4. KARTOGRAM ZŁOŻONY ... 33
4.1. Dane ... 34
4.1.1. Relacje między zmiennymi ... 35
4.1.2. Siła związku zjawisk ... 37
4.2. Liczba klas ... 38
4.3. Sposoby wyznaczania klas ... 39
4.4. Opracowanie graficzne ... 47
4.5. Legenda ... 57
4.6. Przykłady zastosowania i interpretacji kartogramu złożonego ... 57
4.6.1. Wielkość korelacji ... 58
4.6.2. Korelacja ujemna ... 60
4.6.3. Zależność krzywoliniowa ... 64
4.6.4. Skośne rozkłady wartości ... 65
4.7. Zalety i ograniczenia metody kartogramu złożonego ... 68

5. PERCEPCJA KARTOGRAMU JAKO FORMY PREZENTACJI ZALEŻNOŚCI ZJAWISK ... 71
5.1. Badania psychologiczne w kartografii ... 71
5.2. Pojęcie efektywności i czytelności mapy ... 76
5.3. Eksperymentalne badania kartogramów ... 79
5.3.1. Wizualne porównywanie kartogramów prostych ... 79
5.3.2. Percepcja kartogramu złożonego ... 89

6. BADANIA EKSPERYMENTALNE: KARTOGRAM PROSTY A KARTOGRAM ZŁOŻONY ... 99
6.1. Określenie problemu badawczego ... 99
6.2. Procedura i metoda badawcza ... 100
6.3. Hipotezy i zmienne ... 102
6.4. Respondenci ... 108

6.5. Plan eksperymentu ... 109
6.6. Kwestionariusz badawczy ... 110
6.7. Badania pilotażowe ... 120
6.8. Przebieg eksperymentu ... 121
6.9. Wyniki badań ... 123
6.9.1. Wyniki zadań testowych ... 123
6.9.2. Wyniki ankiety dotyczącej map ... 152
6.10. Dyskusja ... 168
6.11. Wnioski z badań eksperymentalnych ... 176

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI ... 179

LITERATURA ... 181

CHOROPLETH MAPS AS A METHOD OF REPRESENTING GEOGRAPHICAL RELATIONSHIP – *Summary* ... 187

Załącznik 1. Kwestionariusz do badań eksperymentalnych, kartogram prosty. ... 191
Załącznik 2. Kwestionariusz do badań eksperymentalnych, kartogram złożony .. 200
Załącznik 3. Rozwiązanie zadań testowych, kartogram prosty ... 209
Załącznik 4. Rozwiązanie zadań testowych, kartogram złożony ... 210
Załącznik 5. Wyniki zadań testowych ... 211
Załącznik 6. Wyniki ankiety ... 212

1. WSTĘP

We współczesnej kartografii, w której dokonują się istotne przemiany związane z rozwojem technologii komputerowej, badania z zakresu metodyki kartograficznej – ważnego działu kartografii, zajmującego się badaniem i opisem reguł rządzących graficzną prezentacją danych – nie straciły na aktualności. Ponieważ mapy, zwłaszcza statystyczne, opracowuje się dziś dużo szybciej i łatwiej, znajdują one częściej niż dawniej zastosowanie w badaniach przestrzennych – w procesie analizy danych. Potrzebne jest więc dobre poznanie i opisanie zasad prezentacji kartograficznej, stosowanie dobrych rozwiązań metodycznych jest bowiem warunkiem poprawnej interpretacji przedstawianych zjawisk.

Kartografowie i geografowie, a także przedstawiciele innych dyscyplin zajmujących się informacją o charakterze przestrzennym, często spotykają się z problemem, w jaki sposób przedstawiać na mapie dane statystyczne, charakteryzujące określony obszar geograficzny, aby uwidocznić nie tylko elementarną informację o rozmieszczeniu pojedynczych zjawisk, ale również, aby możliwe było interpretowanie wzajemnych relacji między występującymi tam zjawiskami. Badania z zakresu metodyki kartograficznej rzadko koncentrowały się na poznaniu możliwości poszczególnych form prezentacji w zakresie przedstawiania zależności zjawisk. Dlatego też w praktyce, aby opracować mapy, które umożliwiałyby interpretację zależności, trzeba często kierować się w większym stopniu intuicją niż posiadaną wiedzą.

Niniejsza praca podejmuje powyższą problematykę w odniesieniu do jednej z najczęściej stosowanych w praktyce form prezentacji kartograficznych – kartogramu. Możliwości wykorzystania tej metody do przedstawiania zależności od lat budziły wśród kartografów wiele wątpliwości, a przeprowadzone badania nie dały jednoznacznej odpowiedzi na pojawiające się pytania. W tym opracowaniu zwrócono uwagę na dwa możliwe podejścia do sygnalizowanej problematyki, które wiążą się z wykorzystaniem dwóch odmian kartogramu. W pierwszej kolejności skoncentrowano się na kartogramach prostych, a zwłaszcza na pytaniu o sposoby opracowywania tzw. kartogramów porównywalnych, osiągnięcie dobrej porównywalności warunkuje bowiem możliwość poprawnej interpretacji zależności zjawisk. Dalsze rozważania poświęcono bardziej syntetycznej formie prezentacji, jaką jest kartogram złożony, pozwalający łączyć informację o różnych zjawiskach na jednej mapie.

Każde z powyższych rozwiązań metodycznych ma swoje ograniczenia. Redagowanie kartogramów porównywalnych nie jest zadaniem łatwym i nie zawsze możliwe jest osiągnięcie ich pełnej porównywalności; z kolei opracowania o charakterze syntetycznym, takie jak kartogram złożony, często uznawane są za trudne do interpretacji, zwłaszcza dla użytkowników o słabszej znajomości problematyki geograficznej i kartograficznych form prezentacji. Praca ta jest próbą wskazania, jakie są możliwości i ograniczenia obu tych rodzajów kartogramu w zakresie prezentacji zależności zjawisk, a także jaki jest możliwy zakres zastosowania każdej z tych metod.

Powyższe cele realizowane zostały dwoma drogami. W teoretycznej części pracy omówiono zagadnienia metodyczne związane z prezentacją zależności zjawisk za pomocą kartogramów prostych i złożonych. Poprzez studium literatury kartograficznej oraz na podstawie własnej analizy metody, określono możliwości i ograniczenia obu form prezentacji (rozdz. 3, 4 i 5). W empirycznej części pracy (rozdz. 6) zweryfikowano słuszność przypuszczeń autorki na drodze eksperymentu, przeprowadzonego z udziałem potencjalnych użytkowników map.

2. WIZUALIZACJA KARTOGRAFICZNA A BADANIE ZALEŻNOŚCI ZJAWISK

Wykrywanie wzajemnych powiązań zjawisk stanowi ważny etap poznawania zależności przestrzennych, jest często kluczem do zrozumienia procesów zachodzących w środowisku geograficznym. Analizy ilościowe, wykorzystujące metody statystyczne, pozwalają na ścisłe opisanie zależności; prezentacje graficzne – mapy i wykresy – mogą być podstawą oceny wizualnej, która nie posiada tak ścisłego charakteru. Mapy pozwalają jednak na uwidocznienie zmienności przestrzennej (również w przypadku zależności), co decyduje o tym, że odgrywają ważną rolę w badaniach zjawisk geograficznych, które zazwyczaj mają charakter przestrzenny.

2.1. WIZUALIZACJA KARTOGRAFICZNA W BADANIACH PRZESTRZENNYCH

W latach 90., wraz z rozwojem i upowszechnianiem się technologii komputerowej w kartografii, pojawił się nowy kierunek badań, nazywany wizualizacją kartograficzną, który zajmuje się wykorzystaniem technologii komputerowej do analizy i prezentacji danych (MacEachren 1994). Wizualizację uznaje się za jedną z metod znacznie szerszego procesu, jakim jest poznawcza analiza danych przestrzennych. Ma ona na celu odkrywanie prawidłowości w zbiorach danych o charakterze przestrzennym i odnajdywanie w nich informacji ważnych z punktu widzenia badanego zagadnienia.

Samo pojęcie wizualizacji obejmuje nie tylko prezentację kartograficzną, ale również inne formy grafiki, animacje, tekst, dźwięk. Termin ten rozumiany jest jako „*zastosowanie technologii komputerowej do tworzenia prezentacji wizualnych, których celem jest ułatwianie rozumowania i rozwiązywania problemów*" (Kraak, Ormeling 1998). Zdaniem A.M. MacEachrena i M.-J. Kraaka (2001) celem wizualizacji jest poszukiwanie prawidłowości w dotychczas niezbadanym zbiorze danych, a jej efektem jest dochodzenie do pytań i hipotez. O znaczeniu problematyki wizualizacji we współczesnej kartografii świadczy fakt powołania Komisji Wizualizacji (*Commission on Visualization and Virtual Environment*) w ramach Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej.

Traktowanie map jako narzędzia wizualizacji znacznie rozszerza tradycyjne sposoby ich użytkowania. Przez długie lata mapy postrzegane były jako

forma przekazu informacji, która wykorzystywana była do przedstawienia zagadnień znanych wąskiemu gronu autorów, np. wyników badań geograficznych, i do udostępniania ich szerokiemu gronu odbiorców. Tak wykorzystywane mapy były więc końcowym efektem badań. Nowe możliwości w zakresie sprzętu i oprogramowania sprawiły, że mapy mogą być powszechnie wykorzystywane w samym procesie analizowania danych. Jest to możliwe, ponieważ ich opracowanie stało się znacznie szybsze i łatwiejsze – może je wykonać każdy użytkownik programu GIS, nie tylko kartograf, a czas opracowywania nie jest dłuższy niż kilka minut, jeżeli tylko posiada się odpowiedni podkład i tabelę danych statystycznych. To, co odróżnia wizualizację od tradycyjnie pojmowanej prezentacji kartograficznej, A.M. MacEachren (1994) ujmuje w trzech punktach:

- opracowywanie mapy tylko na własne potrzeby użytkownika,
- poszukiwanie nieznanych dotychczas prawidłowości w analizowanym zbiorze danych,
- możliwość ingerowania odbiorcy w sposób opracowania mapy.

Zdaniem W. Żyszkowskiej (2000) koncepcji wizualizacji nie należy traktować jako opozycji do wcześniejszych teorii, ale jako rozwinięcie idei funkcjonujących od wielu lat w kartografii.

Mapa, jako forma przedstawiania danych o charakterze przestrzennym, wydaje się narzędziem niezastąpionym w trakcie ich analizowania. Uwidocznienie danych na mapie pozwala dostrzegać prawidłowości rozmieszczenia zjawisk i umożliwia rozpoznanie ich przestrzennych powiązań; w ten sposób pomaga ona w zrozumieniu i tłumaczeniu procesów zachodzących w środowisku geograficznym. Wizualizacja danych może być szczególnie pomocna w przypadku badania dużych i różnorodnych zasobów danych, konieczności przeprowadzenia szybkiej analizy, a także badań złożonych procesów. Wizualna analiza map i innych prezentacji graficznych jest w tym przypadku skutecznym sposobem na wyszukanie prawidłowości w nieuporządkowanym jeszcze zbiorze informacji (MacEachren, Kraak 2001).

Wykorzystanie mapy jako narzędzia wizualizacji nie jest ograniczone tylko do badań naukowych i specjalistycznych analiz. Mapy w postaci elektronicznej docierają również do przeciętnego odbiorcy – przykładem są kartograficzne zasoby Internetu i atlasy elektroniczne, dzięki którym użytkownik może opracowywać własne mapy, dowolnie je modyfikować i porównywać. W ten sposób kształtuje własne pojęcie o świecie.

W związku z upowszechnieniem się technologii komputerowych i szerszym wykorzystaniem narzędzi graficznych (w tym również map) do analizy danych, wciąż aktualna jest potrzeba podejmowania badań z zakresu metod

prezentacji kartograficznej, które w środowisku komputerowym znajdują szerokie zastosowanie. Konieczne jest poznawanie właściwości nowych form prezentacji, takich jak animacje i przedstawienia trójwymiarowe; potrzebne jest również spojrzenie na znane formy prezentacji z punktu widzenia możliwości ich wykorzystania w procesie analizy danych. Takim zagadnieniem, na które z tej perspektywy warto zwrócić uwagę, są możliwości wykorzystania metod kartograficznych w procesie analizy zależności zjawisk. Jak już wspomniano, poszukiwanie zależności jest jednym z podstawowych sposobów analizowania danych, a narzędzia graficzne, zwłaszcza mapy, mogą być pomocne w tym procesie.

Metodą często stosowaną przez geografów i innych specjalistów zajmujących się informacją przestrzenną jest kartogram. Popularność tej formy prezentacji wynika zapewne z łatwości wykonania map, zwłaszcza przy wykorzystaniu oprogramowania komputerowego. Wykorzystanie kartogramu do przedstawiania i analizowania zależności zjawisk nie jest problematyką nową w badaniach z zakresu metodyki kartograficznej. Obecnie, w związku z rozwojem technologii komputerowej, znacznie szersze są jednak możliwości wykorzystania zarówno samej formy prezentacji, jak i efektów badań. Metody kartograficzne powszechnie wykorzystywane są w systemach informacji geograficznej, z których często korzystają osoby nie zawsze posiadające odpowiednią wiedzę z zakresu kartografii. Dokładne poznanie i opisanie reguł rządzących prezentacją kartograficzną jest więc potrzebne, chociażby po to, aby je wykorzystywać w trakcie opracowywania komputerowych narzędzi służących do pracy z danymi (Kraak 1998).

Podejmując problematykę przedstawiania zależności zjawisk na kartogramie, w pierwszej kolejności wzięto pod uwagę kartogramy proste. Jest to przykład typowo analitycznej formy prezentacji, która pozwala na pokazanie elementarnej informacji o rozmieszczeniu pojedynczych zjawisk. Mapy te można łatwo opracować w każdym programie GIS, co zapewne decyduje o ich częstym wykorzystywaniu. Mimo, że metoda ta jest dość dobrze poznana, niewiele wiadomo o tym, jak opracowywać kartogramy będące źródłem informacji o zależności zjawisk.

Nieskomplikowane mapy, przedstawiające rozmieszczenie pojedynczych zjawisk geograficznych, nie zawsze są narzędziem wystarczającym do analizy danych. Badanie zależności zjawisk wymaga porównywania ich ze sobą, poszukiwania związków między nimi, często więc potrzebne są prezentacje bardziej syntetyczne. Wydaje się, że dobrym narzędziem takich analiz może być kartogram złożony. Znane są już pojedyncze przykłady wykorzystania tej metody w oprogramowaniu służącym do kartograficznej analizy danych. Takim eksperymentalnym opracowaniem, znanym z literatury, jest animacja przy-

gotowana przez M.S. Monmoniera (1992), która w sekwencji obrazów, składających się z map (kartogramów prostych i złożonych), wykresów korelacyjnych i tekstu, pokazuje, w jaki sposób można przeprowadzić analizę zależności dwóch zjawisk geograficznych. Przykład ten uzmysławia, że kartogram złożony połączony z wykresem korelacyjnym może być sprawnym narzędziem analizy zależności. Podobne rozwiązanie wykorzystane zostało również w użytkowym programie CommonGIS (Andrienko, Andrienko 1999), które wykorzystywano w trakcie prowadzonych badań. Mimo tych pojedynczych ciekawych przykładów zastosowania kartogramu złożonego nie należy on do często wykorzystywanych form prezentacji. Można mieć tylko nadzieję, że lepsze poznanie jego właściwości skłoni kartografów i geografów do jego częstszego stosowania w praktyce.

W niniejszej pracy porównano oba wymienione powyżej rodzaje kartogramu; celem podjętych badań nie było jednak poszukiwanie optymalnej formy prezentacji zależności. Zgodnie z koncepcją wizualizacji kartograficznej, ważniejsza niż opracowanie optymalnej mapy jest możliwość analizy wielu obrazów, które pozwalają spojrzeć z różnych stron na badane zagadnienie (MacEachren, Monmonier 1992). Podjęto więc próbę porównania właściwości obu rozpatrywanych metod i określenia zakresu ich zastosowania; szukano odpowiedzi na pytanie o to, jaką informację można uzyskać na podstawie każdej z tych form prezentacji.

Dwie uwzględnione odmiany kartogramu na pewno nie wyczerpują wszystkich możliwości przedstawiania informacji o zależności zjawisk za pomocą tej metody prezentacji. Nie było to celem przeprowadzonych badań. Możnaby wymienić jeszcze kilka innych sposobów przedstawiania zależności, które wiążą się jednak z nieco inną problematyką, niż podjęta w tej pracy. Może to być na przykład wykorzystanie trójkąta Ossanna w legendzie kartogramu; zasadom redakcji i możliwościom poprawnej interpretacji takich map należałoby poświęcić osobne badania. W pracy tej jedynie wspomina się o mapach odchyleń od regresji. Celowo nie podejmowano problematyki przedstawiania na kartogramie większej liczby cech, wiążącej się z zagadnieniem wydzielania typów. Opracowanie takich map wymaga raczej specjalistycznej znajomości przedstawianych zjawisk, mniejsze znaczenie ma zaś problematyka prezentacji kartograficznej.

2.2. ZAŁEŻNOŚĆ A WSPÓŁWYSTĘPOWANIE ZJAWISK

Wykorzystanie map jako narzędzia wizualizacji wiąże się z najczęstszym sposobem ich użytkowania – analizą wizualną. Obserwacja mapy może być także sposobem wykrywania powiązań między zjawiskami. Oglądając mapy

można stwierdzić, czy duże (lub małe) natężenie zjawisk występuje na tych samych obszarach, albo czy obszary o dużej (lub małej) intensywności porównywanych zjawisk pokrywają się tylko częściowo lub nie pokrywają się wcale. Taka analiza mapy może być podstawą do wskazania czynników powiązanych z badanym zjawiskiem, można również zorientować się w przestrzennym zróżnicowaniu badanych zależności.

U podstaw wizualnej analizy zależności na mapach z zasady leży założenie, że podobieństwo w przestrzennym rozmieszczeniu zjawisk świadczy o powiązaniu zjawisk. Podobieństwo rozmieszczenia można inaczej określić jako współwystępowanie zjawisk. Zakłada się, że im większe podobieństwo rozmieszczenia, tym większy jest stopień zależności zjawisk. Analiza rozmieszczenia zjawisk nie może być jednak nigdy podstawą do stwierdzenia zależności przyczynowej. Związki przyczynowo-skutkowe można stwierdzić tylko na podstawie merytorycznej znajomości badanej problematyki. O znaczeniu prezentacji kartograficznej w procesie analizy zależności decyduje jednak fakt, że nie może istnieć zależność zjawisk, jeżeli nie stwierdza się podobieństwa w ich przestrzennym rozmieszczeniu (Berlant 1973).

Podobne ograniczenia mają również statystyczne analizy zależności. Metodą badania siły związku jest analiza korelacji; jest ona sposobem ilościowej charakterystyki współzmienności, a więc również przestrzennego współwystępowania dwóch (lub większej liczby) zjawisk (Parysek, Wojtasiewicz 1979). Stopień zależności dwóch zjawisk określa się w statystyce za pomocą współczynnika korelacji, którego wartość wskazuje na to, w jakim stopniu zmianie jednego zjawiska towarzyszy zmiana drugiego zjawiska (Guilford 1964). Silna zależność statystyczna, która wyraża się w podobieństwie rozmieszczenia zjawisk, nie świadczy jednak o istnieniu zależności przyczynowej, między zjawiskami mogą bowiem istnieć różnego rodzaju relacje:

- zmienność jednej zmiennej może być spowodowana bezpośrednio przez jedną lub kilka innych zmiennych;
- zmienne mogą być powiązanie dwustronnie, co oznacza, że każda ze zmiennych oddziałuje na każdą;
- na zmienne może oddziaływać wspólna przyczyna zewnętrzna;
- zmienne mogą być powiązane ze sobą za pośrednictwem jednej lub kilku innych zmiennych pośrednich (tworzą łańcuch przyczynowy);
- współzmienność może być również dziełem przypadku (Racine, Reymond 1977; Norcliffe 1986).

W niniejszej pracy pod pojęciem zależności zjawisk rozumiane jest ich współwystępowanie, tylko taką relację można bowiem stwierdzić na podstawie wizualnej analizy map.

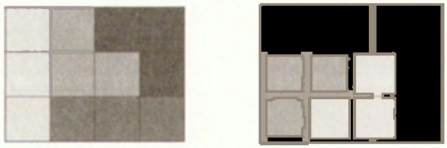
3. PORÓWNYWALNOŚĆ KARTOGRAMÓW PROSTYCH

Kartogram jest formą prezentacji danych statystycznych powszechnie stosowaną przez kartografów, geografów i statystyków. Zarówno w opracowaniach naukowych jak i popularnych najczęściej wykorzystywana jest najprostsza odmiana tej metody, która pozwala na przedstawienie na mapie, w obrębie pól odniesienia, wartości jednego zjawiska. Nazywana jest ona kartogramem prostym (Ratajski 1989). Przedstawienie informacji o podobieństwach, różnicach lub zależnościach zjawisk możliwe jest jedynie wtedy, gdy opracowany zostanie zbiór kartogramów prostych. Ich porównywanie, najczęściej wizualne, może być dopiero źródłem informacji o zależnościach.

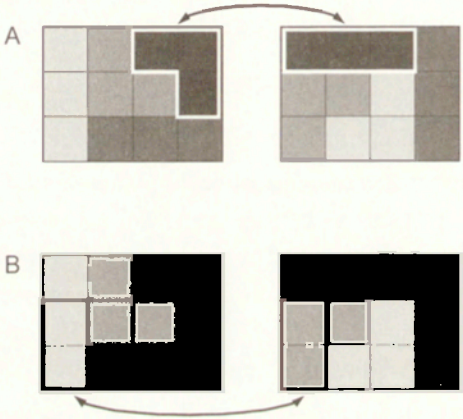
Podręczniki kartografii oraz liczne artykuły poświęcone tej formie prezentacji określają zasady, którymi należy się kierować, aby opracować poprawny kartogram. Jest to jedna z lepiej poznanych metod. Mimo to w literaturze kartograficznej niewiele miejsca poświęcono zagadnieniom związanym z opracowaniem łącznie funkcjonujących zbiorów kartogramów prostych. Warto zastanowić się, na czym polega i od czego zależy ich porównywalność.

Wśród głównych zagadnień metodycznych kartogramu wymieniane są z zasady: charakter danych statystycznych, problematyka pól odniesienia, wyznaczanie klas, aspekty graficzne oraz konstrukcja legendy (Pasławski 1992). Dla porównywalności kartogramów podstawowe znaczenie ma przyjęcie odpowiedniego podziału przestrzennego oraz sposób dzielenia wartości zbioru statystycznego. Wynika to z procesu czytania i porównywania tych map, który opiera się na dwóch elementach: polu odniesienia i klasie wartości. Można przeanalizować to na prostym przykładzie zilustrowanym na rycinie 1. Widoczne tu dwa kartogramy, przedstawiające rozmieszczenie dwóch różnych zjawisk geograficznych na tym samym obszarze, zostały wykonane w takim samym podziale przestrzennym. Proces czytania tych map polega na porównywaniu rozmieszczenia intensywności przedstawionych zjawisk. W przypadku kartogramów odpowiada to porównywaniu położenia odpowiednich stopni szarości, które zostały nadane poszczególnym jednostkom przyjętego podziału przestrzennego.

Można wyobrazić sobie, że omawiany proces rozpoczyna się od wyboru jednej z klas wartości i porównania jej położenia na obu mapach (ryc. 2A). Inną możliwością jest wybór jednej lub kilku jednostek odniesienia o tym sa-



Ryc. 1. Schemat dwóch kartogramów
Schematic diagram of two choropleth maps



Ryc. 2. Schemat porównywania dwóch kartogramów, wg: A – położenia jednej z klas wartości, B – wartości przypisanych jednostkom o tym samym położeniu na mapie
The process of choropleth maps comparison based on: A – the location of units belonging to the same class, B – values of units located in the same place

mym położeniu na obu mapach i porównanie przypisanych im wartości (stopni szarości) (Dąbrowski 1980) (ryc. 2B).

Aby możliwe było poprawne porównywanie kartogramów, układ pól odniesienia, liczba klas oraz metoda ich wyznaczenia na obu mapach nie mogą być przypadkowe. Warto ponadto dodać, że porównywanie kartogramów ułatwiają również zbliżona skala metryczna i identyczna treść uzupełniająca.

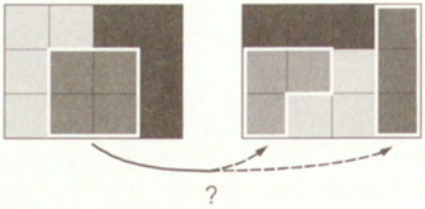
3.1. POLE ODNIESIENIA

Pierwszym warunkiem, który powinny spełniać kartogramy, aby możliwe było ich poprawne porównywanie, jest jednakowy układ pól odniesienia na obu mapach (Pasławski 1982, 1986). Oznacza to, że pola powinny mieć jednakową wielkość oraz kształt. Zachowanie tej samej wielkości pól związane jest z przyjęciem jednakowego poziomu agregacji danych, a więc podobnej szczegółowości map. Jest to czynnik warunkujący ich porównywanie. Nieporównywalne będą, na przykład, kartogramy wykonane w podziale administracyjnym różnego rzędu. Zmiana poziomu agregacji danych wpływa na obraz przestrzennego zróżnicowania zjawisk (im mniejsze jednostki podziału, tym obraz ten jest bardziej zróżnicowany). Przyjęcie większych jednostek odniesienia prowadzi do uogólnienia treści mapy i uśrednienia wartości zjawisk (zmniejsza się rozpiętość przedstawianych danych). Wnioski formułowane na podstawie danych odniesionych do jednostek przestrzennych są więc słuszne tylko dla określonego poziomu agregacji przestrzennej. Dlatego porównywanie map, na których zastosowano różną wielkość pól odniesienia, może prowadzić do błędnej interpretacji zależności przedstawionych zjawisk.

Identyczny kształt jednostek pozwala na łatwe ich identyfikowanie na różnych mapach i umożliwia odnoszenie do siebie treści takich map. Z tego względu ważne jest umieszczenie na mapie wszystkich granic jednostek odniesienia. Należy zauważyć, że o ile jednakowa wielkość pól odniesienia jest czynnikiem warunkującym możliwość porównywania, o tyle przyjęcie jednakowych granic jednostek ułatwia ten proces, lecz nie stanowi koniecznego warunku. Mapy o różnych kształtach jednostek odniesienia, lecz o zbliżonej ich wielkości (np. mapy o różnych podziałach administracyjnych tego samego rzędu) są porównywalne, choć ich interpretacja jest znacznie utrudniona. Tego typu rozwiązania spotyka się jednak w praktyce kartograficznej.

3.2. LICZBA KLAS

Przyjęcie drugiego warunku optymalnej porównywalności kartogramów – jednakowej liczby klas (Evans 1977; Pasławski 1982, 1986; Cromley 1995) – związane jest z porównywalnością skal wartości. Jednakowa liczba klas ułatwia proces porównywania, który może zostać sprowadzony do porównywania położenia jednostek przestrzennych należących do odpowiadających sobie na różnych mapach przedziałów (ryc. 2A). W przypadku kartogramów o różnej liczbie klas jest to zadanie trudniejsze (ryc. 3). Przykład klas środkowych (ryc. 3) wskazuje na to, że nie jest jednoznaczne, które pola należy ze sobą porównywać. Uzasadnieniem dla przyjęcia tej samej liczby przedziałów



Ryc. 3. Schemat porównywania kartogramów o różnej liczbie klas
Comparison diagram for choropleth maps with different number of classes

na porównywanych mapach jest również dążenie do zachowania jednakowego poziomu generalizacji, który w przypadku kartogramu można identyfikować z liczbą klas (Jenks 1963).

Podobnie jak w przypadku jednakowych granic pól odniesienia, również jednakowa liczba klas kartogramu ułatwia proces porównywania, lecz nie jest koniecznym warunkiem.

3.3. SPOSOBY WYZNACZANIA KLAS

Znacznie więcej problemów stwarza wyznaczenie granic klas kartogramów przy założeniu ich porównywalności. Niezależny podział każdego zbioru wartości nie zapewnia porównywalności otrzymanych map. Jasne wydaje się zalecenie, że metoda podziału dla wszystkich zbiorów wartości powinna być wspólna (Pasławski 1982, 1986). Trudniej jest określić, jaka metoda byłaby w tym przypadku odpowiednia. Istotą problemu jest takie wyznaczenie granic klas, aby wartości zbioru statystycznego były przedstawione poprawnie na wybranej mapie i jednocześnie możliwe było ich poprawne porównywanie. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że nie jest możliwe jednoczesne wyznaczenie przedziałów ułatwiajacych porównywanie kartogramów oraz optymalizacja podziału wartości dla każdego z nich. Metody optymalizacyjne uwzględniają bowiem indywidualne cechy zbiorów statystycznych (Evans 1977; Coulson 1987).

Nie znaleziono, jak dotychczas, jednoznacznego rozwiązania pozwalającego wyznaczenie takich zasad podziału, które zapewniłyby porównywalność otrzymanych map. Jeżeli porównywanie kartogramów polega na porównaniu odpowiadających sobie na różnych mapach klas tak (ryc. 2), to podziału danych statystycznych należy dokonać tak, aby możliwe było porównywanie wartości zjawisk zgrupowanych w poszczególnych klasach kartogramów. Nie jest to zadanie łatwe, biorąc pod uwagę, że przedstawiane dane niosą ze sobą różną treść i charakteryzują je różne rozkłady statystyczne. Mogą one różnić się pod względem miana, zakresu wartości i kształtu rozkładu.

3.3.1. POGLĄDY NA SPOSÓB WYZNACZENIA PORÓWNYWALNYCH KLAS WARTOŚCI

Problematyka wyznaczania klas kartogramów przy założeniu, że mapy te mają być porównywalne, nie jest zbyt szeroko omawiana w literaturze kartograficznej. Autorzy podręczników koncentrują się na omówieniu zasad i właściwości różnych sposobów podziału zbiorów statystycznych na klasy oraz na klasyfikacji znanych metod, a w artykułach dominuje problematyka optymalizacji przedziałów dla pojedynczego kartogramu, nie zaś znalezienia metody umożliwiającej porównywanie różnych zbiorów statystycznych. Pojawiające się w literaturze sugestie dotyczące wyznaczania porównywalnych klas kartogramów są dość zdawkowe i często opierają się jedynie na przekonaniach autorów opracowań, nie są zaś potwierdzone szerszymi badaniami. Warto jednak przyjrzeć się tym opiniom, aby określić, jakie zasady podziału zbioru wartości zapewniają porównywalność otrzymanych map.

W literaturze kartograficznej można znaleźć dwa nurty rozważań na temat wyznaczania porównywalnych klas wartości dla kartogramów. Te dwa podejścia do omawianej problematyki rozróżnił I.S. Evans (1977). Jego zdaniem kryteria wyboru metody wyznaczania klas kartogramu zależą w pierwszym rzędzie od tego, co ma być na otrzymanych mapach porównywane. Istnieją dwie możliwości:

- porównywanie różnic wartości, np. w przypadku map tego samego zjawiska odnoszących się do różnego okresu czasu lub map takich zjawisk, których wartości mają to samo miano;
- porównywanie przestrzennego rozmieszczenia zjawisk na danym obszarze – mogą to być różne zjawiska (o różnych lub tych samych mianach), a także zmiany w przestrzennym rozmieszczeniu jednego zjawiska.

Z każdą z tych możliwości związana jest odmienna problematyka wyznaczania klas. W pierwszym z wymienionych przypadków, a więc wtedy, gdy celem prezentacji jest umożliwienie porównywania zmian wartości jednego zjawiska w różnym czasie lub różnic wartości zjawisk posiadających to samo miano, podstawową regułą, którą zaleca I.S. Evans (1977), jest stosowanie tych samych granic klas na wszystkich mapach i identyczny sposób graficznej prezentacji. Liczba klas na każdej z map może być różna. Zdaniem I.S. Evansa, przy wyznaczaniu klas możliwe są dwa rozwiązania:

- stosowanie arbitralnych okrągłych granic klas o równej rozpiętości lub zgodnie z określonym matematycznym postępem,
- stosowanie przedziałów, które opierają się na statystycznych charakterystykach zbioru lub właściwościach rozkładu wartości, ale tylko wtedy, gdy charakterystyki te odniesione są nie do pojedynczych zbiorów wartości (dla

każdej mapy), lecz do zbioru sumarycznego wszystkich wartości (dla wszystkich opracowywanych map).

R.G. Cromley (1995) zgadza się ze zdaniem I.S. Evansa, że do serii map przedstawiających zmiany w czasie należy stosować przedziały normatywne i arbitralne. Metody oparte na charakterystykach zbioru wartości uznaje za bardziej odpowiednie w przypadku prezentacji pojedynczych zbiorów wartości. M.R.C. Coulson (1987) proponuje natomiast metodę optymalizacyjną G.F. Jenksa i F.C. Caspalla (1971) jako metodę wyznaczenia wspólnego systemu klas dla serii map. Metoda ta polega na takim wyznaczeniu granic przedziałów, aby zminimalizować odchylenia od wartości średnich dla każdej klasy. M.R.C. Coulson zwraca jednak uwagę, że wspólne granice klas dla serii map nie są rozwiązaniem optymalnym dla przestawienia wartości pojedynczego zbioru.

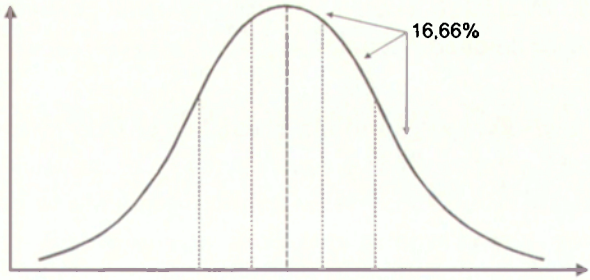
Ciekawym kompromisowym rozwiązaniem jest metoda zastosowana przez C.A. Brewer (2001) na kartogramach w atlasie ludnościowym Stanów Zjednoczonych (*Mapping Census 2000: The geography of U.S. diversity*). Sposób wyznaczenia klas jest kompromisem między trzema następującymi zasadami podziału: te same granice na wszystkich mapach w danej serii, granice przedziałów oparte na wartościach charakterystycznych dla poszczególnych przedstawianych zjawisk oraz okrągłe wartości wyznaczające granice klas.

Słuszność postulatu o stosowaniu tych samych granic klas dla serii kartogramów potwierdzają wyniki badań eksperymentalnych C. Brewer i L. Pickle (2002). Celem jednego z przeprowadzonych testów było porównanie poprawności porównywania kartogramów, na których stosowano różne lub te same granice klas. Zastosowanie tych samych granic klas dla serii kartogramów zwiększyło poprawność odpowiedzi o około 28% w porównaniu z odpowiedziami udzielanymi w przypadku kartogramów z różnymi granicami przedziałów.

Innego podejścia do problematyki wyznaczania klas wymaga opracowanie takiego zbioru kartogramów, który umożliwia porównywanie przestrzennego rozmieszczenia zjawisk. Jak już wspomniano, właśnie to zagadnienie jest istotne z punktu widzenia tematu tej pracy, czyli przedstawiania na mapie zależności zjawisk. W tym przypadku I.S. Evans (1977) zaleca, aby granice przedziałów były w jednakowy sposób odniesione do zbioru wartości. Możliwe jest jego zdaniem stosowanie następujących metod: kwantyli, metody opartej na średniej arytmetycznej, metody wielokrotności odchylenia standardowego i granic naturalnych. Każda z nich ma swoje zalety. Kwantyle to klasy o tej samej liczebności, metoda średnich arytmetycznych daje jednoznaczne i porównywalne odniesienie granic klas do zbioru wartości, metoda wielokrotności od-

chylenia standardowego umożliwia wyznaczenie klas o porównywalnym odchyleniu od średniej arytmetycznej dla każdego zbioru, zaś w przypadku przedziałów naturalnych granice klas umieszczane są w podobnych miejscach na wykresie wartości (tzn. w przerwach). Nie należy natomiast stosować metody równej rozpiętości. Autor uzasadnia to twierdzenie tym, że zakres wartości jest nienajlepszą charakterystyką zbioru, ponieważ nie odnosi się do żadnej z miar tendencji centralnej.

Zalety metody opartej na wielokrotnościach odchylenia standardowego podkreśla również R.W. Armstrong (1969). Zaproponował on modyfikację tej metody tak, aby w przypadku rozkładu normalnego każdy przedział zawierał równą liczbę obserwacji. Jeżeli zbiór wartości dzielony jest na sześć klas, każdy przedział powinien zawierać 16,66% obserwacji. Według obliczeń R.W. Armstronga, granice przedziałów, w przypadku rozkładu normalnego, powinny wówczas wynosić ± 0,431σ i ± 0,967σ, odmierzane po obu stronach średniej (ryc. 4). Tak wyznaczone klasy ułatwiają porównywanie map. W każdej z klas wartości grupuje się bowiem podobna liczba jednostek, a dodatkowo znane jest odchylenie każdej klasy od średniej. Podział ten umożliwia więc porównywanie zbiorów o różnym stopniu rozrzutu wartości. Ponadto R.W. Armstrong zauważa, że odchylenie standardowe jest użytecznym uzupełnieniem legendy każdej mapy statystycznej, nawet jeżeli nie zostało ono użyte do wyznaczenia klas. Z zaletami metody wielokrotności odchylenia standardowego dla porównywalności kartogramów zgadza się również M.S. Monmonier (1972). Niestety, należy pamiętać, że metoda ta może być poprawnie stosowana tylko w przypadku rozkładów normalnych, które rzadko spotyka się w badaniach geograficznych. Znacznie ogranicza to możliwości jej zastosowania.



Ryc. 4. Podział pola pod krzywą rozkładu normalnego na sześć równych części za pomocą części odchylenia standardowego, wg. R.W. Armstronga (1969); σ – odchylenie standardowe.

Normal frequency distribution cut by the standard deviation values into six equal areas, according to R.W. Armstrong (1969); σ – standard deviation

Odosobnione w literaturze jest zdanie O.M. Dixona (1972), że w przeciwieństwie do przedziałów arbitralnych o rozpiętości zgodnej z określonym matematycznym postępem, metody oparte na charakterystykach zbioru wartości utrudniają porównywanie map. Do metod tych zalicza metodę wykorzystującą wykres kumulacyjny, przedziały naturalne, kwantyle, metodę opartą na średniej arytmetycznej oraz metodę wielokrotności odchylenia standardowego. Twierdzenie to wydaje się słuszne jedynie w przypadku porównywania zakresów lub zmian wartości zjawisk, które mają to samo miano, nie zaś w przypadku porównywania ich przestrzennego rozmieszczenia. Pod tym względem opinia O.M. Dixona jest zbieżna z poglądem I.S. Evansa (1977) i R.G. Cromleya (1995).

Próbą optymalizacji sposobu wyznaczania klas porównywalnych jest metoda opracowana przez M.S. Monmoniera (1975). Jej celem jest uwidocznienie podobieństwa przedstawianych na mapach zjawisk. Polega ona na takim wyznaczeniu granic klas, aby otrzymany kartogram był jak najbardziej podobny do innego, dla którego klasy zostały zadane z góry. Podstawą funkcjonowania metody jest miara dopasowania klas dwóch kartogramów (C).

$$C = \frac{\sum_{j=1}^{k} c_j}{k} \tag{1}$$

wartość c_j oblicza się ze wzoru:

$$c_j = \frac{P_j - Q_j}{2(P_j + Q_j)} + \frac{1}{2} \tag{2}$$

gdzie:

P_j – liczba jednostek w klasie j na pierwszej mapie, które znajdują się w tej samej klasie na drugiej mapie,

Q_j – liczba jednostek w klasie j na pierwszej mapie, które nie znajdują się w tej samej klasie na drugiej mapie,

k – liczba klas.

Wskaźnik ten przyjmuje wartości z przedziału od 0 do 1; najwyższe wartości osiąga wtedy, gdy wszystkie pola należą do tych samych klas na obu mapach. Zaproponowana metoda polega na znalezieniu takich granic przedziałów, aby wartość współczynnika była możliwie najwyższa. Sprawdza się ona dość dobrze w przypadku zjawisk o silnej zależności, dając mapy bardziej podobne niż w przypadku klas dobranych arbitralnie. Znacznie gorsze efekty uzyskuje się dla zjawisk o słabej korelacji, wówczas bowiem większość pól grupuje się w jednej lub dwóch klasach. Prawidłowości tej nie zlikwidowały kolejne modyfikacje metody, kiedy brano pod uwagę spójność klas, wielkość pól odniesienia, liczebność klas czy przestrzenne uporządkowanie jednostek

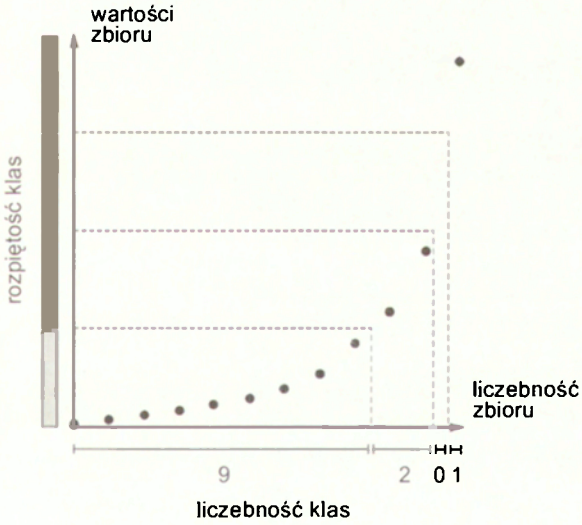
w klasie (Monmonier 1976). Istotnym problemem, który wyłania się w trakcie stosowania metody, jest pytanie o dopuszczalne granice modyfikowania obrazu rozmieszczenia zjawisk w celu podkreślenia ich podobieństwa. Słuszne wydaje się ograniczenie zastosowania metody do przypadków, w których zamiarem autora mapy jest pokazanie silnej zależności zjawisk. W przypadku słabych zależności próby podkreślenia ich podobieństwa, poprzez manipulację granicami klas, budzą wątpliwości. Wyraźnym ograniczeniem metody jest również brak możliwości zastosowania jej przy większej liczbie kartogramów.

Inną metodę wyznaczania klas, która zapewniłaby porównywalność przedziałów wartości kartogramu, zaproponował w niepublikowanej pracy magisterskiej A. Dąbrowski (1980). Punktem wyjścia było określenie warunków, jakie powinna spełniać metoda podziału, aby sprawdzała się w przypadku różnych zbiorów statystycznych. Są to:

• równa, w miarę możliwości, liczebność klas, dzięki czemu w przypadku różnych rozkładów statystycznych unika się powstawania klas pustych,

• zasady podziału oparte o statystyczne mierniki traktujące każdy zbiór jako całość, nie zaś o wartości bezwzględne – zwykle inne dla każdego zbioru,

• operowanie jednolitą miarą do opisania wartości granicznych klas, niezależną od miana poszczególnego zjawiska.

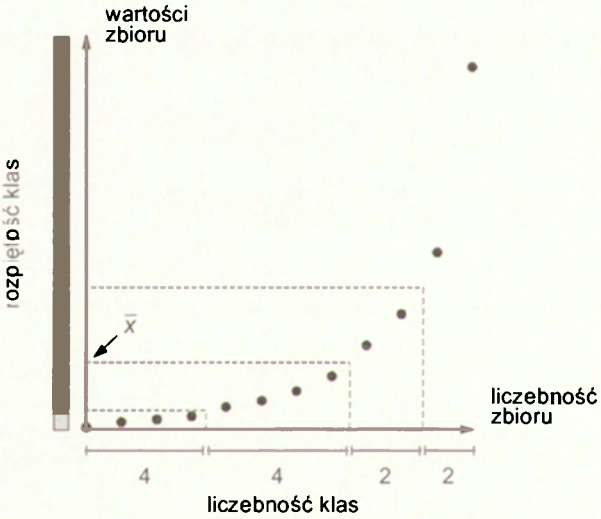


Ryc. 5. Podział zbioru wartości na przedziały o równej rozpiętości
Data set division into equal intervals classes

Analizując znane sposoby wyznaczania klas można wyróżnić te metody, które nie spełniają powyższych warunków. Jest to w pierwszym rzędzie metoda jednakowej rozpiętości przedziałów, która w naturalny sposób kłóci się z zasadą jednakowej liczebności. Metoda ta nie ma zastosowania w przypadku rozkładów silnie skośnych, może bowiem prowadzić do powstawania klas

pustych (ryc. 5). Drugi rodzaj to metody oparte o indywidualne wartości zbioru danych (np. metoda podziału sumy zbioru) oraz metody, które sprawdzają się tylko w przypadku jednego typu rozkładów statystycznych (np. metody progresyjne, gdzie granice klas dobiera się zależnie od kształtu rozkładu, lub metody mające zastosowanie tylko w przypadku rozkładu normalnego, takie jak metoda oparta na średniej arytmetycznej lub wielokrotnościach odchylenia standardowego). Należy wykluczyć również powszechne stosowanie różnego rodzaju metod niesformalizowanych. W związku z tym, że nie opierają się one na ogólnej regule, trudno ocenić, czy otrzymane w ten sposób przedziały są porównywalne.

Zdaniem A. Dąbrowskiego, spośród znanych metod wyznaczania klas, najbliższa warunkom porównywalności jest metoda średniej arytmetycznej i kwantyli (ryc. 6). Podstawą podziału jest tu średnia arytmetyczna, która dzieli zbiór wartości na dwie części: powyżej i poniżej średniej. Drugim etapem jest podział każdej części na klasy o jednakowej liczbie obserwacji. Zastosowanie średniej arytmetycznej do podziału wartości pozwala na określenie miejsca



Ryc. 6. Podział zbioru wartości metodą średniej i kwantyli; $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna
Data set division using the method of arithmetic mean and quantiles; $\bar{x}$ – arithmetic mean

każdego z przedziałów w odniesieniu do całości zbioru, metoda kwantyli zachowuje tę samą liczbę obserwacji w klasach poniżej i powyżej średniej. Wadą tej metody jest nieuwzględnianie cech rozkładu statystycznego kartowanego zbioru; dopiero uzupełnienie jej dobrze skonstruowaną legendą pozwala na porównywanie ze sobą przedstawianych zbiorów statystycznych. Warta rozważenia jest również metoda wielokrotności odchylenia standardowego. Mimo, że w przypadku rozkładów skośnych może dawać przedziały różniące się pod

względem liczebności, posiada ona ważną zaletę – odchylenie standardowe pozwala na wyrażenie granic klas wspólną miarą dla różnych map.

Jako kompromis między metodą średniej i kwantyli oraz metodą wielokrotności odchylenia standardowego, wykorzystując zalety obu metod, A. Dąbrowski zaproponował nowy sposób wyznaczania klas, który wydaje się dobrze spełniać wszystkie trzy warunki porównywalności. Podstawą podziału jest tu metoda średniej arytmetycznej i kwantyli, która następnie jest modyfikowana (w jak najmniejszym stopniu) w ten sposób, aby granice przedziałów mogły zostać zapisane w postaci okrągłych wielokrotności odchylenia standardowego (z dokładnością do 0,2 σ). W legendzie każdy przedział objaśniony jest za pomocą odchylenia standardowego, wartości liczbowych oraz liczby należących do niego obserwacji.

Dążenie do uzyskania statystycznej porównywalności odpowiadających sobie na różnych kartogramach klas nie jest jedynym możliwym podejściem do zagadnienia porównywalności. Istotnym aspektem badań nad porównywalnością kartogramów jest wpływ metody wyznaczania klas na siłę zależności, którą możemy obliczyć na podstawie map. Wiadomo, że sam fakt dzielenia zbioru wartości na klasy kształtuje obraz przestrzennego rozmieszczenia zjawisk i może mieć przez to wpływ na widoczną na mapach siłę ich zależności. Dlatego podobieństwo par kartogramów z zasady różni się od wielkości korelacji par zjawisk mierzonej na podstawie wyjściowych danych statystycznych. Różnice te zależą między innymi od metody wyznaczenia klas.

Porównanie wpływu sposobu dzielenia zbioru wartości na korelację zjawisk przedstawianych metodą kartogramu było przedmiotem badań J. Olson (1972 a, b). Pod uwagę wzięte zostały trzy metody wyznaczania klas: metoda kwantyli, metoda wielokrotności odchylenia standardowego i metoda średnich. Zbiory wartości dzielone były na 2, 3, 4 i 5 klas. W ten sposób otrzymano osiem różnych wersji podziału na klasy. Wzięto pod uwagę również liczbę obserwacji w zbiorach – liczyły one 20, 40 i 100 obserwacji. W sumie analizie poddano 900 par zmiennych. Porównania korelacji wyjściowych danych oraz korelacji par kartogramów, dla których klasy wyznaczono wspomnianymi metodami, dokonano za pomocą dwóch współczynników – odpowiednio współczynnika korelacji Pearsona (r) oraz współczynnika korelacji rang Kendalla (τ). Wartości tych obu współczynników są od siebie zależne[1]. Wartości τ Kendalla są zawsze nieco niższe niż wartości r Pearsona (Kendall 1975). Taka

[1] Współczynnik korelacji Pearsona ma zastosowanie wtedy, gdy dane wyrażone są w skali co najmniej interwałowej; współczynnika korelacji rangowej używa się do badania korelacji między zmiennymi mierzonymi w skali porządkowej – dlatego może być wykorzystywany do badania korelacji par kartogramów. Wartości oczekiwane τ można obliczyć ze wzoru (Kendall 1975):

$$E(\tau) = 2/\sin^{-1}(r) \qquad (3)$$

zależność istniała również w badanym przez J. Olson zbiorze danych. Analiza wielkości odchyleń od tej zależności wykazała jednak, że zmieniają się one zależnie od metody wyznaczania klas, liczby klas i liczby obserwacji. Małe odchylenia od wartości oczekiwanych oznaczają, że dany sposób wyznaczenia klas jest bardziej „przewidywalny", czyli lepszy z punktu widzenia przedstawiania zależności zjawisk. W pierwszej części badań J. Olson (1972a), gdy badano zbiory o rozkładach normalnych (generowanych komputerowo), mniejsze wartości odchyleń uzyskano przy większej liczebności kartowanych zbiorów oraz przy większej liczbie klas kartogramów. Najlepsze rezultaty uzyskano dla metod wyznaczania klas dzielących zbiory danych na podobną liczbę obserwacji w klasach. Były to metoda kwantyli i metoda podziału za pomocą średniej arytmetycznej na cztery klasy. Wnioski te nie zostały potwierdzone w przypadku danych rzeczywistych, które zazwyczaj nie mają rozkładów normalnych. Takie dane poddano analizie w drugiej części badań (Olson 1972b). Znacznie słabsza okazała się zależność wielkości odchyleń od liczby obserwacji i liczby klas. Zależności między przedstawianymi zjawiskami najlepiej oddały wówczas klasy wyznaczone metodą wielokrotności odchylenia standardowego.

Badania J. Olson nie dały odpowiedzi na pytanie, która metoda wyznaczania klas jest najbardziej odpowiednia do przedstawiania zależności zjawisk na kartogramach prostych. Interesującym wnioskiem wynikającym z tych badań wydaje się jednak stwierdzenie istnienia zależności między liczebnością zbioru danych (czyli liczbą pól odniesienia kartogramu), a także liczbą klas kartogramu, i wielkością analizowanych w tych badaniach odchyleń od wartości oczekiwanej współczynnika τ Kendalla. Oznacza to, że z punktu widzenia przedstawiania zależności zjawisk wybór metody podziału na klasy jest bardziej istotny wtedy, gdy dysponujemy mniejszą liczbą jednostek odniesienia oraz dzielimy zbiór danych na mniejszą liczbę klas.

Badania R. Lloyda i T. Steinke (Lloyd, Steinke 1976, 1977; Steinke, Lloyd 1981) reprezentują podejście do zagadnienia porównywalności kartogramów od strony procesu czytania tych map. Tematyka ta zostanie szerzej omówiona w rozdziale 5. Warto w tym miejscu wspomnieć o tych badaniach, ponieważ dostarczyły one istotnych wniosków na temat metod wyznaczania klas optymalnych z punktu widzenia porównywalności kartogramów. R. Lloyd i T. Steinke przeprowadzili serię eksperymentów polegających na wizualnym porównywaniu kartogramów. Wyniki tych testów pokazały, że jednym z czynników, które powodują błędy w wizualnej ocenie stopnia podobieństwa kartogramów, są różnice w ogólnej jasności map. Autorzy eksperymentu założyli, że wyeliminowanie wpływu tego czynnika na ocenę podobieństwa jest możliwe dzięki utrzymaniu na wszystkich porównywanych kartogramach jednakowej jasno-

ści. Możliwość taką daje zastosowanie metody wyznaczania klas, która zachowuje jednakowe pole powierzchni jednostek we wszystkich klasach. Na tym właśnie założeniu opiera się metoda kwantyli geograficznych. Funkcjonowanie tak opracowanych kartogramów R. Lloyd i T. Steinke porównali z kartogramami, dla których klasy wyznaczono metodą jednakowych rozpiętości i metodą minimalnych odchyleń G.F. Jenksa i F.C. Caspalla. Wyniki przeprowadzonych testów potwierdziły przypuszczenie, że tylko w przypadku map opracowanych metodą kwantyli geograficznych, jasność nie miała wpływu na proces porównywania i dzięki temu wizualne podobieństwo tych map było bardziej zbliżone do obiektywnej wielkości korelacji map. Warto również zwrócić uwagę na to, że porównanie wyników testu dla dwóch pozostałych badanych metod wyznaczania klas (metody jednakowych rozpiętości i metody minimalnych odchyleń G.F. Jenksa i F.C. Caspalla) nie wykazało istotnych różnic. W obu przypadkach odpowiedzi uczestników testu były mniej poprawne niż przy metodzie kwantyli geograficznych.

R. Lloyd i T. Steinke (1977) zauważyli również, że zgodna z ideą jednakowej jasności kartogramów jest taka modyfikacja metody kwantyli geograficznych, aby zachowana została podobna powierzchnia jednostek w odpowiadających sobie klasach na różnych kartogramach. Klasy jednego kartogramu mogą mieć natomiast różny udział powierzchni jednostek. Takie rozwiązanie zastosowali D.B. Carr, A.R. Olsen i D. White (1992). Na mapach z regularnym układem sześciobocznych pól odniesienia klasy wyznaczono w ten sposób, że obejmowały odpowiednio 10, 25, 50, 75, 90 i 95% skumulowanego udziału powierzchni.

Pewnego rodzaju podsumowaniem badań z zakresu wyznaczania klas kartogramów pod kątem ich porównywalności jest eksperyment przeprowadzony przez C.A. Brewer i L. Pickle (2002). Dotyczył on czytania i porównywania kartogramów przedstawiających dane z zakresu epidemiologii. Eksperyment miał na celu sprawdzenie wpływu metody wyznaczania klas na poprawność czytania i porównywania kartogramów. Wybrano siedem następujących metod wyznaczania klas:

- zmodyfikowaną metodę równej rozpiętości przedziałów tak, aby w przypadku rozkładów skośnych wartości ekstremalne grupowały się w osobnej klasie,
- metodę kwantyli,
- metodę opartą na wielokrotnościach odchylenia ćwiartkowego – w przypadku podziału na pięć klas, środkowa klasa jest symetryczna względem mediany i obejmuje 50% obserwacji, każda zaś z dwóch sąsiadujących z nią klas ma rozpiętość trzech odchyleń ćwiartkowych (tzn. półtora raza większą niż klasa środkowa),

• metodę wielokrotności odchylenia standardowego – środkowa klasa wyznaczona była symetrycznie w stosunku do średniej arytmetycznej, a granice kolejnych klas poniżej i powyżej średniej wyznaczono w odległości ± 0,5 i 1,5 odchylenia standardowego,

• metodę optymalizacyjną G.F. Jenksa i F.C. Caspalla,

• metodę optymalizacyjną opartą na wskaźniku *minimum-boundary-error*, której celem jest takie wyznaczenie przedziałów, aby granice między widocznymi na mapie obszarami należącymi do jednej klasy odpowiadały największym różnicom wartości,

• modyfikację metody kwantyli geograficznych – w kolejnych klasach grupuje się 10–20–40–20–10% powierzchni jednostek.

Zadania, które wykonywali uczestnicy testu, były zróżnicowane pod względem trudności i dotyczyły zarówno szczegółowego jak i ogólnego poziomu percepcji. Polegały one na czytaniu treści pojedynczego kartogramu i porównywaniu map; odnosiły się do pojedynczych pól kartogramu, regionów oraz całych map. Miały charakter pytań zamkniętych, tzn. takich, do których odpowiedź uczestnicy testów musieli wybrać spośród sugerowanych możliwości. Najwięcej poprawnych odpowiedzi udzielono na pytania dotyczące kartogramów, na których klasy wyznaczone były metodą kwantyli, drugą w kolejności była metoda optymalizacyjna oparta na wskaźniku *minimum-boundary-error*. Najgorsze rezultaty uzyskano w przypadku metody wielokrotności odchylenia standardowego, zmodyfikowanej metody kwantyli geograficznych oraz metody opartej na wielokrotnościach odchylenia ćwiartkowego.

Zdaniem C.S. Brewer i L. Pickle (2002) kilka czynników mogło wpłynąć na to, że najlepsze rezultaty uzyskano w przypadku podziału kwantylowego. Kwantyle, w porównaniu z innymi metodami, stwarzają większy kontrast wizualny między regionami widocznymi na mapie. Przyczyną tego jest jednakowa liczebność klas kartogramu, dzięki czemu nie powstaje efekt grupowania wielu jednostek w jednej klasie. Dobrą regionalizację pól kartogramu daje również metoda optymalizacyjna oparta na wskaźniku *minimum-boundary-error*, która również uzyskała w badaniach dużo poprawnych odpowiedzi. Duży kontrast wizualny między regionami prawdopodobnie ułatwiał czytanie map. Ponadto, w przypadku metody kwantyli stosunkowo duża, w porównaniu z innymi metodami, liczba jednostek w najwyższej klasie zapobiegała niedoszacowaniu wartości zjawiska, co zdarza się często w procesie czytania map statystycznych. Zdaniem autorek eksperymentu podział kwantylowy pozwala na większe, niż w przypadku innych metod, wizualne „uogólnienia" przedstawianego zbioru statystycznego, a zasady podziału wartości są łatwe do zrozumienia dla czytelników. Z tego powodu kartogramy, na których zastosowano podział kwantylowy, mogły okazać się łatwiejsze w interpretacji, szczególnie

na ogólnym poziomie percepcji (tzn. na przykład w procesie porównywania map).

W przeciwieństwie do podziału kwantylowego, czyli podziału na klasy o równej liczebności, najgorsze rezultaty uzyskały w badaniach te metody, które grupują dużo jednostek w jednej klasie kartogramu, czyli metoda wielokrotności odchylenia standardowego, zmodyfikowana metoda kwantyli geograficznych oraz metoda oparta na wielokrotnościach odchylenia ćwiartkowego. W przypadku wszystkich tych metod otrzymuje się kartogram o najliczniejszej środkowej klasie. Przyczyną uzyskania mniejszej liczby poprawnych odpowiedzi może być fakt, że wspomniane metody dobrze różnicują jedynie skrajne wartości zbioru danych nie dając jednocześnie efektu odpowiedniego zróżnicowania obrazu rozmieszczenia wartości zjawiska na mapie. Zdaniem C.A. Brewer i L. Piekle (2002) podział wartości na klasy o znacznie zróżnicowanej liczbie obserwacji utrudnia porównywanie kartogramów nawet wówczas, gdy w zbiorze widoczne jest wyraźne podobieństwo pewnej grupy obserwacji.

* * *

Nie ma w literaturze kartograficznej jednoznacznego rozwiązania problemu porównywalności klas kartogramu, trudno też wskazać metodę, która gwarantowałaby poprawne porównywanie tych map. Można natomiast wydzielić te spośród znanych i stosowanych metod, których nie należy stosować, oraz te metody, które mają cechy istotne z punktu widzenia porównywalności.

Do metod, które **nie spełniają warunków porównywalności**, należy zaliczyć:

• wszystkie te metody, które prowadzą do podziału zbioru wartości na klasy znacznie różniące się pod względem liczby obserwacji. Potwierdzają to wyniki badań C.A. Brewer i L. Pickle (2002). Zasada jednakowej liczebności w naturalny sposób eliminuje przede wszystkim metodę jednakowej rozpiętości przedziałów. Metoda ta nie będzie się sprawdzać w przypadku rozkładów silnie skośnych, może bowiem prowadzić do powstawania klas pustych (ryc. 5). Ponadto, według opinii I.S. Evansa, zakres wartości jest wielkością, która nienajlepiej charakteryzuje zbiór statystyczny.

• metody, które nie opierają się na wielkościach charakteryzujących zbiór statystyczny, lecz na indywidualnych wartościach przedstawianego zjawiska, np. metoda podziału sumy zbioru.

• metody optymalizacyjne, które opierają się na indywidualnych cechach przedstawianego zbioru.

• metody, które sprawdzają się tylko w przypadku jednego typu rozkładów statystycznych, np. metody progresyjne, gdzie granice klas dobiera się zależnie od kształtu rozkładu. Pod tym względem wątpliwości budzą również metody oparte na średniej arytmetycznej lub wielokrotnościach odchylenia standardowego, które można poprawnie stosować tylko w przypadku rozkładu normalnego.

• metody niesformalizowane, które nie opierają się na żadnej ogólnej regule. Trudno ocenić, czy otrzymane w ten sposób przedziały są porównywalne.

Do metod, których właściwości okazują się **istotne z punktu widzenia porównywalności** kartogramów, należą:

• metoda kwantyli, która zachowuje tę samą liczbę obserwacji w każdej klasie. Podobna liczebność klas jest najczęściej wymienianym w literaturze czynnikiem, który ułatwia porównywanie kartogramów. Można również przytoczyć pogląd reprezentowany przez statystyków, że mapy statystyczne zawierają najwięcej informacji wtedy, gdy klasy mają równą liczebność (Stegena, Csillag 1987). Uzasadnieniem dla stosowania metody kwantyli wówczas, gdy kartogramy mają być porównywane, są również wyniki szerszych badań porównujących właściwości różnych metod wyznaczania klas: badania J. Olson (1972a) oraz eksperyment C. Brewer i L. Pickle (2002).

Większość pozostałych metod, które uznaje się za istotne z punktu widzenia porównywalności, również w pewnym stopniu opiera się na zasadzie równej liczebności przedziałów. Należą do nich:

• metoda kwantyli geograficznych, która zachowuje jednakową powierzchnię jednostek we wszystkich klasach kartogramów. Zaletą tej metody jest jednakowa jasność opracowanych w ten sposób kartogramów, co pomaga w prawidłowej wizualnej ocenie podobieństwa map. Warto zauważyć, że takie same właściwości mają klasy wyznaczone metodą kwantyli wtedy, gdy wszystkie pola odniesienia kartogramu są tej samej wielkości.

• metoda średniej arytmetycznej i kwantyli (ryc. 6). Zaletą tej metody, w porównaniu z prostym podziałem kwantylowym, jest zastosowanie średniej arytmetycznej, która pozwala na określenie miejsca każdego z przedziałów w odniesieniu do całości zbioru. Klasy poniżej i powyżej średniej mogą jednak różnić się pod względem liczebności, zwłaszcza w przypadku skośnych rozkładów statystycznych.

• metoda A. Dąbrowskiego (1980), która powstała jako kompromis między metodą średniej i kwantyli oraz metodą wielokrotności odchylenia standardowego i wykorzystuje zalety obu tych metod.

Jako metoda interesująca z punktu widzenia porównywalności wymieniana jest również:

• metoda wielokrotności odchylenia standardowego. Metoda ta oparta jest na dwóch istotnych z punktu widzenia statystycznego miarach: średniej arytmetycznej (miara tendencji centralnej) oraz odchyleniu standardowym (miara rozrzutu). W przypadku rozkładu normalnego możliwe jest zachowanie podobnej liczebności klas (ryc. 4). Ponadto metoda ta posiada ważną zaletę – odchylenie standardowe pozwala na wyrażenie granic klas wspólną miarą dla różnych map. Na korzyść tej metody przemawiają również wyniki badań J. Olson (1972b). Wątpliwości może budzić natomiast przypadek skośnych rozkładów statystycznych, gdy metoda ta może dawać przedziały znacznie różniące się pod względem liczebności.

3.4. PODSUMOWANIE

Osiągnięcie porównywalności kartogramów prostych nie jest więc zadaniem łatwym; problem stwarza przede wszystkim wyznaczenie porównywalnych przedziałów klasowych. Dotychczas nie znaleziono tu jednoznacznego rozwiązania. Warto również wspomnieć, że jak wiadomo z praktyki kartograficznej, w procesie redakcji map i atlasów nie zawsze zwraca się należytą uwagę na warunki porównywalności map, takie jak jednolita skala, taki sam stopień generalizacji, wspólne zasady opracowywania. Kolejną przeszkodą na drodze do opracowania w pełni porównywalnych kartogramów są trudności natury percepcyjnej, które pojawiają się w procesie wizualnego porównywania tych map.

Wydaje się więc, że aby poprawnie przedstawiać zależności zjawisk za pomocą kartogramu należy poszukiwać innych, lepszych rozwiązań metodycznych. Rozwiązaniem może być zwrócenie się w kierunku metod o charakterze syntetycznym. Taką odmianą kartogramu jest kartogram złożony.

4. KARTOGRAM ZŁOŻONY

W literaturze polskiej mianem kartogramu złożonego określa się odmianę metody kartogramu, która powstaje z nałożenia na siebie dwóch (lub kilku) kartogramów prostych (Kocimowski, Kwiatek 1977; Ratajski 1989). Nałożenie więcej niż dwóch zjawisk, z uwagi na ograniczone możliwości graficzne i słabą czytelność, jest rozwiązaniem stosowanym bardzo rzadko. Angielska nazwa two-variable (lub bi-variate) choropleth map, w odróżnieniu od polskiego odpowiednika, wskazuje na to, co mapa przedstawia, a nie na sposób jej konstrukcji. Opierając się na tej nazwie, można określić istotę metody kartogramu złożonego, jako przedstawienie wartości dwóch zjawisk geograficznych w granicach wydzielonych na mapie jednostek podziału przestrzennego. Polskim odpowiednikiem nazwy angielskiej byłby „kartogram dwuzmienny". Taki termin nie jest jednak używany w naszej terminologii.

Metoda ta znana jest od ponad stu lat, mimo to rzadko bywa stosowana w praktyce. Zapewne najstarszym przykładem kartogramu złożonego jest mapa opublikowana przez G. Mayra [2] w 1874 roku (została zreprodukowana w artykule H. Weinera i C.M. Francoliniego 1980). Przedstawia ona pogłowie koni oraz bydła we wschodniej Bawarii; zmienne te pokazane zostały za pomocą dwóch barwnych deseni.

Większe zainteresowanie tą metodą prezentacji nastąpiło w połowie lat 70. Jego przyczyną były mapy publikowane od 1974 roku przez amerykańskie Biuro Spisowe – U.S. Bureau of the Census. Były to mapy Stanów Zjednoczonych w skali 1:7 500 000 w podziale na jednostki administracyjne odpowiadające polskim powiatom (county). Najbardziej znane przedstawiały następujące zagadnienia:

– procentowy udział ludności powyżej 65 lat oraz rok, w którym wystąpiło największe zaludnienie powiatów,

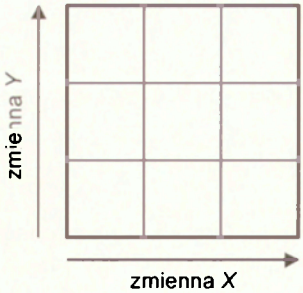
– procentowy udział ludności z wyższym wykształceniem oraz średni roczny dochód na jednego mieszkańca,

– średnią powierzchnię gospodarstwa rolnego oraz średnie roczne dochody z jednego gospodarstwa [3].

---

[2] G. Mayr, *Gutrachten über die Anwendung der graphishen und geographischen Methoden in der Statistic*. München 1874.

[3] Fragment mapy opracowanej przez US Bureau of the Census można znaleźć w polskim tłumaczeniu podręcznika A.H. Robinsona i współautorów (1978) na barwnej wklejce po str. 432.



Ryc. 7. Schemat legendy kartogramu złożonego
Two-variable choropleth map legend

Kartogramy złożone przedstawiające wykształcenie i dochody opracowane zostały również dla niektórych miast amerykańskich i wydane w ramach serii atlasów miast. Mapy opublikowane przez amerykańskie Biuro Spisowe stały się powodem polemiki, jaka wywiązała się w środowisku kartografów i statystyków. Dotyczyła ona zwłaszcza ich czytelności oraz zastosowanych przez Biuro Spisowe rozwiązań graficznych. Efektem tego szerszego zainteresowania kartogramem złożonym było przeprowadzenie kilku eksperymentów poświęconych ich percepcji (zostaną omówione w rozdziale 5).

Istotę kartogramu złożonego można najlepiej opisać objaśniając legendę. Ma ona postać wykresu współrzędnych prostokątnych, na którym każda z osi reprezentuje jedną ze zmiennych (ryc. 7). Wydzielenie klas wartości dla każdej zmiennej prowadzi do podziału legendy na mniejsze pola. Każde z nich reprezentuje określoną zależność między zmiennymi, np. „wysokie wartości x – niskie wartości y" lub „niskie wartości x – wysokie wartości y". Nadanie formy graficznej (barwy, desenie) każdemu z fragmentów legendy pozwala na odpowiednie rozkolorowanie jednostek przestrzennych na mapie (Robinson i in. 1995).

Specyfika kartogramu złożonego wymaga innego, niż w przypadku kartogramów prostych, podejścia do niektórych zagadnień metodycznych. Należą do nich: wybór prezentowanych danych statystycznych, liczba i metody wyznaczania klas oraz graficzne przedstawienie zmiennych.

4.1. DANE

Wybór danych statystycznych jest zagadnieniem istotnym w każdej ilościowej metodzie prezentacji. Określenie, jakie dane można przedstawiać daną metodą, wskazuje na zakres jej zastosowania. Przy wyborze danych statystycznych w przypadku kartogramu złożonego w pierwszym rzędzie należy kierować się zasadami obowiązującymi przy każdej prezentacji kartogramicznej – należy prezentować tylko wartości względne (Pasławski 2003). Ponieważ metoda ta służy do przedstawiania dwóch zmiennych równocześnie, koniecz-

ność stosowania danych względnych sprawia, że operuje się tu aż czterema wielkościami (trzema w przypadku, gdy mianownik dla obu zmiennych jest wspólny). Powoduje to, że informacja zawarta na mapie jest dość skomplikowana i może być trudniejsza do interpretacji.

Przy wyborze danych przedstawianych na kartogramie złożonym szczególną uwagę należy zwrócić na właściwy dobór zjawisk geograficznych, gdyż od tego zależy sens samej prezentacji. Ponieważ pary zjawisk są przedstawiane na mapie łącznie i będą również łącznie czytane i interpretowane, ich wybór musi być celowy. Podstawowym kryterium powinno być istnienie relacji między zjawiskami, o której mapa będzie informować odbiorcę. Relacja ta musi być widoczna w obrazie przestrzennego rozmieszczenia zjawisk.

Dużą zaletą kartogramu złożonego jako metody prezentacji jest możliwość czytania na mapie zarówno rozmieszczenia każdego z dwóch przedstawionych zjawisk, jak i ich zależności. Spośród tych dwóch funkcji możliwość informowania o zależności decyduje o sensie prezentacji. Jeżeli zamiarem kartografa jest przedstawienie jedynie rozmieszczenia dwóch niezależnych zjawisk, kartogram złożony nie jest odpowiednią metodą. Wykonanie kartogramu złożonego ma sens wówczas, jeżeli tematem prezentacji jest relacja zjawisk i do niej powinien nawiązywać tytuł mapy. W przypadku kartogramu złożonego konieczna jest zatem merytoryczna znajomość i szersze spojrzenie na przedstawiane zagadnienia.

4.1.1. RELACJE MIĘDZY ZMIENNYMI

Próbę określenia, jakie relacje zjawisk można przedstawiać na kartogramie złożonym, podjął w nieopublikowanej pracy A. Przewoźnik (1989). Wyróżnia on dwie możliwości. Pierwszą z nich jest prezentacja zjawisk zależnych; szczególnym przypadkiem tych zależności jest związek przyczynowo-skutkowy. Przykładem takich zmiennych mogą być: zużycie nawozów i wysokość plonów, wielkość dochodów i poziom wykształcenia, wielkość gospodarstw rolnych i wielkość produkcji rolnej, dochody z podatków i wydatki na pomoc społeczną, itp. Należy wyjaśnić, że wspomniana zależność zjawisk może być związkiem występującym faktycznie, który został stwierdzony w trakcie badań, lub jedynie związkiem hipotetycznym. Autor mapy może jedynie przypuszczać, że dany związek istnieje, a mapa jest podstawą do sformułowania takiej hipotezy. Kartogramy złożone mogą więc być użyteczne zarówno w samym procesie badań geograficznych, jak i do prezentacji już potwierdzonych hipotez o istnieniu zależności zjawisk.

Drugi rodzaj relacji wyróżniony przez tego autora zachodzi wówczas, gdy dwie niezależne zmienne opisują wspólnie jedno zjawisko, będące tematem mapy. Przykładowo gęstość sieci transportowej może zostać scharakteryzowana za pomocą dwóch zmiennych: gęstości sieci drogowej i gęstości sieci kolejowej. Kartogram złożony przedstawia wówczas przestrzenne zróżnicowanie struktury zjawiska. Takie zjawisko możnaby określić mianem zjawiska „dwudzielnego". Warto zwrócić uwagę na to, że wartości obu zjawisk składowych mają w takim przypadku to samo miano, a czytanie kartogramu złożonego przedstawiającego taką relację może polegać na wizualnym sumowaniu (lub odejmowaniu) zjawisk składowych, w wyniku czego otrzymuje się obraz rozmieszczenia zjawiska łącznego, będącego tematem mapy. Można przytoczyć również inne przykłady takich zjawisk: gęstość sieci wodociągowej i kanalizacyjnej, migracje wewnętrzne i zagraniczne, ludność w wieku produkcyjnym i nieprodukcyjnym, import i eksport, itp. Na zasadzie wizualnego odejmowania czytane byłyby natomiast kartogramy przedstawiające na przykład urodzenia i zgony, które łącznie dają informację o wielkości przyrostu naturalnego lub przyrost naturalny i migracje zewnętrzne, które składają się na wielkość przyrostu rzeczywistego.

Wyróżnione przez A. Przewoźnika dwa rodzaje relacji zjawisk, które mogą być przedstawiane na kartogramie złożonym, nie wyczerpują jednak wszystkich możliwości zastosowania tej formy prezentacji. Zdarzają się przypadki, że zjawiska nie dają się wizualnie sumować (tak jak zjawiska „dwudzielne") i nie łączy ich zależność przyczynowo-skutkowa, a jednak bywają w praktyce przedstawiane na kartogramie złożonym. Przykładem takiego zastosowania omawianej formy prezentacji jest mapa zamieszczona w *Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland* (2002, 6, *Bildung und Kultur*, s. 27) zatytułowana *Gymnasiales Bildungsangebot*. Na mapie tej metodą kartogramu złożonego przedstawiono dwa następujące zjawiska: liczbę mieszkańców przypadającą na jedno miejsce w gimnazjum oraz pole powierzchni (w km^2) przypadające również na jedno gimnazjum – zjawiska te wspólnie charakteryzują szkolnictwo gimnazjalne, będące tematem mapy. Innym przykładem dwóch zjawisk, których nie łączy bezpośrednia zależność, jest liczba małżeństw i rozwodów przypadająca na 1000 mieszkańców. Zdarza się również, że na kartogramie złożonym przedstawiane są takie dwa zjawiska, z których jedno jest częścią drugiego, np. wielkość eksportu i udział wyrobów gotowych, popełnione morderstwa i udział morderstw przy użyciu broni palnej. Nie można również wykluczyć przedstawienia na kartogramie złożonym jednego zjawiska w dwóch okresach czasu (czyli dynamiki zjawiska). Przykłady takich map można znaleźć w III części *Atlasu Rzeczypospolitej Polskiej* (1993–1997) w dziale 63 – *Struktura ludności*. Na dwóch mapach zatytułowanych

Rozwój ludności w miastach i *Rozwój ludności na wsi* za pomocą kartogramu złożonego przedstawiono typy dynamiki rozwoju ludności w latach 1950–1993. Wyróżnione na tych mapach typy to klasy wartości kartogramu złożonego przedstawiającego dwie zmienne: przeciętną roczną dynamikę ludności w latach 1951–1970 oraz przeciętną roczną dynamikę ludności w latach 1971–1993.

We wszystkich wymienionych powyżej przykładach zjawiska mogą być łącznie czytane przez odbiorcę mapy i wspólnie charakteryzują tematykę, której poświęcona jest mapa. Takie kartogramy złożone niewiele mówią odbiorcy mapy na temat związków przyczynowych zjawisk, jest to jednak dobry sposób wykorzystania możliwości metody do prezentacji na mapie zamierzonej tematyki. Określając zakres zastosowania metody należałoby więc przyjąć stwierdzenie, że może być ona wykorzystana do prezentacji wszystkich takich par zjawisk, które wspólnie dobrze charakteryzują określone zagadnienie, będące tematem mapy, zaś wybór prezentowanych zmiennych powinien być przede wszystkim logiczny.

4.1.2. SIŁA ZWIĄZKU ZJAWISK

Podstawowym kryterium wyboru zmiennych dla kartogramu złożonego jest istnienie jakiegoś rodzaju relacji między zmiennymi. Każda z opisanych w poprzednim podrozdziale relacji może przejawiać się podobieństwem w przestrzennym rozmieszczeniu zjawisk. Podobieństwo to określa się mianem przestrzennego współwystępowania. Statystyczną miarą siły tego związku jest współczynnik korelacji (rozdz. 2).

Siła przestrzennego współwystępowania zjawisk, którą w uproszczeniu nazywa się siłą związku, w niewielkim stopniu wpływa na możliwość przedstawienia zmiennych na kartogramie złożonym. Wykluczyć należy jedynie przypadek ścisłej zależności liniowej, tzn. całkowitą korelację dodatnią (wtedy współczynnik korelacji wynosi 1) oraz całkowitą korelację ujemną (współczynnik korelacji równy –1). W pierwszym przypadku przestrzenne rozmieszczenie zjawisk jest identyczne, w drugim – jedno zjawisko jest odwrotnością drugiego. Wykonanie kartogramu złożonego nie ma wówczas sensu, ponieważ identyczny obraz daje przedstawienie jednego z tych zjawisk na kartogramie prostym. Tak ścisła korelacja rzadko występuje w badaniach geograficznych. Może jednak wynikać z nieodpowiedniego doboru przedstawianych zmiennych. Jest tak w przypadku zjawisk, które wyrażone są w postaci udziałów procentowych wzajemnie dopełniających się do całości. Ponieważ jedno zjawisko jest odwrotnością drugiego (ścisła korelacja ujemna) nie ma sensu przedstawianie ich na kartogramie złożonym.

Poza tym wyjątkiem, przy wyborze zmiennych nie należy kierować się wielkością korelacji zjawisk. Pomimo braku czysto statystycznej zależności, ich prezentacja na kartogramie złożonym niesie ze sobą istotne dla czytelnika treści. Korelacja statystyczna odnosi się zawsze do całości zbioru danych, mapa natomiast pokazuje jej przestrzenne zróżnicowanie. Nawet wtedy, gdy korelacja jest słaba, w poszczególnych regionach może występować silna zależność między zjawiskami. Mapa jest sposobem uwidocznienia tej przestrzennej zmienności (Carstensen 1986a). Oprócz przestrzennego zróżnicowania zależności zjawisk, na kartogramie złożonym czytelnik może również przeczytać informację o sile zależności łączącej zjawiska.

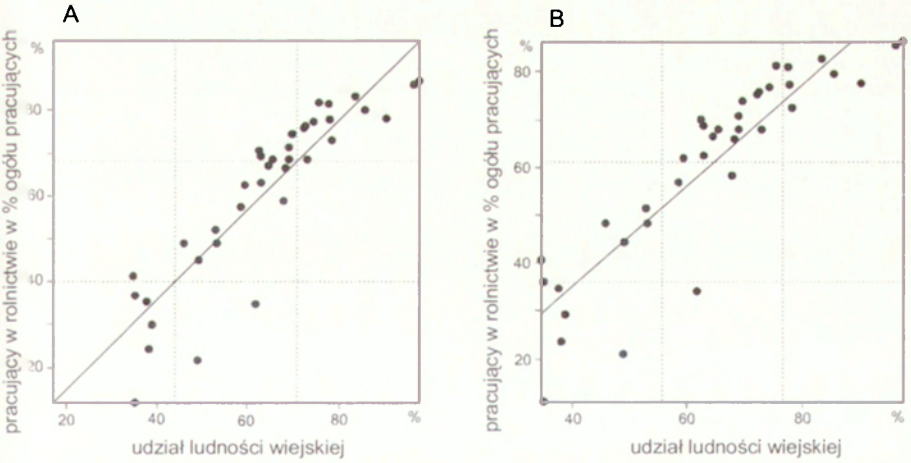
4.2. LICZBA KLAS

Liczba klas kartogramu złożonego, podobnie jak w przypadku kartogramów prostych, uwarunkowana jest możliwościami graficznymi oraz percepcją odbiorcy. Przy tych ograniczeniach mapa powinna jednak przekazywać możliwie dużą liczbę informacji. Dla kartogramów prostych najczęściej stosuje się od pięciu do siedmiu przedziałów, rzadko więcej niż dziesięć, a najprostszy kartogram może być dwuklasowy (Pasławski 2003). W podobnych granicach należałoby utrzymywać również liczbę klas kartogramu złożonego. K. Kocimowski i J. Kwiatek (1977) uznają, że liczba klas każdej z przedstawianych zmiennych nie powinna być większa niż cztery. Maksymalną liczbą byłoby wówczas szesnaście przedziałów. Rozwiązanie to jest jednak krytykowane jako zbyt skomplikowane dla odbiorcy, co potwierdzają badania testowe (Weiner, Francolini 1980; Olson 1981). Dlatego liczbę klas należy ograniczyć do dziewięciu (3×3) lub czterech (2×2) (Robinson i in. 1995). Oba te systemy mają ponadto tę zaletę, że odniesienie poszczególnych klas wartości do całości zbioru jest łatwe do interpretacji dla czytelnika: wartości dzielą się na niskie – średnie – wysokie lub w drugim przypadku na niskie i wysokie.

Wartości każdej ze zmiennych należy dzielić na tę samą liczbę klas. Wynika to z zasady jednakowego poziomu generalizacji zjawisk przedstawianych na mapie. W przypadku kartogramu poziom generalizacji można identyfikować z liczbą klas (Jenks 1963). Założenie o jednakowej liczbie klas jest również warunkiem optymalnej porównywalności kartogramów prostych, o czym była mowa w poprzednim rozdziale. Podobnie jednak, jak w przypadku kartogramu prostego, tak i w przypadku kartogramów złożonych, w praktyce zdarza się, że zmienne bywają dzielone na różną liczbę klas. Może to być uzasadnione naturą przedstawianych zjawisk, m.in. w przypadku, gdy wartości jednego z nich naturalnie dzielą się na dwie klasy, np. ujemne i dodatnie, a jednocześnie autor mapy nie chce zrezygnować z podziału drugiej zmiennej na trzy klasy.

4.3. SPOSOBY WYZNACZANIA KLAS

Podziału zbioru wartości przedstawianych zjawisk dobrze jest dokonać na wykresie współrzędnych prostokątnych. Jak już wspomniano, ta forma graficznego przedstawienia wartości zmiennych wykorzystywana jest w legendzie mapy. Wykres, na którym każda z osi reprezentuje wartości jednej zmiennej, zawiera wiele informacji na temat rodzaju zależności. Jeżeli przedstawiane zjawiska łączy zależność przyczynowo-skutkowa, przyjmuje się, że oś odciętych (X) reprezentuje zmienną niezależną, oś rzędnych natomiast zmienną zależną (Y) (Hammond, McCullagh 1974). Jednostki na każdej z osi nie powinny być wyznaczone przypadkowo. Najczęściej przyjmuje się pole wykresu w kształcie kwadratu. Najprostszą metodą wyskalowania osi wykresu jest przyjęcie założenia, że ich długości odpowiadają zakresowi wartości każdej ze zmiennych (od wartości najmniejszej do największej). Metoda ta dobrze oddaje zróżnicowanie rozkładu wartości – jest on rozciągnięty na całe pole wykresu. Nie zawsze natomiast jednostki świadczące o zależności zjawisk będą się grupować wzdłuż jego przekątnej. Tak skonstruowany wykres nie jest pomocny przy wyznaczaniu klas kartogramu. Na wykresach korelacyjnych (rys. 8A i B) przedstawiono wartości dwóch zjawisk: odsetek ludności wiejskiej oraz odsetek pracujących w rolnictwie w ogólnej liczbie pracujących według 37 powiatów województwa mazowieckiego w 2000 r. (z wyłączeniem powiatów miejskich). Położenie poszczególnych punktów (powiatów) wyznaczone zostało na podstawie wartości zmiennych. Ponieważ zależność zjawisk jest silna i wzrostowi jednej zmiennej towarzyszy wzrost drugiej zmiennej,

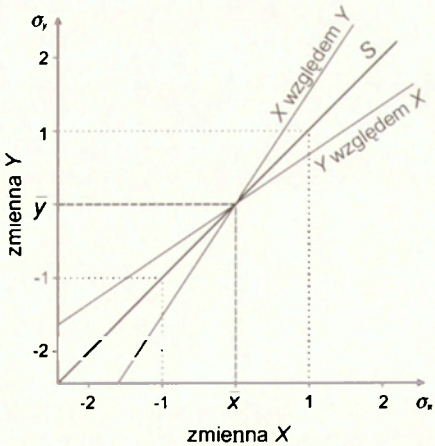


Rys. 8. Wyskalowanie osi wykresu korelacyjnego: A – przekątną wykresu stanowi linia regresji, B – długość osi odpowiada zakresowi wartości

Scaling the axes of the scattergram: A – the regression line is a diagonal of the scattergram, B – each axis ranges from minimum to maximum value

punkty układają się wzdłuż linii skośnie przecinającej pole wykresu (linia regresji). O sile zależności zmiennych świadczy rozrzut punktów wokół tej linii. Jeżeli jednostki leżące blisko linii regresji znajdą się na wykresie w pobliżu jego przekątnej (ryc. 8A), łatwo wyróżnić je w osobnych klasach wartości, a tym samym uwidocznić na mapie. Duża liczba takich jednostek świadczy o silnej zależności przedstawianych zjawisk. Takiej możliwości nie ma w przypadku, gdy długości osi wykresu odpowiadają dokładnie zakresowi wartości zmiennych (ryc. 8B). Mimo, że zależność zjawisk jest silna, większość jednostek nie grupuje się w klasach leżących na przekątnej wykresu.

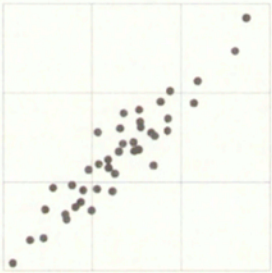
Zdarzają się jednak przypadki, kiedy prosta regresji nie jest pomocna przy konstrukcji wykresu wartości. Przykładem może być sytuacja, kiedy nie daje się określić, która ze zmiennych jest zmienną zależną, a która niezależną. Zdarza się to często przy prezentacji zjawisk geograficznych. Trudno wówczas dokonać wyboru jednej z dwóch linii regresji (*Y* względem *X* lub *X* względem *Y*). Ponadto w przypadkach, gdy przedstawiane zjawiska łączy słaba zależność statystyczna lub nie jest to zależność liniowa (linia regresji nie jest linią prostą) lub zależność statystyczna nie występuje w ogóle, wyznaczanie prostej regresji nie jest celowe. Na przekątnej legendy można stosować wówczas innego rodzaju linię, która świadczyłaby o ścisłości związku zjawisk. Zdaniem J. Olson (1975) może to być linia wyznaczona przez wartości odchyleń standardowych obu zmiennych. Jest to rozwiązanie najbardziej uniwersalne. Linię tę (ryc. 9) (oznaczoną literą *S*) wyznaczają wartości średnich arytmetycznych obu zjawisk ($\bar{x}, \bar{y}$) oraz wartości odchylenia standardowego (σ_x, σ_y) odmierzone po obu stronach wartości średnich. Linia ta jest jednocześnie dwusieczną kąta, którą tworzą dwie linie regresji (Eyton 1984).



Ryc. 9. Linia wyznaczona przez wartości odchyleń standardowych obu zmiennych (*S*)
Line of equal standard deviations

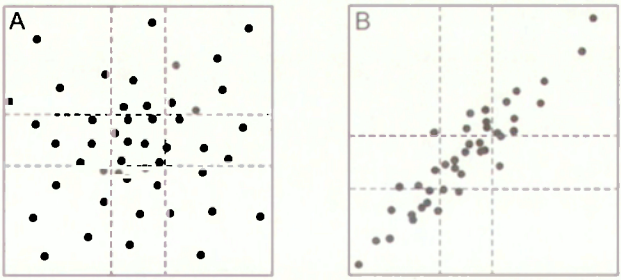
Wykres korelacyjny jest podstawą podziału wartości zjawisk na klasy. Podział każdej ze zmiennych jest równoznaczny z podziałem pola wykresu za pomocą dwóch zespołów prostych, równoległych do obu osi wykresu, na mniejsze prostokątne pola. Dotychczas niewiele wiadomo na temat zasad, którymi można się kierować przy wyznaczaniu klas kartogramu złożonego. Oto krótka charakterystyka sposobów wyznaczania klas, które można zastosować w przypadku tej formy prezentacji:

– **Przedziały o równej rozpiętości.** Metoda zachowująca stałą rozpiętość klas każdej ze zmiennych dobrze funkcjonuje tylko w przypadku niektórych rozkładów statystycznych. Raczej nie należy jej stosować wtedy, gdy zmienne są silnie skorelowane – taki podział prowadzi do wyznaczania klas pustych, a większość jednostek grupuje się w klasach leżących na przekątnej wykresu (ryc. 10).



Ryc. 10. Przedziały o równej rozpiętości dla zjawisk o silnej korelacji
Equal intervals classes for phenomena which are strongly correlated

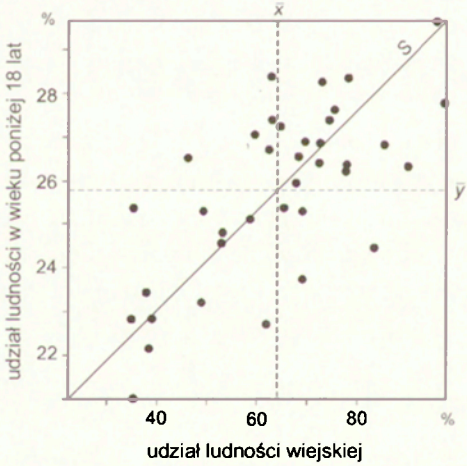
– **Przedziały o równej liczebności.** Osiągnięcie równej liczebności klas na kartogramie złożonym możliwe jest tylko w szczególnych przypadkach. Jeżeli zjawiska są silnie skorelowane, nie da się spełnić tego warunku. Możliwy jest wówczas taki podział, aby podobną liczebność miały jedynie klasy leżące na przekątnej legendy (ryc. 11). Dążenie do zachowania podobnej li-



Ryc. 11. Próba wyznaczenia przedziałów o równej liczebności: A – dla zjawisk nieskorelowanych, B – dla zjawisk o silnej korelacji
An attempt to select equal frequency classes: A – for uncorrelated phenomena, B – for strongly correlated phenomena

czebności klas często jest brane pod uwagę przy podziałach opartych na innych cechach zbiorów wartości. Zostanie to omówione przy okazji prezentowania kolejnych sposobów wyznaczania klas.

– **Przedziały wyznaczone za pomocą średniej arytmetycznej.** Metoda ta umożliwia dokonanie podziału wartości każdej ze zmiennych na parzystą liczbę klas, a więc na opracowanie kartogramu złożonego o czterech lub szesnastu klasach. Ze względu na czytelność mapy tylko pierwsze z tych rozwiązań może być stosowane. Przedziały, których granice stanowi średnia arytmetyczna, oparte są na jednej z podstawowych miar statystycznych, a kryterium podziału jest łatwe do zrozumienia dla odbiorcy – wszystkie wartości dzielą się na te powyżej i te poniżej średniej. Zarówno linia regresji, jak i linia wyznaczona przez wartości odchyleń standardowych obu zmiennych, przechodzą przez punkt wyznaczony przez średnie arytmetyczne obu prezentowanych zbiorów. Wadą tej metody są jednak problemy z wyznaczeniem innej liczby klas niż cztery. Na wykresie (ryc. 12) przedstawiono wartości dwóch zmiennych – udział ludności wiejskiej oraz udział ludności w wieku poniżej 18 lat – dla 37 powiatów województwa mazowieckiego. Przekątną wykresu stanowi linia wyznaczona przez wartości odchyleń standardowych obu zmiennych (oznaczona na rycinie literą *S*).



5	16
12	4

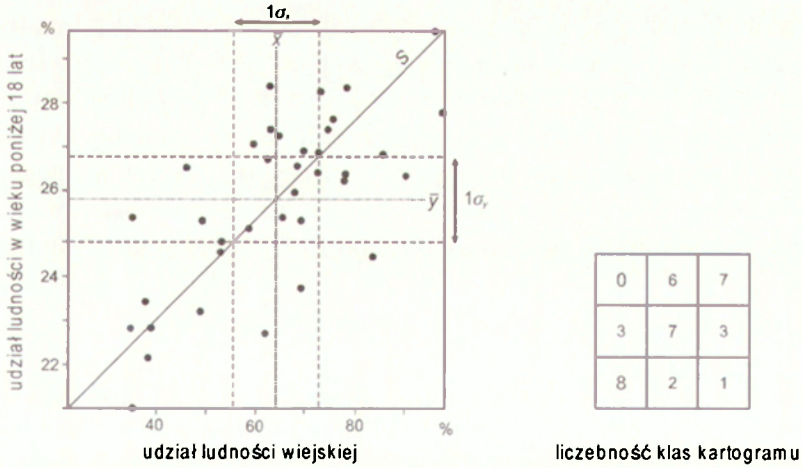
liczebność klas kartogramu

Ryc. 12. Przedziały wyznaczone za pomocą średniej arytmetycznej ($\bar{x}, \bar{y}$)
Data set division using arithmetical means ($\bar{x}, \bar{y}$)

– **Przedziały symetryczne względem średniej arytmetycznej** – Za pomocą tej metody każdy ze zbiorów wartości dzielony jest na trzy klasy, możliwe jest więc opracowanie kartogramu złożonego o dziewięciu klasach. Granice przedziałów środkowych umieszcza się symetrycznie w stosunku do

średniej arytmetycznej, przy jednoczesnym zachowaniu podobnej liczebności klas. Metoda ta łączy dwie istotne koncepcje wyznaczania przedziałów kartogramu – średniej arytmetycznej i kwantyli, a więc opiera się na dwóch ważnych cechach zbiorów wartości. Jest to również dobra alternatywa do omówionej wcześniej metody średniej arytmetycznej w przypadku, gdy liczba przedziałów kartogramu złożonego ma być większa niż cztery.

– Przedziały wyznaczone za pomocą wartości odchyleń standardowych obu zmiennych. Ideą tej metody jest wybór takich granic klas, aby linia wyznaczona przez wartości odchyleń standardowych obu zmiennych (oznaczana w tej pracy literą *S*), którą przyjmuje się jako przekątną wykresu korelacyjnego, była również przekątną pól utworzonych przez klasy leżące na tej przekątnej. W przypadku wyznaczania czterech klas kartogramu (2×2), warunek ten spełnia podział oparty na średniej arytmetycznej. Kartogram o szesnastu klasach (4×4) można opracować wyznaczając dwie dodatkowe granice – odmierzając po obu stronach średniej arytmetycznej jednostkę odchylenia standardowego. Ta liczba klas jest jednak zbyt duża. Wyznaczenie dziewięciu klas kartogramu złożonego (3×3) jest możliwe tylko wtedy, gdy środkowy przedział wyznaczy się w ten sposób, aby był on symetryczny względem średniej, a jednocześnie aby jego granice przecinały się na linii wyznaczonej przez wartości odchyleń standardowych (*S*) (ryc. 13). Podobnie, jak w przypadku stosowania tej metody dla kartogramu prostego, rozpiętość przedziałów można dobrać w ten sposób, aby liczebność poszczególnych klas była zbliżona. Stosując tę metodę wykorzystuje się trzy istotne miary statystyczne – średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe i liczebność zbioru.



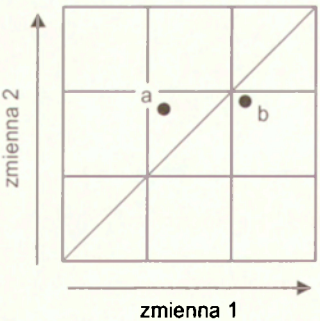
Ryc. 13. Podział uwzględniający wartości odchyleń standardowych obu zmiennych (σ_x, σ_y)

Data set division based on the line of equal standard deviations (σ_x, σ_y)

– **Przedziały wyznaczone na podstawie linii regresji.** Zasada, na której opiera się ta metoda jest podobna do tej, którą wykorzystuje się do wyznaczenia przedziałów za pomocą wartości odchyleń standardowych. Należy ją stosować wtedy, gdy na przekątnej wykresu umieszcza się linię regresji. Jest to możliwe w przypadku, gdy zależność przedstawianych zjawisk jest silna, regresja ma postać liniową i możliwe jest ustalenie zmiennych zależnej i niezależnej.

W przypadku kartogramu złożonego można stosować również niesformalizowane sposoby wyznaczania klas, które ani nie opierają się na miarach statystycznych, ani nie są związane z rozkładem wartości zbiorów. Należą do nich np. przedziały normatywne – oparte na wartościach istotnych tylko dla przedstawianych zjawisk. Na mapach zanieczyszczenia środowiska mogą to być na przykład dopuszczalne normy emisji zanieczyszczeń.

Wszystkie omówione wyżej metody polegają na podziale zbiorów wartości każdej ze zmiennych niezależnie od wartości drugiej zmiennej. Stanowią one adaptację metod stosowanych dla kartogramów prostych, nie wyczerpują jednak wszystkich możliwości wyznaczenia klas kartogramu złożonego. Do poszukiwania innych sposobów dzielenia wartości dwóch zjawisk na klasy skłaniają wady omówionych powyżej metod. Warto zauważyć, że podział, który na wykresie korelacyjnym tworzy pola w kształcie prostokątów, może zafałszowywać obraz zależności zachodzących między przedstawianymi zjawiskami. Jak już wspomniano, stopień rozrzutu punktów wokół linii regresji lub linii wyznaczonej przez wartości odchyleń standardowych (S), świadczy o sile tych zależności. Na mapie obrazem silnego związku jest duża liczba jednostek grupujących się w klasach, które przecina jedna z tych linii (najlepiej, jeżeli stanowi ona jednocześnie przekątną legendy). W klasach tych mogą znaleźć się obserwacje o znacznych odchyleniach od przekątnej (np. punkt oznaczony na rycinie 14 literą a), a obserwacje o niewielkich odchyleniach (np. punkt oznaczony literą b) mogą należeć do klas, których przekątna nie przecina. Obraz zależności widoczny na mapie nie będzie zatem odzwierciedlał faktycznie istniejącego związku (Olson 1975; Carstensen 1984). Byłoby

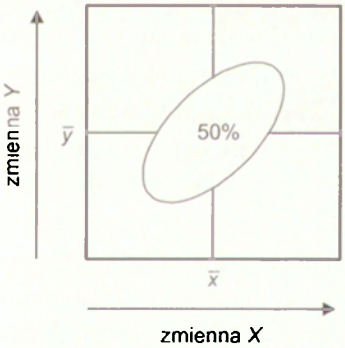


Ryc. 14. Zafałszowanie obrazu zależności zjawisk spowodowanego podziałem wartości na klasy za pomocą prostych równoległych do osi wykresu

An error caused by rectangular shape of classes in two-variable choropleth map legend

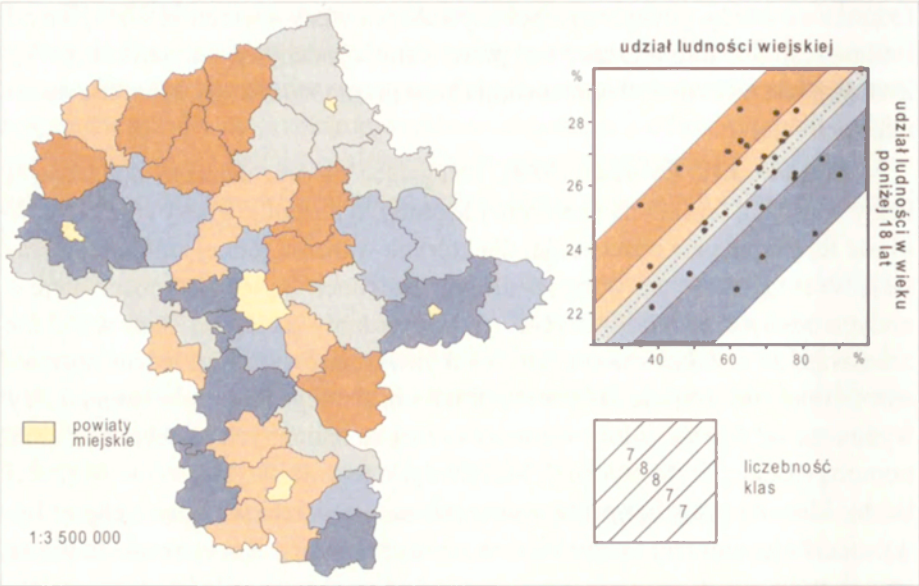
to możliwe wtedy, gdyby mapa pokazywała prawdziwą wielkość odchyleń od linii regresji (lub linii wyznaczonej przez wartości odchyleń standardowych S). Znanych jest kilka metod opracowania kartogramu złożonego, które ten warunek spełniają:

– **Metoda J.R. Eytona** (1984), polegająca na wyznaczeniu dodatkowej klasy wartości, leżącej na przekątnej legendy, o kształcie elipsy (ryc. 15). W klasie tej grupują się obserwacje, dla których wartości jednej zmiennej wzrastają wraz ze wzrostem wartości drugiej zmiennej. Są to więc obserwacje o małych odchyleniach od linii regresji. Elipsoidalny kształt tej klasy wynika z założenia, że rozkład zmiennych jest dwuwymiarowym rozkładem normalnym, elipsa zaś grupuje 50% wszystkich obserwacji. Pozostałe cztery klasy wyznacza się dzieląc zbiory wartości każdej ze zmiennych na dwie części za pomocą średniej arytmetycznej. Możliwe jest również wyznaczenie większej liczby klas, na przykład przez wprowadzenie podziału wewnątrz elipsy lub wyznaczenie większej liczby klas na zewnątrz od niej. Rozwiązania te nie są jednak polecane ze względu na gorszą czytelność mapy. Podstawową zaletą opisanej metody jest wydzielenie w osobnej klasie obserwacji o niewielkich odchyleniach od przekątnej legendy. Ograniczeniem jej zastosowania jest jednak założenie o normalności rozkładów, które nieczęsto spotyka się w badaniach geograficznych. Nie wiadomo również, jak odbiorca radzi sobie z interpretacją tej dosyć niestandardowej postaci legendy.



Ryc. 15. Wyznaczanie klas kartogramu złożonego wg J.R. Eytona (1984)
Class selection method according to J.R. Eyton (1984)

– **Przedziały wyznaczone prostymi równoległymi do przekątnej legendy.** Jest to propozycja sformułowana przez J. Olson (1975). Stosowanie jej ma sens wtedy, gdy przekątna jest linią regresji lub linią równych jednostek odchylenia standardowego. Tak opracowana mapa (ryc. 16) jest mapą odchyleń od jednej z tych linii (w przypadku linii regresji jest to mapa reszt z regresji). Przy wyborze granic przedziałów kierowano się zasadą równej ich liczebności. Trudna jest tu interpretacja granic klas, nie są one bowiem wartościami stałymi, lecz równaniami prostych. Mogą być one zatem niezrozumiałe dla

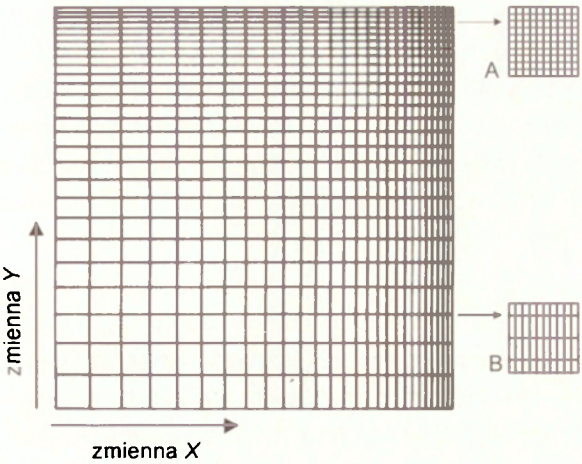


Ryc. 16. Kartogram, na którym przedziały wyznaczono prostymi równoległymi do przekątnej legendy

Choropleth map – classes are arranged parallel to the line of equal standard deviations

odbiorcy nie znającego pojęć korelacji i regresji. Kartogram wykonany tą metodą dobrze oddaje przestrzenne zróżnicowanie zależności zjawisk, traci się natomiast wszelką informację na temat rozmieszczenia pojedynczych zjawisk. J. Olson (1975) rozważała możliwość dodania do takiej mapy informacji o wartościach przedstawianych zjawisk, które możnaby pokazać za pomocą deseni. Wydaje się to jednak rozwiązaniem zbyt skomplikowanym.

– **Kartogram złożony ciągły.** Jest to metoda eliminująca z mapy błędy związane z wyznaczaniem klas. Znane są jej dwie odmiany: kartogram złożony ploterowy (ryc. 17) i kartogram złożony ciągły barwny. Metodę kartogramu złożonego ploterowego zaproponowali L.W. Carstensen (1982) oraz S. Lavin i J.C. Archer (1984). Zagęszczenie linii prostych wzrasta wraz z wartościami każdej ze zmiennych – zmiennej X odpowiadają linie pionowe, zmiennej Y – linie poziome. Linie są do siebie prostopadłe i tworzą rodzaj kratkowego desenia. Jego gęstość zmienia się w sposób ciągły. Warto zauważyć, że jeżeli wielkości obu zmiennych są podobne (np. obie są wysokie), relacji tej odpowiada deseń, w którym kształty tworzących go figur są zbliżone do kwadratów. Na rycinie 17 fragment takiego desenia oznaczono literą A. Jeżeli wartości zmiennych różnią się – np. wysokim wartościom zmiennej X odpowiadają niskie wartości zmiennej Y – kształty prostokątów stają się wydłużone (fragment B). Jeżeli osie wartości wyskalowane zostaną w ten sposób, aby na przekątnej legendy znalazła się jedna z linii regresji, proporcja boków prostoką-



Rye. 17. Legenda kartogramu złożonego ploterowego wg L.W. Carstensena (1982)

A continuously shaded two-variable map legend according to L.W. Carstensen (1982)

tów (kształt desenia) będzie odzwierciedlać wielkość odchyleń od tej linii (Carstensen 1986a).

System barw, który umożliwia opracowanie kartogramu złożonego ciągłego barwnego, zaproponował J.R. Eyton (1984). Sam autor zauważył jednak, że kartogram ten nie funkcjonuje dobrze ze względu na ograniczone możliwości percepcyjne odbiorcy. Metoda ta wymaga zastosowania zbyt wielu (nierozróżnialnych dla odbiorcy) odcieni barw, a ponadto na mapie nie powstają większe obszary o jednolitej barwie, tak, jak ma to miejsce w przypadku kartogramu skokowego, przez co obraz zależności zjawisk jest trudniejszy do interpretacji.

4.4. OPRACOWANIE GRAFICZNE

Rozwiązania graficzne stosowane na kartogramie złożonym powinny umożliwiać odbiorcy:

– rozróżnienie dwóch przedstawianych zmiennych i odczytanie wartości każdej z nich,

– interpretację łączących je zależności.

Mogą to być dwa rodzaje skal graficznych: deseniowa lub barwna. Podobnie jak w przypadku kartogramu prostego, zmienną graficzną różnicującą natężenie każdego ze zjawisk powinna być jasność (zgodnie z zasadą „im więcej tym ciemniej"). Rozróżnienie zmiennych umożliwiają kierunek i barwa (Przewoźnik 1989).

Przykładem skali deseniowej dla kartogramu złożonego jest legenda kartogramu ploterowego zaproponowana przez L.W. Carstensena (1982) (ryc. 17). Natężenie każdego ze zjawisk jest proporcjonalne do zagęszczenia linii,

a zmienne rozróżnione zostały ich kierunkiem. Stosując podobną zasadę można opracować skalę deseniową również dla kartogramu skokowego. Możliwe jest także zastosowanie na kartogramie złożonym deseni barwnych; zmienne rozróżnione są wówczas zarówno kierunkiem, jak i barwą. Skale deseniowe mają jednak swoje ograniczenia. Desenie mogą być nieczytelne, jeżeli stosuje się je w małych polach odniesienia, są męczące dla oczu i wizualnie mniej atrakcyjne niż mapy z powierzchniami barwnymi.

Często stosowanym w praktyce rozwiązaniem jest rozróżnienie obu zmiennych w ten sposób, aby jedną oznaczyć za pomocą skali deseniowej, a drugą za pomocą powierzchniowej skali barwnej. Nie jest to dobre rozwiązanie, ponieważ wprowadza ono hierarchizację zmiennych – zmienna przedstawiona barwami powierzchniowymi jest lepiej widoczna i może wydawać się bardziej istotna niż ta przedstawiona deseniem. Nie jest to pożądane, jeżeli obie zmienne są tak samo ważne dla przedstawianego zagadnienia. Takie rozwiązanie graficzne umożliwia czytelnikowi łatwe rozróżnienie zmiennych i odczytywanie rozmieszczenia pojedynczych zjawisk, natomiast zależności stają się informacją drugoplanową. Z tego względu opracowując kartogram złożony, którego celem jest informowanie czytelnika o zależnościach zjawisk, lepiej jest stosować ten sam rodzaj skal graficznych do oznaczenia obu zmiennych – skale deseniowe lub powierzchniowe skale barwne.

Rozróżnienie zmiennych wyłącznie za pomocą barw wiąże się z opracowaniem odpowiedniej skali, co jest zadaniem znacznie trudniejszym niż w przypadku kartogramu prostego. Od poprawnej konstrukcji legendy zależy w dużym stopniu czytelność mapy. Wiele cennych wskazówek w tym zakresie podała J. Olson (1975). Podstawowe zasady, którymi należy się tu kierować, dotyczą rozróżnialności oraz prawidłowego uporządkowania barw. Można je sformułować następująco:

– legenda kartogramu złożonego powinna wyglądać jak połączenie dwóch sekwencji barw, z których każda reprezentuje jedno ze zjawisk, dzięki czemu rozróżnialna staje się każda zmienna jako całość;

– dobrze rozróżnialne powinny być wszystkie odcienie barw, a także poszczególne klasy każdej z przedstawianych zmiennych („kolumny" i „wiersze" legendy);

– wizualne odstępy między poszczególnymi odcieniami powinny być równe;

– legenda powinna być skonstruowana na wzór wykresu wartości tak, aby niskie wartości obu zmiennych znajdowały się w jej lewym dolnym rogu, a wysokie w prawym górnym rogu;

– barwy powinny być logicznie uporządkowane, co odzwierciedla porządek wartości każdej z przedstawianych zmiennych; wzrostowi wartości zmiennych powinno towarzyszyć przechodzenie od barw jasnych do ciemnych.

Jeżeli skala barw spełnia te kryteria, odbiorca może uzyskać z mapy informację o tym, gdzie znajdują się jednostki o wysokich lub niskich wartościach danej zmiennej, a także kombinacje wartości zmiennych (np. niska – wysoka, wysoka – wysoka). Jest to informacja wystarczająca na elementarnym poziomie czytania mapy. Prawidłową interpretację obrazu zależności zjawisk umożliwia przyjęcie kolejnych zasad:

– klasy wartości skrajnych (w rogach kwadratu legendy) powinny wyróżniać się spośród pozostałych klas dzięki przedstawieniu ich czystymi i nasyconymi barwami;

– również barwy leżące na przekątnej legendy powinny być w pewien sposób wyróżnione i logicznie uporządkowane, gdyż wskazują one na istnienie zależności zjawisk;

– należy dobrze rozróżnić barwy powyżej i poniżej przekątnej legendy tak, aby na mapie widoczne były obszary dodatnich i ujemnych odchyleń od linii stanowiącej przekątną legendy;

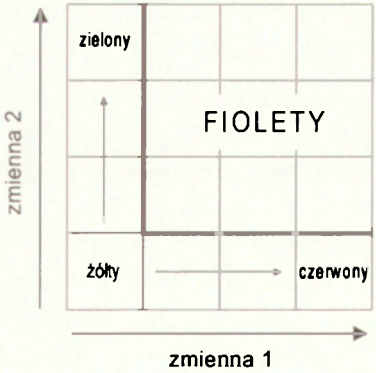
– barwy zastosowane w legendzie powinny łączyć się wizualnie w pewne kategorie, co ułatwia interpretację mapy.

Łatwo zauważyć, że nie jest możliwe równoczesne zachowanie zasad dobrej rozróżnialności poszczególnych kolumn i wierszy oraz uwidocznienia przekątnej legendy i obszarów powyżej i poniżej przekątnej. Jeżeli przyjąć, że legenda kartogramu złożonego zostałaby skonstruowana według pierwszej z tych zasad, można by z takiej mapy uzyskać informację o zakresie wartości, jakie przyjmuje jedna zmienna dla tych jednostek, dla których wartość drugiej zmiennej jest np. wysoka lub niska. Przyjęcie drugiej zasady pozwoliłoby odbiorcy mapy na określenie, czy istnieje zależność między przedstawianymi zmiennymi oraz gdzie znajdują się jednostki, które nie podlegają tej zależności (Trumbo 1981). Wybór jednego z tych rozwiązań zależy od tego, jaka informacja ma być na mapie lepiej widoczna – informacja o rozmieszczeniu przedstawianych zjawisk czy o ich zależności.

Skalą barwną, której w literaturze kartograficznej dotyczącej kartogramu złożonego poświęcono najwięcej uwagi, jest system opracowany i stosowany w latach 70. przez amerykańskie Biuro Spisowe. Jest to system budzący wiele kontrowersji, zwłaszcza ze względu na słabą czytelność opracowanych przy jego zastosowaniu map. Metoda opracowania kartogramów Biura Spisowego polegała na nałożeniu na siebie dwóch wcześniej opracowanych kartogramów prostych. Skala barw jest więc wypadkową dwóch skal barwnych stosowanych na kartogramach prostych. Ponieważ każdy z przedstawianych zbiorów wartości dzielono na cztery klasy, legenda kartogramu złożonego składa się z 16 odcieni kolorów (Meyer, Broom, Schweizer 1975) (ryc. 18). Zmienna, której wartości wzrastają wzdłuż osi odciętych, przedstawiona jest za pomocą

Ryc. 18. Skala barw kartogramu złożonego stosowana przez US Bureau of the Census
Color scheme for two-variable choropleth maps according to US Bureau of the Census

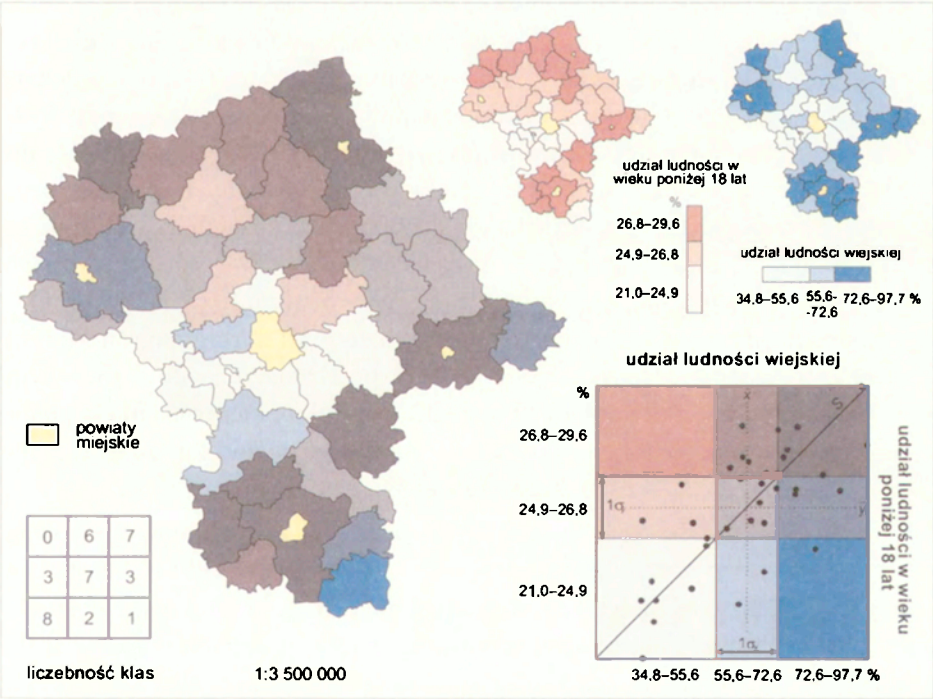
skali od barwy żółtej poprzez kolejne stopnie jasności magenty (purpury), druga zmienna, na osi rzędnych, również od barwy żółtej poprzez kolejne stopnie jasności cyanu (błękitu). Zastosowanie barwy żółtej do oznaczenia najniższych wartości zmiennych nie jest rozwiązaniem optymalnym nawet w przypadku kartogramu prostego. Taka sekwencja barw sprawia wrażenie, ze najniższa klasa jest elementem odrębnym od trzech pozostałych klas, nie uwidacznia więc prawidłowo porządku wartości przedstawianej zmiennej. Z tej samej przyczyny również legenda kartogramu złożonego, na której barwą żółtą oznaczono klasy najniższe obu zmiennych, wizualnie dzieli się na dwie odrębne części: lewą kolumnę i najniższy rząd (w tej części dodana jest barwa żółta) oraz resztę, w postaci kwadratu zawierającego pola o różnych, lecz słabo wizualnie rozróżnialnych odcieniach fioletu (Trumbo 1981) (ryc. 19). Ponadto w legendzie tej z nałożenia barwy żółtej i niebieskiej powstaje barwa zielona, która postrzegana jest jako barwa samodzielna, a nie wypadkowa tworzących ją barw. Jedyną zaletą tak skonstruowanej legendy jest dobre rozróżnienie barw w rogach kwadratu legendy, przedstawiających ekstremalne wartości zjawisk. Tę właśnie informację najłatwiej jest uzyskać z omówionych kartogramów.



Ryc. 19. Wizualny podział legendy barwnej kartogramu złożonego stosowanej przez US Bureau of the Census wg. B.E. Trumbo (1981)
Visual division of the color scheme used by US Bureau of the Census according to B.E. Trumbo (1981)

Jednym z możliwych sposobów modyfikacji systemu barw, stosowanego przez Biuro Spisowe, jest zastąpienie barwy żółtej do oznaczenia najniższych klas wartości, barwą białą. Każda ze zmiennych reprezentowana jest wówczas przez skalę jednotonalną. Dobrze rozróżnialne są barwy poniżej i powyżej

przekątnej legendy: odcienie purpury oznaczają jednostki o niskich wartościach pierwszej zmiennej i wysokich wartościach drugiej zmiennej, odcienie błękitu – wysokie wartości pierwszej zmiennej i niskie wartości drugiej. Klasy w rogach legendy otrzymują cztery różne barwy: białą, purpurową (magenta), ciemnofioletową i błękitną (cyan). Możliwe jest również wizualne wyróżnienie jednostek leżących na przekątnej – przedstawione są sekwencją barw od białej poprzez coraz ciemniejsze odcienie fioletu (Robinson i in. 1995). Zdaniem kilku autorów artykułów poświęconych kartogramowi złożonemu rozwiązanie to jednak zbyt słabo wyróżnia jednostki leżące na przekątnej legendy, przez co mapa nie informuje w sposób wystarczający o zależnościach zmiennych (Feinberg 1979; Weiner, Francolini 1980). Wykorzystując opisane powyżej rozwiązanie graficzne opracowano kartogram złożony województwa mazowieckiego (ryc. 20). Przedziały wyznaczono metodą wykorzystującą wartości odchyleń standardowych obu zmiennych. Klasy wartości najniższych nie oznaczono barwą białą, lecz jasnymi odcieniami purpury (magenta) i błękitu (cyan). Dzięki temu wszystkie trzy klasy leżące na przekątnej legendy utrzymane są w tonacji fioletu. Informację zawartą na kartogramie złożonym



Ryc. 20. Kartogram złożony – przedziały wyznaczono metodą wykorzystującą wartości odchyleń standardowych obu zmiennych

Two-variable choropleth map – classes are selected using the method of equal standard deviations

uzupełniono dwoma kartogramami prostymi przedstawiającymi rozmieszczenie obu zjawisk.

Prosty i logiczny układ barw w legendzie kartogramu złożonego zaproponował J.R. Eyton (1984). Podstawą pomysłu jest zastosowanie barw dopełniających na oznaczenie obu zmiennych. Ponieważ na przekątnej legendy wartości zmiennych należą do tych samych klas, barwy mieszają się w równych proporcjach, dając w efekcie odcienie szarości, od bieli do czerni (ryc. 21). Ten układ barw spełnia kryteria sformułowane przez J. Olson (1975). Wszystkie odcienie są dobrze rozróżnialne i oddają porządek wartości zmiennych;

Ryc. 21. Skala barw kartogramu złożonego wg J.R. Eytona (1984)
Color scheme for two-variable choropleth maps according to J.R. Eyton (1984)

możliwe jest wydzielenie obrazu jednej zmiennej, ponieważ każdą z nich reprezentuje tylko jedna barwa. Dobrze rozróżnialne są klasy leżące na przekątnej, oznaczone barwą szarą, oraz klasy znajdujące się w rogach legendy. System barw dopełniających zastosowany został przez J.R. Eytona (1984) do wspomnianych już wcześniej kartogramów ciągłych barwnych oraz kartogramu skokowego, na którym wartości leżące na przekątnej legendy włączone są do klasy o kształcie elipsy (ryc. 15). Klasa środkowa (elipsa) otrzymuje barwę szarą, pozostałe cztery klasy barwy: białą, czerwoną, czarną i niebieską. Odmiennych rozwiązań graficznych wymaga natomiast kartogram, na którym klasy wyznaczono prostymi równoległymi do przekątnej legendy. Najlepszym rozwiązaniem jest skala dwutonalna rozbieżna. Tak opracowana mapa pokazuje przestrzenne zróżnicowanie wielkości odchyleń od linii stanowiącej przekątną legendy, nie zaś rozmieszczenie zjawisk (ryc. 16).

Różne możliwości projektowania skal barwnych na potrzeby opracowań kartograficznych wyczerpująco omówiła C.A. Brewer (1994). Autorka ta wyróżniła cztery podstawowe rodzaje skal barwnych, które mogą być stosowane do przedstawiania na mapie pojedynczych zjawisk geograficznych – skale jakościowe („qualitative schemes"), skale binarne („binary schemes") – czyli dwustopniowe skale jasności, skale jasności („sequential schemes"), wśród których można wyróżnić skalę szarości, skale barwne jednotonalne lub wielotonalne oraz skalę spektralną, a także skale rozbieżne („diverging schemes").

Nakładając na siebie, w różnych kombinacjach, powyższe skale, można otrzymać różne rozwiązania graficzne, służące do jednoczesnego przedstawienia na mapie dwóch zjawisk. C.A. Brewer podała szczegółowe wskazówki dotyczące możliwości praktycznego zastosowania uzyskanych w powyższy sposób rozwiązań graficznych. Wybór odpowiedniej skali barwnej powinien być bowiem zależny od charakteru przedstawianych danych statystycznych. W przypadku, gdy na mapie mają być przedstawione dwie zmienne o charakterze ilościowym, autorka omawianego opracowania zaleca stosowanie skali barw, która powstaje z nałożenia na siebie dwóch barwnych skal jasności. Wskazówka ta potwierdza więc wcześniej omówione zasady, którymi należy się kierować projektując skale barwne dla kartogramu złożonego. W tak opracowanej skali barw, za pomocą jasności należy uwidocznić różnice w natężeniu każdego ze zjawisk, zaś kolorem rozróżnić oba przedstawione zjawiska. Skalę powstającą z nałożenia barw dopełniających, którą zaproponowała C.A. Brewer (ryc. 22 A) – w odróżnieniu od skali Eytona – tworzą barwy żółto-pomarańczowa i niebieska.

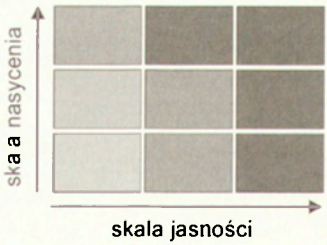
Ryc. 22. Dwuzmienne skale barw otrzymane przez połączenie: A – dwóch barw dopełniających, B – skali jakościowej i skali jasności, C – skali rozbieżnej i skali jasności

Two-variable color schemes combination of: A – two sequential schemes based on complementary hues, B – qualitative and sequential schemes, C – diverging and sequential schemes

Z punktu widzenia opracowywania skal barwnych dla kartogramu złożonego interesujące są jeszcze dwa rozwiązania zaproponowane przez C.A. Brewer (ryc. 22 B, C). Skala B powstaje z połączenia wielobarwnej skali jakościowej ze skalą jasności. Takie rozwiązanie graficzne, zdaniem C.A. Brewer, jest odpowiednie do przedstawienia dwóch zmiennych, z których jedna jest zmienną jakościową, a druga zmienną ilościową. W praktyce zdarza się, że takie skale barwne bywają stosowane do przedstawienia dwóch zmiennych ilościowych. Rozwiązania takiego nie można uznać za optymalne, gdy celem prezentacji jest uwidocznienie zależności zjawisk. Tak opracowany kartogram złożony nie zawiera bowiem informacji o zależnościach, umożliwia natomiast czytanie rozmieszczenia poszczególnych klas zmiennej jakościowej.

Skala barw na rycinie 22 C powstała z połączenia skali jasności ze skalą rozbieżną. To, że jedna z nałożonych na siebie skal jest rozbieżna, można zauważyć dzięki barwie szarej, która nadana została środkowym klasom na poziomej osi legendy. Stosowanie takiej skali barwnej na kartogramie złożonym może być w niektórych przypadkach uzasadnione. Skale rozbieżne, zdaniem C.A. Brewer, należy stosować wtedy, gdy celem prezentacji ma być uwidocznienie odchyleń od pewnej wartości, która usytuowana jest w środkowej części zbioru danych, np. średniej, mediany lub wartości zerowej. W ten sposób można na przykład przedstawić saldo migracji lub przyrost naturalny; jest to możliwe również na kartogramie złożonym. Warto jednak zauważyć, że skalę powstałą z nałożenia skali jasności i skali rozbieżnej czyta się podobnie jak tę z ryciny 22 B – łatwo jest tylko zauważyć zróżnicowanie wartości jednej zmiennej w ramach poszczególnych klas drugiej zmiennej. Trudno natomiast oczekiwać, aby czytelnik tak opracowanego kartogramu złożonego potrafił przeczytać przestrzenne zróżnicowanie zależności przedstawionych na mapie zjawisk.

Jeszcze inną propozycję opracowania skali barwnej dla kartogramu złożonego można znaleźć w artykule E.S. Nelson (2000b), poświeconym eksperymentalnym badaniom percepcji różnych rodzajów legendy krzyżowej. Autorka tych badań zaproponowała skalę barwną, w której jedna zmienna wyróżniona jest za pomocą jasności barwy, a druga za pomocą jej nasycenia (ryc. 23). Rozwiązanie to nie wydaje się optymalne w przypadku kartogramu złożonego. Przede wszystkim niezwykle trudno jest oddzielić od siebie obraz obu zmiennych, a dodatkowo większość odcieni barw jest słabo rozróżnialna.



Ryc. 23. Skala barw kartogramu złożonego wg E.S. Nelson (2000b)
Two-variable color scheme according to E.S. Nelson (2000b)

Badania przeprowadzone przez E.S. Nelson zasługują jednak na uwagę, ponieważ są one pomocne w lepszym poznaniu procesu czytania statystycznych map „dwuzmiennych" (czyli przedstawiających jednocześnie dwa zjawiska). W procesie czytania takich map ważną rolę odgrywa zdolność do tzw. uwagi selektywnej, nazywanej również uwagą wybiórczą. Jest to umiejętność, która polega na skupieniu uwagi na jednym wymiarze bodźca przy jednoczesnym ignorowaniu innych jego wymiarów (Zimbardo 1999). W przypadku prezentacji graficznych takimi wymiarami są zmienne graficzne; mogą to być

na przykład dwie składowe barwy – kolor i jasność, które wykorzystuje się do opracowywania skal barwnych na kartogramie złożonym. Jeżeli dwa wymiary bodźca (czyli np. dwie zmienne graficzne) mogą być postrzegane niezależnie od siebie, a wiec łatwo jest skupić uwagę tylko na jednym z nich, wymiary te określa się jako rozłączne (ang. „separable"). Jeżeli skupienie uwagi tylko na jednym wymiarze bodźca jest trudne, oznacza to, że są one ze sobą zgrupowane i określa się je jako łączne lub całościowe (ang. „integral") (MacEachren 1995).

Na proces czytania legendy krzyżowej ma wpływ charakter zastosowanych na niej zmiennych graficznych. Jeżeli zmienne te są rozłączne, oznacza to, że możliwe jest skupienie uwagi na każdej z nich niezależnie od drugiej zmiennej. Wykorzystanie takich zmiennych na mapie umożliwi więc użytkownikowi skupienie się tylko na jednym z przedstawionych zbiorów wartości i postrzeganie go niezależnie od wartości drugiego zjawiska. Przykładami typowych zmiennych rozłącznych jest wielkość-kolor, kształt-kolor. Uwaga selektywna nie jest natomiast możliwa w przypadku zmiennych całościowych. Wykorzystanie takich zmiennych na mapie powoduje, że użytkownik nie jest w stanie rozdzielić dwóch przedstawionych zjawisk, z łatwością natomiast przeczyta ich wzajemne zależności. Jest to wiec dobry sposób na przedstawienie korelacji dwóch zbiorów danych. Przykładem zmiennych łącznych jest wysokość i szerokość diagramów prostokątnych. Wyróżniane są również inne, pośrednie między rozłącznymi i całościowymi, kategorie zmiennych (Nelson 2000b).

Wspomniane badania E.S. Nelson, na które składała się seria eksperymentów (Nelson 1996, 1999, 2000a, 2000b), dotyczyły uwagi wybiórczej w odniesieniu do znaków „dwuzmiennych" tradycyjnie stosowanych w kartografii. Były to głównie sygnatury i diagramy, na których do rozróżnienia dwóch wymiarów zastosowano znane zmienne graficzne, łączone parami w różnych kombinacjach. Metoda badania uwagi wybiórczej została opracowana przez psychologów – jest to rodzaj testu, który składa się z różnych pytań, tak dobranych, aby czas udzielenia na nie odpowiedzi, odnotowywany w trakcie eksperymentu, mógł być podstawą do rozróżnienia, do jakiej kategorii należą badane zmienne wizualne. Tylko jeden z eksperymentów E.S. Nelson (2000b) przeprowadzony został z wykorzystaniem prawdziwych map (pozostałe dotyczyły percepcji tylko pojedynczych znaków). Sprawdzono w nim między innymi, w jaki sposób czytany jest kartogram złożony, na którym przedstawiane zjawiska rozróżniono za pomocą nasycenia i jasności barwy (ryc. 23). Na podstawie wyników testu powyższe zmienne graficzne zostały zakwalifikowane do kategorii zmiennych całościowych. Oznacza to, że takie rozwiązanie graficzne powinno ułatwiać odbiorcy mapy czytanie korelacji przedstawionych

zjawisk; nie jest natomiast możliwe wzrokowe rozdzielenie obu składowych barwy, a więc również nie jest możliwe niezależne postrzeganie rozmieszczenia każdego z przedstawionych na mapie zjawisk (Nelson 2000b).

Niestety, podobnych badań nie przeprowadzono dla innych, moim zdaniem lepszych, rozwiązań graficznych możliwych do wykorzystania na kartogramie złożonym, np. takich, które powstają z połączenia dwóch sekwencji barw – każdej reprezentującej jedno zjawisko. Wydaje się, że te zmienne graficzne prawdopodobnie nie miałyby charakteru ani typowych zmiennych łącznych, ani rozłącznych, i że na tak opracowanym kartogramie złożonym możliwe jest czytanie zarówno zależności zjawisk jak i, do pewnego stopnia, również informacji o rozmieszczeniu pojedynczych zjawisk. Potwierdzenie tej hipotezy wymagałoby jednak przeprowadzenia odpowiednich badań.

Charakter typowych zmiennych rozłącznych mają natomiast barwa i deseń, które można wykorzystać do rozróżnienia dwóch zjawisk prezentowanych na mapie. Przekonują o tym wyniki badań A.M. MacEachrena i współautorów (1998). Jak już wspomniano na początku tego podrozdziału, rozwiązanie to nie jest polecane w przypadku kartogramu złożonego, ponieważ wprowadza hierarchizację przedstawianych zjawisk. Znajduje ono jednak zastosowanie wtedy, gdy informacja przedstawiona deseniem ma charakter drugoplanowy i jedynie uzupełnia podstawową treść mapy (przedstawioną za pomocą powierzchniowej skali barw). A.M. MacEachren i współautorzy (1998), analizując możliwości uzupełnienia podstawowej treści kartogramów informacją na temat wiarygodności przedstawianych danych statystycznych, zaproponowali wykorzystanie omawianego rozwiązania graficznego. Przeprowadzili oni eksperyment, w którym sprawdzili czytelność tak opracowanych kartogramów. Wyniki potwierdziły przypuszczenie, że każda ze zmiennych graficznych (barwa i deseń) postrzegana była przez użytkowników map niezależne. Dzięki temu informacja przedstawiona za pomocą deseni nie utrudniała interpretacji podstawowej treści mapy.

Omówione w tym podrozdziale przykłady rozwiązań graficznych kartogramu złożonego nie wyczerpują na pewno wszystkich możliwości opracowania skal deseni lub barw przedstawiających wartości dwóch zmiennych. Opracowując takie kartogramy zawsze należy pamiętać o czytelności zastosowanych rozwiązań – tylko wtedy informacja o zależności zjawisk będzie na mapie czytelna.

4.5. LEGENDA

Legenda kartogramu złożonego powinna służyć przede wszystkim do objaśnienia wartości poszczególnych klas, może jednak zawierać również inne, dodatkowe informacje. Jeżeli zostanie opracowana w formie wykresu korelacyjnego (ryc. 20), wówczas kształt i wielkość kwadratów odpowiadających poszczególnym klasom kartogramu wskazują na rozpiętość przedziałów wartości obu zmiennych. Oznaczenie na takim wykresie punktów reprezentujących wartości zjawisk w poszczególnych polach odniesienia kartogramu pozwala łatwo ocenić liczebność poszczególnych klas, a także rozszerza możliwości interpretacji przedstawionych na mapie zależności. Na podstawie układu punktów na wykresie korelacyjnym, łatwiej niż na podstawie samej mapy, można ocenić rodzaj, kształt i siłę zależności łączącej zjawiska. Opracowywanie legendy kartogramu złożonego w formie wykresu korelacyjnego stosowane jest w praktyce, czego przykładem są, wspomniane już we wcześniejszej części tego rozdziału, mapy w *Atlasie Rzeczypospolitej Polskiej* (1993–1997).

4.6. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA I INTERPRETACJI KARTOGRAMU ZŁOŻONEGO

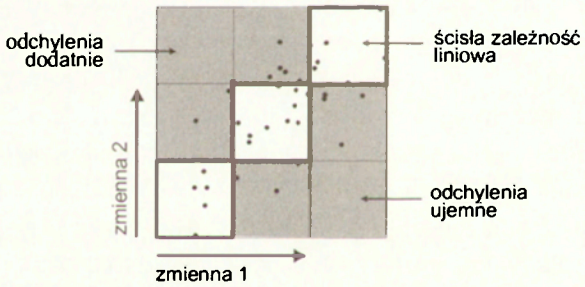
Podstawową zaletą kartogramu złożonego, w porównaniu z kartogramami prostymi, jest możliwość odczytywania bezpośrednio z mapy informacji o przestrzennej zależności przedstawionych zjawisk. Wykres korelacyjny, który jest podstawą opracowania legendy kartogramu złożonego, zawiera wiele informacji o tych zależnościach. Na podstawie układu punktów, reprezentujących na wykresie wartości dwóch zmiennych, można ocenić podstawowe cechy statystycznego modelu zależności, takie jak rodzaj zależności (zależność pozytywna lub negatywna), siłę tej zależności, kształt związku między zmiennymi (zależność może być liniowa lub krzywoliniowa). Informacje te do pewnego stopnia widoczne są również na kartogramie złożonym, choć trzeba podkreślić, że na podstawie mapy trudno jest je ocenić precyzyjnie.

W dalszej części rozdziału omówiono na kilku przykładach, jakie informacje o zależności zjawisk można uzyskać z kartogramu złożonego. Mapy ilustrujące poszczególne zagadnienia opracowane zostały na podstawie danych statystycznych dla 42 powiatów województwa mazowieckiego z 2000 r. Na mapach zastosowano skalę barwną zaproponowaną przez R. Eytona (1984)[4].

[4] Do opracowania kartogramów złożonych wykorzystano program *CommonGIS* (Andrienko, Andrienko 1999). Możliwości programu w zakresie redakcji kartogramów zostały szczegółowo omówione w notatce A. Leonowicz (2003a).

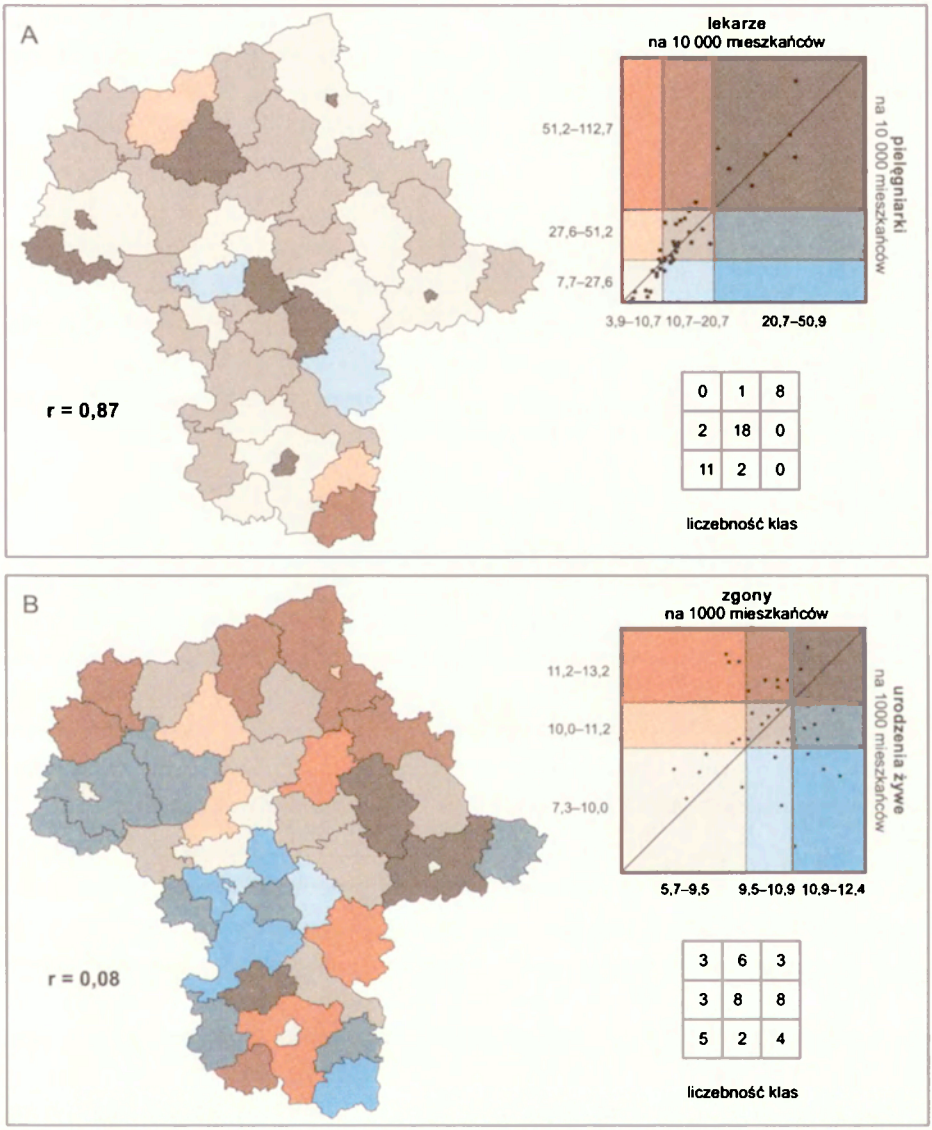
4.6.1. WIELKOŚĆ KORELACJI

Statystyczną miarą siły związku dwóch zjawisk jest współczynnik korelacji, który mierzy rozrzut punktów (reprezentujących wartości zmiennych) wokół prostej regresji (Blalock 1975). Korelacja jest więc miarą zależności liniowej. O tym, że wielkość tę można dość łatwo ocenić na podstawie kartogramu złożonego, można przekonać się przyglądając się bliżej informacjom zawartym w legendzie mapy. W prawidłowo skonstruowanej legendzie kartogramu złożonego w osobnych klasach wartości powinny zostać zgrupowane te jednostki, które świadczą o ścisłej zależności zjawisk. Są to klasy leżące na przekątnej legendy. Klasy poniżej i powyżej przekątnej grupują natomiast jednostki o dodatnich i ujemnych odchyleniach od tej zależności (ryc. 24). Ponieważ na przekątnej legendy powinna znajdować się linia prosta dopasowana do chmury punktów (prosta regresji lub linia wyznaczona przez wartości odchyleń standardowych), przynależność jednostek do określonej klasy w tej legendzie świadczy jednocześnie o wielkości ich odchyleń od tej linii, czyli od ścisłej liniowej zależności. M.S. Monmonier (1979) uznaje, że wielkości odchyleń od zależności liniowej są podstawową informacją, jaką zawiera kartogram złożony. Skoro na mapie tej można odczytać informacje o wielkości odchyleń, można również ocenić wielkość korelacji przedstawionych zjawisk.



Ryc. 24. Podział legendy kartogramu złożonego na klasy wartości świadczące o ścisłej zależności zjawisk oraz na klasy o dodatnich i ujemnych odchyleniach od tej zależności
Two-variable choropleth map legend divided into classes of observations confirming strong relationship between variables and classes which group observations of positive and negative deviations from this relationship

Czym różnią się kartogramy złożone przedstawiające zjawiska o silnej i słabej zależności, można zauważyć porównując mapy na rycinie 25. Silną zależność zjawisk (ryc. 25A) widać na wykresie wartości, stanowiącym legendę kartogramu, ponieważ punkty reprezentujące wartości obu zmiennych grupują się wzdłuż przekątnej, którą jest linia wyznaczona na podstawie odchyleń standardowych obu zmiennych (*S*). Klasy wartości wyznaczone zostały na podstawie średniej arytmetycznej i wielkości odchyleń standardowych. Po-



Ryc. 25. Kartogram złożony przedstawiający: A – zjawiska o silnej korelacji, B – zjawiska o słabej korelacji

Two-variable choropleth map of: A – strongly correlated phenomena, B – weakly correlated phenomena

nieważ zmienne są silnie skorelowane, większość jednostek należy do klas wartości leżących na przekątnej legendy. Te klasy wartości otrzymują na kartogramie barwę szarą. Jest to barwa dominująca na mapie. Zaledwie kilka jednostek znalazło się w klasach leżących poza przekątną legendy. Klasy wartości skrajnych (lewy górny i prawy dolny róg legendy), reprezentujące wartości o dużym odchyleniu od przekątnej, są puste.

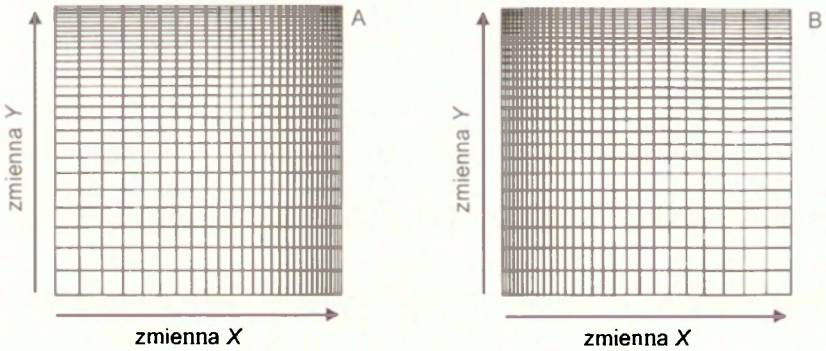
Inaczej wygląda mapa, na której przedstawiono zmienne o słabej korelacji (ryc. 25B). Klasy wartości wyznaczono tak jak na kartogramie z ryciny 25A. Na wykresie wartości, stanowiącym legendę mapy, punkty reprezentujące wartości zmiennych są rozrzucone, w związku z tym podobna liczba jednostek grupuje się w klasach leżących zarówno na przekątnej, jak i poza przekątną legendy. Na mapie nie ma barwy dominującej. Można natomiast wyróżnić regiony o jednolitej barwie. Są to regiony o określonej zależności zmiennych, np. barwa czerwona świadczy o dużej liczbie urodzeń i małej liczbie zgonów, a barwa niebieska o dużej liczbie zgonów i małej liczbie urodzeń.

4.6.2. KORELACJA UJEMNA

W literaturze kartograficznej poświęconej metodzie kartogramu złożonego rzadko zwraca się uwagę na zagadnienie przedstawiania zjawisk o zależności negatywnej. Ujemna korelacja zjawisk występuje wówczas, gdy wzrostowi wartości jednego zjawiska towarzyszy spadek wartości drugiego zjawiska. Do wyznaczania klas można w takich przypadkach zastosować te same metody, co w przypadku zjawisk o korelacji dodatniej. Wątpliwości budzi natomiast sposób konstrukcji skali graficznej i czytelność takiej zależności.

L.W. Carstensen (1986a), w artykule poświęconym konstrukcji legendy do kartogramu złożonego ploterowego, zauważa, że zależność negatywna jest na kartogramie złożonym trudniej czytelna niż zależność pozytywna. Jeżeli zależność zmiennych jest pozytywna, na wykresie korelacyjnym punkty reprezentujące wartości zmiennych grupują się wzdłuż przekątnej biegnącej z lewego dolnego do prawego górnego rogu wykresu. W legendzie kartogramu złożonego ploterowego tej przekątnej odpowiada deseń, w którym kształty figur zbliżone są do kwadratów (ryc. 17; s. 47). Aby stwierdzić pozytywną korelację zjawisk na mapie, należy poszukiwać jednostek o takim właśnie deseniu. Korelacja negatywna nie ma tak jednoznacznego wyrazu graficznego. Jeżeli zależność zmiennych jest negatywna, na wykresie korelacyjnym punkty reprezentujące wartości zmiennych grupują się wzdłuż przekątnej biegnącej z lewego górnego do prawego dolnego rogu wykresu. Na tej przekątnej legendy kartogramu złożonego ploterowego znajdują się desenie zarówno o wydłużonych kształtach figur (wtedy, gdy wysokim wartościom jednej zmiennej

odpowiadają niskie wartości drugiej), jak i deseń, w którym kształty figur zbliżone są do kwadratów (wtedy, gdy obie zmienne przyjmują wartości ze środkowej części zbioru). Dużo trudniejsze jest więc zauważenie tej zależności na mapie. Czytanie zależności negatywnych może ułatwić inna postać legendy. L.W. Carstensen (1986b) zaproponował, aby wówczas, gdy kartogram przedstawia zależności negatywne, stosować taką legendę, w której zmienna *X* reprezentowana jest przez zagęszczenie linii malejące wraz ze wzrostem jej wartości. Daje to efekt odbicia lustrzanego (ryc. 26). Deseń, w którym kształty figur zbliżone są do kwadratów, znajduje się na przekątnej biegnącej z lewego górnego do prawego dolnego rogu legendy (czyli tej, wzdłuż której układają się punkty świadczące o ujemnej korelacji zmiennych). Badania percepcji kartogramów ploterowych z tak zmodyfikowaną legendą potwierdziły, że ułatwia ona interpretację zależności negatywnych (Carstensen 1986b). Badania te nie dały jednak odpowiedzi na pytanie, czy na tak opracowanym kartogramie czytelnicy równie poprawnie potrafią odczytać rozmieszczenie każdego z przedstawionych zjawisk.



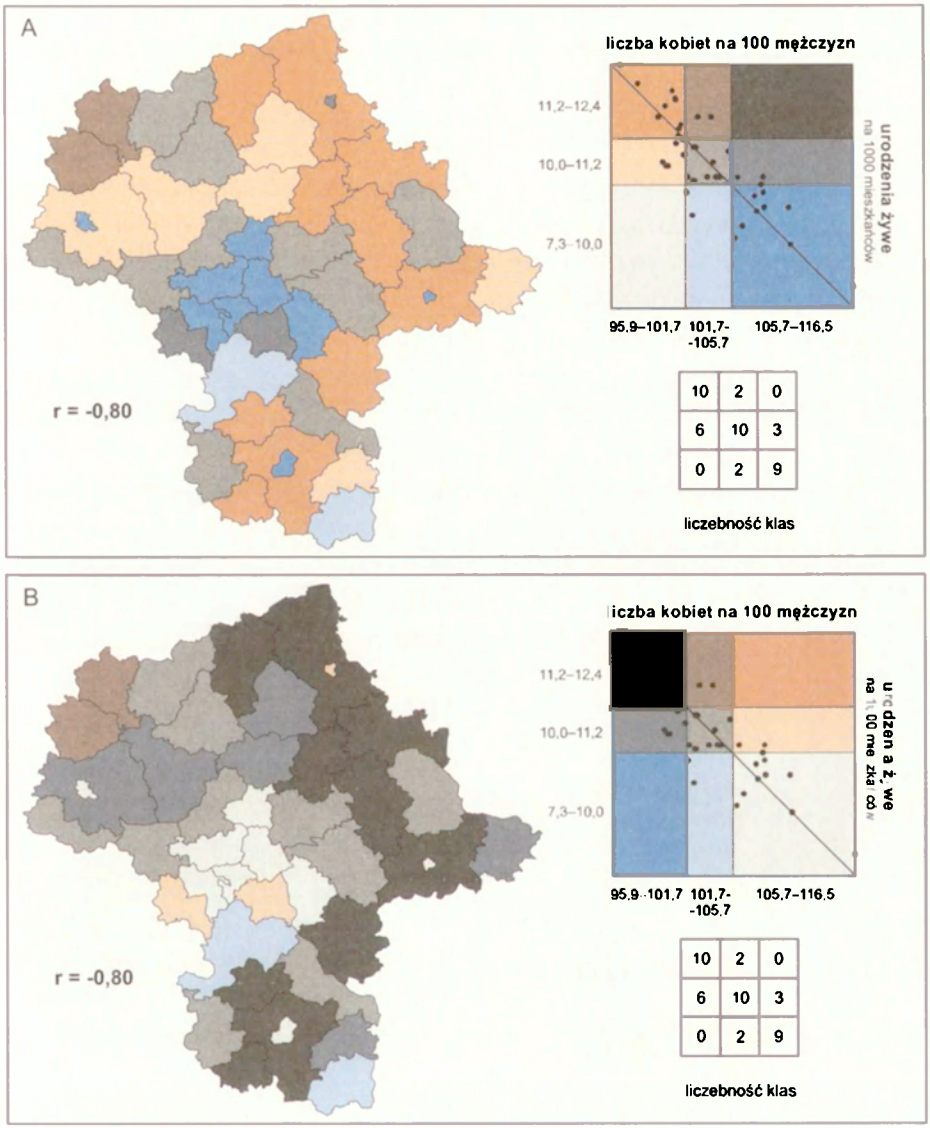
Ryc. 26. Dwie postacie legendy kartogramu złożonego ploterowego według L.W. Carstensena (1986b) do przedstawienia zjawisk o zależności: A – pozytywnej, B – negatywnej

Different forms of continuously shaded two-variable map symbolism according to L.W. Carstensena (1986b) depicting: A – positive relationship, B – negative relationship

Analogiczne badania nie były przeprowadzane w odniesieniu do kartogramu złożonego barwnego skokowego. Jedyną wskazówką, jaką można znaleźć w literaturze kartograficznej na temat przedstawiania zależności negatywnych tą metodą, jest dość ogólna sugestia J. Olson (1975) na temat projektowania skal barwnych. Uważa ona, że barwy leżące na przekątnych legendy powinny być w pewien sposób wyróżnione i logicznie uporządkowane. Dotyczy to obu przekątnych legendy. Ponieważ jednak trudno jest graficznie wyróżnić jednocześnie obie przekątne, jedynym możliwym rozwiązaniem jest wyróżnienie przekątnej biegnącej z lewego dolnego do prawego górnego rogu legendy wte-

dy, gdy mapa przedstawia zależności pozytywne, oraz przekątnej biegnącej z lewego górnego do prawego dolnego rogu legendy wtedy, gdy mapa przedstawia zależności negatywne. Rozwiązanie to jest podobne do tego, które zaproponował L.W. Carstensen. J. Olson zauważyła jednak, że jest ono sprzeczne z innymi zasadami konstrukcji skal barwnych dla kartogramu złożonego, np. z zasadą, która mówi, że wzrostowi wartości zmiennych powinno towarzyszyć przechodzenie od barw jasnych do ciemnych. Ta zasada umożliwia prawidłowe odczytanie z mapy informacji o wartościach każdej ze zmiennych. Gdyby przekątna biegnąca z lewego górnego do prawego dolnego rogu legendy została wyróżniona graficznie, jedna ze zmiennych musiałaby mieć odwróconą skalę barw.

Zastosowanie takiego rozwiązania graficznego w legendzie kartogramu złożonego może utrudniać odczytywanie informacji o wartościach pojedynczych zmiennych, a więc również o ich rozmieszczeniu. Mapy na rycinie 27 przedstawiają dwa zjawiska o silnej korelacji ujemnej. Na pierwszej mapie (ryc. 27A) zastosowano standardową postać legendy kartogramu złożonego, na drugiej (ryc. 27B) – graficznie wyróżniona została przekątna legendy biegnąca z lewego górnego do prawego dolnego jej rogu. W tym celu odwrócona została skala barw zmiennej na osi *X*. Na obu mapach klasy wyznaczone zostały na podstawie średniej arytmetycznej i wielkości odchyleń standardowych. Wydaje się, że rozwiązanie zastosowane na rycinie 27B może być trudno czytelne dla odbiorcy. Zgodnie z założeniami takiej modyfikacji, łatwa do zauważenia jest negatywna zależność zjawisk – świadczą o niej jednostki oznaczone barwą szarą. Można natomiast mieć wątpliwości, czy użytkownik tej mapy potrafiłby poprawnie odczytywać wartości zmiennych i interpretować rozmieszczenie zjawisk. Natężenie obu zjawisk nie ma bowiem jednoznacznego wyrazu graficznego – na osi *X* wzrostowi wartości zmiennej towarzyszy przechodzenie od barw ciemnych do jasnych, na osi *Y* – odwrotnie – wzrostowi wartości zmiennej towarzyszy przechodzenie od barw jasnych do ciemnych. Wartości zmiennych na pewno łatwiej jest odczytać w przypadku standardowej postaci legendy (ryc. 27A). Po zapoznaniu się z legendą, mapę tę czyta się intuicyjnie – jasność barw oddaje porządek wartości każdej ze zmiennych. Pod tym względem jest to rozwiązanie lepsze. Trudniej natomiast zauważyć, że zależność przedstawionych zjawisk jest negatywna, choć i taki wniosek jest możliwy. Na podstawie wizualnej analizy mapy możliwe jest bowiem stwierdzenie, że w przypadku dużej części jednostek wysokim wartościom jednej zmiennej towarzyszą niskie wartości drugiej zmiennej, co prowadzi do wniosku, że przedstawiona na mapie zależność jest negatywna. Mapa umożliwia więc interpretację zależności zjawisk, mimo że ich korelacja negatywna nie ma jednoznacznego wyrazu graficznego. Dlatego też wydaje się, że przedstawianie zjawisk



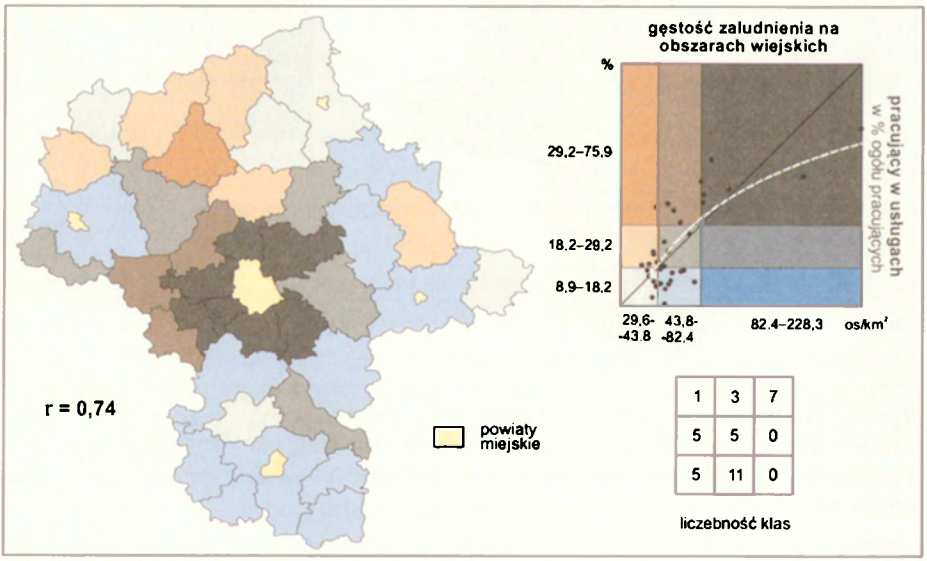
Ryc. 27. Kartogramy złożone przedstawiające zjawiska o korelacji ujemnej: A – zastosowano standardową postać legendy, B – odwrócono skalę barw zmiennej na osi *X*

Two-variable choropleth maps depicting negative correlation: A – standard symbolism, B – reversed symbolism

o korelacji ujemnej za pomocą standardowej postaci legendy jest rozwiązaniem lepszym niż opisana wcześniej modyfikacja. Cennym uzupełnieniem takiej mapy jest na pewno legenda opracowana w formie wykresu korelacyjnego z oznaczonymi punktami, które reprezentują wartości zmiennych – obraz ten nie pozostawia wątpliwości co do rodzaju zależności łączącej zjawiska.

4.6.3. ZALEŻNOŚĆ KRZYWOLINIOWA

Kartogram złożony nie jest formą prezentacji przeznaczoną do uwidocznienia zależności zjawisk o charakterze krzywoliniowym. Metoda ta służy przede wszystkim do przedstawiania wielkości odchyleń od zależności liniowej. Zjawiska, które łączy zależność krzywoliniowa, mogą się jednak zdarzać w badaniach geograficznych i mogą być przedstawione na kartogramie złożonym (ryc. 28). Klasy na tej mapie wyznaczono na podstawie średniej arytmetycznej i wielkości odchyleń standardowych. Źródłem informacji o tym, jaka zależność łączy przedstawione zjawiska, jest przede wszystkim legenda mapy, która ma postać wykresu korelacyjnego. Punkty wyznaczone na podstawie wartości obu zmiennych grupują się wzdłuż linii krzywej (krzywej regresji) – została ona narysowana na wykresie. Informacja ta nie jest tak wyraźnie widoczna na mapie. O charakterze związku łączącego przedstawiane zjawiska można się jednak przekonać analizując liczebności poszczególnych klas kartogramu (a więc odchylenia od zależności liniowej). W przypadku silnej za-



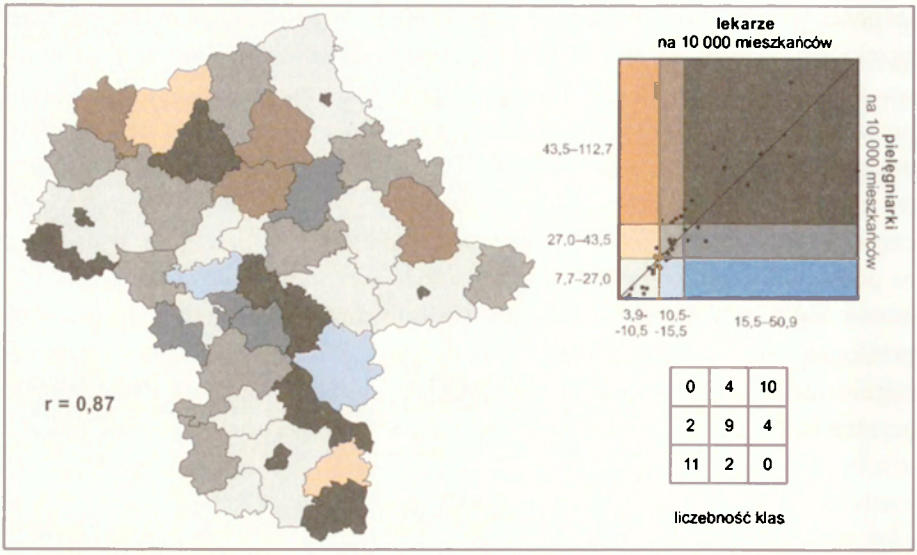
Ryc. 28. Kartogram złożony przedstawiający zjawiska o zależności krzywoliniowej
Two-variable choropleth map depicting curvilinear relationship

leżności liniowej większość jednostek znalazłaby się w klasach leżących na przekątnej legendy. W tym jednak przypadku duża liczba jednostek zgrupowana została w jednej z klas leżących poza przekątną (klasa o barwie jasnoniebieskiej). Świadczy to o tym, że zależność zmiennych nie jest liniowa. Widoczne jest to również na samej mapie. Dominuje na niej jasnoniebieska barwa tej klasy, a należące do niej powiaty tworzą zwarty region w południowej części województwa. Trudno jednak wymagać od czytelnika, aby wyłącznie na podstawie mapy potrafił ocenić, że przedstawiona zależność jest krzywoliniowa. Fakt, że wiele jednostek kartogramu grupuje się w jednej z klas poza przekątną legendy oraz, że klasy na przekątnej są mniej liczne, może jedynie sugerować taką możliwość. O tym, jaki jest kształt zależności, lepiej jednak przekonać się patrząc na wykres korelacyjny stanowiący legendę mapy.

4.6.4. SKOŚNE ROZKŁADY WARTOŚCI

Skośne rozkłady wartości zjawisk, które często zdarzają się w przypadku danych geograficznych, stwarzają problemy przede wszystkim przy wyznaczaniu granic klas kartogramu. Skośność jest cechą rozkładu liczebności zbioru danych, która określa, czy dany rozkład jest symetryczny czy niesymetryczny. Jeżeli zbiór danych jest niesymetryczny i istnieje tendencja do skupiania się większej liczby danych w zakresie niskich wartości zbioru oraz mniejszej liczby danych w zakresie wyższych wartości zbioru, rozkład taki określa się jako skośny dodatnio. Jeżeli sytuacja jest odwrotna, rozkład określa się jako skośny ujemnie (Ferguson, Takane 2003).

W przypadku niesymetrycznych rozkładów wartości nie należy raczej stosować metod wyznaczania klas opartych na średniej arytmetycznej i wartościach odchyleń standardowych, ponieważ są to miary rozkładów normalnych. Klasy wyznaczone w ten sposób mogą się znacznie różnić pod względem liczebności. Przykład danych o dodatnio skośnym rozkładzie wartości przedstawiono na kartogramie złożonym (patrz ryc. 25A). Ponieważ klasy wyznaczono metodą opartą na średniej arytmetycznej i odchyleniu standardowym, dużo jednostek zgrupowanych zostało w klasach wartości najniższych i środkowych obu zmiennych (odpowiednio 11 i 18 jednostek); dużo jest również klas pustych lub bardzo mało liczebnych. Aby uniknąć takiego efektu, można zastosować taką metodę wyznaczania klas, której zasadą jest dążenie do osiągnięcia jak najmniejszych różnic w liczebności poszczególnych przedziałów wartości. Jest to więc metoda nawiązująca do zasady równej liczebności przedziałów. Na mapie (ryc. 29) przedstawiono te same dane, co na rycinie 25A, ale inaczej wyznaczono granice klas wartości obu zmiennych. Do opracowania tego kartogramu wykorzystano algorytm wyznaczania klas zawarty w pro-

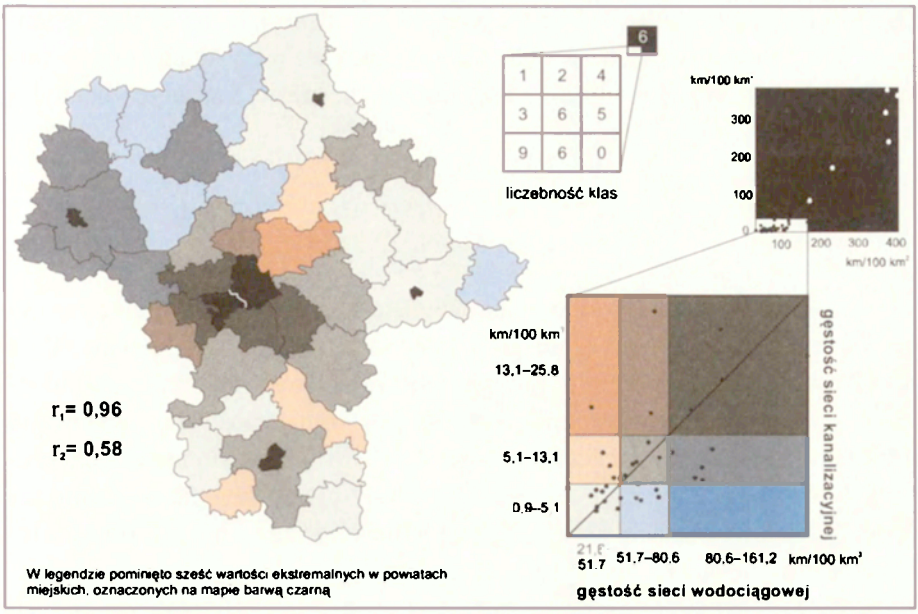


Ryc. 29. Kartogram złożony o podobnej liczebności klas leżących na przekątnej legendy
Two-variable choropleth map with similar frequency of classes on the main diagonal of the legend

gramie CommonGIS (Andrienko, Andrienko 1999), który umożliwia wyznaczenie przedziałów kartogramu złożonego tak, aby osiągnąć jak najmniejsze różnice w ich liczebności. Ponieważ korelacja zjawisk jest silna, nie udało się osiągnąć ściśle jednakowej liczebności wszystkich przedziałów, wyznaczono natomiast klasy o podobnej liczebności na przekątnej legendy. W porównaniu z mapą na rycinie 25A, zmniejszyła się liczba klas pustych, większa stała się liczebność klas leżących poza przekątną legendy, a tym samym lepiej zróżnicowany został obraz rozmieszczenia obu przedstawianych zjawisk. Zwiększyły się natomiast różnice w rozpiętości przedziałów.

Inne rozwiązania można stosować w przypadku rozkładów silnie skośnych. Na rycinie 30 silnie skośne kształty obu rozkładów widoczne są na wykresie korelacyjnym. Związane jest to z wysokimi wartościami obu zmiennych w powiatach miejskich. W takich przypadkach dobrym rozwiązaniem jest wydzielenie jednostek o ekstremalnych wartościach w osobnej klasie. Rozkład pozostałych wartości nie jest tak silnie skośny (widać to na wykresie korelacyjnym, który nie obejmuje wartości dla powiatów miejskich), możliwe było zatem wyznaczenie granic klas tych wartości na podstawie średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego.

Dużą korzyścią, wynikającą z wydzielenia sześciu powiatów miejskich w osobnej klasie wartości, jest ujawnienie ważnych informacji o zależnościach zachodzących w pozostałej części zbioru danych. Wartość współczynnika korelacji r_1 dla całości zbioru jest bardzo wysoka i wynosi 0,96. Ta wysoka war-



Ryc. 30. Kartogram złożony – zbiory danych o rozkładach silnie skośnych
Two-variable choropleth map – strongly skewed data sets

tość współczynnika korelacji związana jest jednak głównie z ekstremalnymi wartościami obu zjawisk w powiatach miejskich. Skrajne wartości każdej ze zmiennych mają bowiem z zasady silny wpływ na wartości współczynnika korelacji (Blalock 1975). Dla pozostałych powiatów zależność obu zmiennych nie jest już tak silna. Po wyłączeniu owych sześciu wartości ekstremalnych współczynnik korelacji r_2 jest znacznie niższy i wynosi 0,58. Przedstawione na mapie zmienne w rzeczywistości nie są wiec tak silnie skorelowane. Potwierdza to obraz zależności uzyskany na kartogramie złożonym. Na mapie widoczne są obszary o znacznych odchyleniach od zależności liniowej.

* * *

Opisane powyżej przykłady zastosowania kartogramu złożonego świadczą o możliwościach tej metody prezentacji. Może być ona stosowana do prezentacji danych, które łączą różne rodzaje zależności, a także w przypadku różnych rozkładów wartości zmiennych. Kartogram złożony niesie sporo informacji na temat zależności zjawisk, choć informacja ta nie ma tak ścisłego charakteru jak w przypadku wskaźników i wykresów statystycznych. Widoczna jest ona na mapie dzięki różnicom liczebności określonych klas wartości. Legenda, na której graficznie wyróżniono przekątną biegnącą z lewego dolnego do prawego górnego rogu (jednostki należące do tych klas świadczą o silnej korelacji zmiennych), wydaje się rozwiązaniem optymalnym. O silnej zależ-

ności liniowej świadczy duża liczba jednostek w klasach na przekątnej legendy, o słabej zależności – podobna liczba jednostek we wszystkich klasach kartogramu, o zależności ujemnej – duża liczebność klas o znacznych odchyleniach od przekątnej.

4.7. ZALETY I OGRANICZENIA METODY KARTOGRAMU ZŁOŻONEGO

Metoda kartogramu złożonego umożliwia przedstawienie na mapie zarówno informacji o rozmieszczeniu jak i zależności zjawisk. Jej główną zaletą w porównaniu z kartogramami prostymi jest możliwość odczytywania informacji o zależności bezpośrednio z mapy, bez konieczności porównywania dwóch obrazów rozmieszczenia zjawisk. Jest to więc metoda mająca charakter prezentacji syntetycznej. Aby możliwe było uwidocznienie na mapie informacji o zależnościach, konieczne jest jednak ograniczenie informacji elementarnej (o rozmieszczeniu zjawisk), która może być przedstawiona na mapie, co wiąże się z koniecznością ograniczenia liczby klas każdej ze zmiennych w porównaniu z prezentacją na kartogramie prostym. Innym zagadnieniem są trudności graficzne, jakie stwarza równoczesne uwidocznienie informacji o rozmieszczeniu zjawisk oraz o ich zależności.

Warto również zwrócić uwagę na to, że metoda kartogramu złożonego ogranicza przedstawianie informacji o zależności zjawisk. Przejawem tego są trudności, jakie stwarza takie wyznaczenie klas, aby mapa przedstawiała prawdziwe, niezafałszowane wielkości odchyleń od zależności liniowej. Taką informację zawierają na przykład mapy reszt z regresji. Mapy te jednak w przeciwieństwie do kartogramu złożonego tracą wszelką informację na temat wartości przedstawianych zjawisk.

Na podstawie każdej mapy, a więc również na podstawie kartogramu złożonego, trudno jest ocenić zależności w sposób ściśle statystyczny. Takie informacje najlepiej jest przedstawiać na wykresach lub wyrażać je za pomocą miar statystycznych. W stosunku do analiz statystycznych, które dają informację o zależnościach w odniesieniu do całości zbioru danych, zaletą każdej mapy jest informacja przestrzenna. W przypadku kartogramu złożonego jest to informacja o przestrzennym zróżnicowaniu zależności.

Podsumowując te rozważania, warto przytoczyć opinię J. Olson (1975), której zdaniem jest to o tyle pożyteczna forma prezentacji, że zawiera więcej informacji na temat zależności zjawisk niż dwa kartogramy proste oraz więcej informacji na temat rozmieszczenia zjawisk niż mapa reszt z regresji, która służy do prezentacji zależności, traci natomiast informację o indywidualnych wartościach przedstawianych zjawisk. Metoda kartogramu złożonego jest więc

rodzajem kompromisu, pozwala bowiem pokazać na jednej mapie tak różne rodzaje informacji, jak rozmieszczenie i zależność zjawisk. Z tego względu zasługuje na zainteresowanie.

Na drodze do jej praktycznego zastosowania stoją jednak problemy natury percepcyjnej. W przypadku metod syntetycznych samo zrozumienie sensu prezentacji może być dla odbiorcy znacznie trudniejsze niż w przypadku ujęć analitycznych. Tak jest również z kartogramem złożonym.

5. PERCEPCJA KARTOGRAMU JAKO FORMY PREZENTACJI ZALEŻNOŚCI ZJAWISK

5.1. BADANIA PSYCHOLOGICZNE W KARTOGRAFII

Badania dotyczące poznania procesu użytkowania mapy zapoczątkowane zostały przez kartografów w latach pięćdziesiątych XX wieku. Potrzeba zwrócenia uwagi na to zagadnienie pojawiła się w kartografii wraz z rozwojem map tematycznych. Od tych map wymagano bowiem, aby zawierały nie tylko szczegółową informację o rozmieszczeniu zjawisk, ale aby w pierwszej kolejności pozwalały dostrzegać ogólne prawidłowości tego rozmieszczenia. Pojawienie się tego kierunku badań i późniejszy gwałtowny jego rozwój związany jest głównie z angielskim obszarem językowym (zwłaszcza z kartografią amerykańską). Jego podstawowymi cechami, odróżniającymi go od innych kierunków badawczych w kartografii, było zwrócenie się w kierunku użytkownika mapy, procesu czytania mapy i jej interpretacji, stosowanie eksperymentu jako podstawowej metody badawczej oraz przenoszenie na grunt kartografii doświadczeń, metod prowadzenia badań, a często również samych problemów badawczych, zaczerpniętych z psychologii.

Zakres badań, prowadzonych z udziałem użytkowników map, był szeroki i często wykraczał poza ściśle kartograficzną problematykę badawczą. Pomocny w zrozumieniu głównych nurtów tych badań jest podział zaproponowany przez D.R. Montello (2002). W artykule poświęconym historii rozwoju tego kierunku badań w XX wieku wyróżnia on trzy główne pola badawcze. Pierwsze z nich to badania dotyczące poznania i zrozumienia procesu czytania i interpretacji map po to, aby stosować odpowiednie metody prezentacji i przez to opracowywać lepsze, to znaczy bardziej zrozumiałe i łatwiejsze w interpretacji, mapy. Tego typu badania prowadzone były przez samych kartografów, miały więc charakter ściśle kartograficzny. Drugi z nurtów wyróżnionych przez D.R. Montello to badania prowadzone głównie przez psychologów. Ich celem jest zrozumienie procesu percepcji oraz innych procesów poznawczych, w których mapy wykorzystywane są jedynie jako bodziec. Ostatni nurt to badania nad wykorzystaniem map w edukacji oraz nauczaniu kartografii. Są to badania z pogranicza różnych dziedzin nauki: kartografii, geografii, pedagogiki i psychologii. Z punktu widzenia kartografii najbardziej interesujący jest pierwszy z wymienionych nurtów, bowiem wnioski z tych badań miały bezpośredni wpływ na rozwój kartografii, a zwłaszcza metodyki kartograficznej.

W literaturze kartograficznej można się spotkać z różnymi terminami służącymi do określenia badań prowadzonych przez kartografów, mających na celu poznanie procesu czytania i interpretacji map. W literaturze anglojęzycznej, w której badaniom tym poświęcano najwięcej uwagi, funkcjonują następujące terminy: „perceptual cartography", „experimental cartography", „usability research", „communication research", „evaluation research", „empirical studies", „the human factors of maps". D.R. Montello (2002) we wspomnianym już artykule zaproponował nazwę „cognitive map-design research". W języku polskim mówi się o badaniach psychologicznych w kartografii, badaniach percepcji map, badaniach eksperymentalnych, testach psychologicznych, badaniach testowych, badaniu map jako środka przekazu kartograficznego.

Za pierwszy impuls do zainteresowania się kartografów w latach 50. procesem czytania mapy uznaje się poglądy A.H. Robinsona, profesora na uniwersytecie Wisconsin, zawarte w jego publikacji zatytułowanej *The look of maps: an examination of cartographic design*, która ukazała się po raz pierwszy w 1952 roku. A.H. Robinson twierdził, że głównym zadaniem kartografii jest przekazywanie informacji czytelnikowi mapy, zaś skuteczność tego przekazu zależna jest od zastosowanych sposobów prezentacji. Aby w pełni wykorzystywać proces komunikacji za pomocą mapy, należało lepiej poznać metody prezentacji kartograficznej i zrozumieć ich wpływ na to, jak odbiorca czyta mapę. Dlatego też A.H. Robinson postulował prowadzenie systematycznych badań (m.in. badań percepcji map), które doprowadziłyby do sformułowania podstawowych zasad prezentacji graficznej w kartografii. Te zasady przeciwstawiał przyjętym w kartografii konwencjom, które wypracowane zostały w sposób intuicyjny i nie zawsze muszą być rozwiązaniami optymalnymi. Konieczność prowadzenia takich badań uzasadniał upowszechnieniem się map tematycznych, na których często stosowano ilościowe metody prezentacji. Na mapach tych bodźce wizualne mają silny wpływ na to, jaką informację odczytuje odbiorca. Aby je odpowiednio stosować, trzeba było poznać ich działanie (Robinson 1952).

Badania percepcji znaków stosowanych na mapach zainicjowane zostały niedługo po ukazaniu się *The look of maps*. Idee A.H. Robinsona wyznaczyły również kierunek rozwoju kartografii teoretycznej – przez wiele lat dominującym tematem dyskusji była koncepcja kartograficznego przekazu informacji, w którym mapa (czyli forma przekazu) traktowana jest jako kanał, którym przekazywana jest informacja od nadawcy (kartografa) do umysłu odbiorcy (użytkownika mapy). Ten proces przedstawiano w postaci modelu kartograficznego przekazu informacji. Taki model opracowali m. in. C. Board, A. Kolačny, J.L. Morrison, K.A. Saliszczew; w kartografii polskiej teorię kartograficznego przekazu informacji sformułował L. Ratajski (1970). Mimo, że teoria

kartograficznego przekazu informacji pojawiła się później niż pierwsze eksperymenty dotyczące percepcji map i rozwijała się niezależnie od prowadzonych badań empirycznych (Dobson 1985), to jednak dawała ona teoretyczne podstawy tych badań i uzasadniała potrzebę ich prowadzenia.

Duży wpływ na kierunek badań eksperymentalnych prowadzonych w kartografii miały badania podejmowane wcześniej przez psychologów. Ukształtowanie się psychologii jako dyscypliny naukowej i rozwój właściwych jej metod badawczych umożliwił wprowadzenie takich badań również do kartografii. W początkowym okresie w badaniach percepcji map wykorzystywano głównie metody psychofizyczne. Psychofizyka, stanowiąca jeden z najstarszych obszarów badawczych psychologii, zajmuje się badaniem zależności między bodźcem fizycznym a odpowiadającym mu zachowaniem, doznaniem psychicznym lub umysłowym (Zimbardo 1999). Zależność między bodźcem i odpowiadającą mu reakcją może zostać zapisana w postaci formuły matematycznej, którą określa się mianem prawa psychofizycznego. Założenia badań psychofizycznych łatwo dały się przełożyć na język kartografii: znaki kartograficzne traktowane były jako bodziec, zaś ich percepcja, czyli to, jak odczytywał je odbiorca, stanowiło reakcję na bodziec. Najbardziej znanym przykładem takich badań jest eksperyment przeprowadzony przez J.J. Flannerego, polegający na szacowaniu wielkości diagramów kołowych [5]. Przykład bliższy problematyce kartogramu to badania psychofizyczne poświęcone percepcji skali szarości. W późniejszych eksperymentach stosowano również inne, często bardziej zaawansowane, metody badania percepcji – odnotowywano szybkość i poprawność szukania na mapie zadanego elementu, poprawność odpowiedzi na różnorodne pytania, rejestrowano ruch oka odbiorcy w trakcie czytania mapy (Montello 2002).

Największym zainteresowaniem badania eksperymentalne cieszyły się w kartografii w latach 70. O popularności tego podejścia w anglojęzycznej literaturze kartograficznej świadczą wyniki analizy przeprowadzonej przez P. Gilmartin (1992), dotyczącej problematyki artykułów naukowych publikowanych w latach 1964–1989 w trzech wiodących anglojęzycznych czasopismach kartograficznych: „Cartographica", „The American Cartographer" i „The Cartographic Journal". Z analizy tej wynika, że pod koniec lat 70. artykuły poświęcone eksperymentalnym badaniom percepcji map były najliczniejszą grupą tematyczną publikacji w tych czasopismach i jednocześnie stanowiły około jednej trzeciej wszystkich artykułów.

[5] Szczegółowe omówienie tych badań można znaleźć w artykule I. Frączek, *Z problematyki eksperymentalnych badań kartodiagramów*, Polski Przegląd Kartograficzny, 15, 1983, 3, s. 113–126.

W latach 80. udział tej problematyki w podejmowanych badaniach naukowych znacznie się zmniejszył. Jedną z przyczyn spadku zainteresowania badaniami percepcji map był rozwój i upowszechnianie się technologii komputerowej w kartografii i w związku z tym pojawienie się nowej problematyki badawczej. Nie była to jednak jedyna przyczyna – w latach 80. badania te zaczęły się spotykać z powszechną krytyką. Zarzucano im, że wyniki nie znajdują praktycznego zastosowania w procesie redakcji map, że nie prowadzą do jednoznacznych wniosków, że badane są często niuanse percepcji, które w praktyce kartograficznej nie mają znaczenia, oraz że często nie stwierdza się nic nowego. Zauważono również, że wyniki są bardzo zależne od sposobu przeprowadzenia eksperymentów oraz, że różnice między poszczególnymi użytkownikami map są tak duże, iż uniemożliwia to wyciągnięcie jednoznacznych wniosków. Badania te zaczęto oceniać jako trudne i niejednoznaczne (Gilmartin 1992; Montello 2002). Powszechnie krytykowane były metody psychofizyczne. Poza tym, że dawały one bardzo niejednoznaczne wyniki, zarzucano im również, że weryfikują czytelność tylko pojedynczych znaków stosowanych na mapie, ich wyniki nie sprawdzają się a w przypadku percepcji znacznie bardziej złożonego obrazu, jakim jest mapa.

Jako komentarz do tej krytyki warto przytoczyć opinię M.W. Dobsona (1985), który zgadza się ze stwierdzeniem, że metody psychofizyczne przyniosły kartografii niewiele korzyści, uważa jednak, że nie powinno to być powodem odejścia od badań percepcji map w ogóle – należy raczej szukać prawidłowo postawionych pytań i bardziej odpowiednich metod badawczych. Następstwem krytyki dotychczasowych osiągnięć badań percepcyjnych były postulaty, aby nie ograniczać tych eksperymentów tylko do percepcji na poziomie szczegółowym, ale uwzględniać w badaniach aspekty poznawcze, takie jak myślenie i zapamiętywanie (Gilmartin 1981; Olson 1984). Badania o charakterze poznawczym są ukierunkowane na procesy związane z odbiorem i przetwarzaniem informacji, mogą polegać, na przykład, na czytaniu i zrozumieniu treści mapy, jej interpretacji, uczeniu się i zapamiętywaniu. Jako jedną z możliwości kontynuowania eksperymentów w kartografii wymieniano łączenie podejść psychofizycznego i poznawczego, które są ze sobą ściśle związane – czytanie mapy polega bowiem zarówno na postrzeganiu zastosowanych znaków, jak i zrozumieniu tego, co one oznaczają (Gilmartin 1981).

Zwrócenie się w kierunku badań o charakterze poznawczym można powiązać również z nowymi możliwościami wykorzystywania map, które pojawiły się wraz z rozwojem i upowszechnieniem technologii komputerowych. Mapa może być wykorzystywana nie tylko do prezentacji i przekazywania informacji, ale również jako narzędzie wspomagające analizę danych, za pomocą którego twórca mapy może odkrywać dotychczas nieznaną informację.

Jak już była mowa wcześniej, ten aspekt funkcjonowania mapy jest przedmiotem zainteresowania wizualizacji kartograficznej – nowej koncepcji teoretycznej, która rozwinęła się w kartografii w latach 90. (MacEachren 1995).

Spadek zainteresowania badaniami eksperymentalnymi w kartografii w latach 80. nie spowodował zupełnego odejścia od tego kierunku. Pomimo krytyki dotychczasowych osiągnięć, istniała potrzeba ich kontynuowania. Od połowy lat 90. problematyka ta częściej zaczęła pojawiać się wśród podejmowanych badań. Badania percepcji map nabrały jednak trochę innego charakteru. Nie prowadzono już prostych badań psychofizycznych, stawiano szersze problemy badawcze uwzględniające różne aspekty percepcji map, np. uwzględniano różne poziomy czytania mapy, interesowano się sposobami interpretacji map i zapamiętywaniem ich treści. Było to możliwe między innymi dzięki postępowi w metodologii badań psychologicznych. Zdaniem D.R. Montello (2002), znaczenie dla ponownego rozwoju badań percepcji map, wbrew pozorom, miało również zastosowanie technologii komputerowej. Wykorzystanie komputera do przygotowania i przeprowadzenia eksperymentu oraz do analizy wyników znacznie ułatwiło i przyspieszyło takie badania. Technologia komputerowa przyczyniła się również w sposób bardziej bezpośredni do ponownego zainteresowania się tym kierunkiem badań, stworzyła bowiem nowe możliwości prezentacji kartograficznej. Zdaniem T. Slocuma (Brewer, McMaster 1999) technologia komputerowa pozwoliła na upowszechnienie rzadkich dotychczas metod prezentacji (np. animacji, przedstawień trójwymiarowych), umożliwiła tworzenie prezentacji multimedialnych i spowodowała, że zmienił się sposób korzystania z map. Nie jest konieczne opracowywanie jednej optymalnej mapy, można natomiast wykorzystywać różne metody prezentacji, aby spojrzeć z różnych stron na prezentowane zagadnienie. Ważne jest również, że odbiorca może opracowywać własne mapy. Ponieważ stosuje się rzadkie dotychczas metody prezentacji i w głębszy sposób korzysta z mapy, badania nad czytelnością i funkcjonalnością tych rozwiązań stały się na nowo potrzebne. Dodatkowo do badań tych zachęca fakt, że informacja przestrzenna i potrzeba jej prezentacji stały się obecnie znacznie bardziej powszechne. O znaczeniu tego kierunku badań dla współczesnej kartografii świadczy fakt, że popieranie badań nad czytelnością i funkcjonalnością metod stosowanych w wizualizacji danych przestrzennych jest jednym z zadań, jakie stawia sobie wspomniana już Komisja Wizualizacji działająca w ramach Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej (MacEachren, Kraak 2001).

Niezależnie od oceny dotychczasowych efektów badań psychologicznych w kartografii i kierunku ich dalszego rozwoju, warto podkreślić, że pojawienie się i rozwój tych badań w XX wieku wywarły ogromny wpływ na sposób myślenia o mapie i redakcji kartograficznej. Powszechny stał się pogląd, że

mapa w pierwszej kolejności musi być czytelna i zrozumiała dla użytkownika. Ważne stały się jego potrzeby i możliwości percepcyjne. Wątpliwości budzi stosowanie takich metod prezentacji, o których nie wiadomo, czy są czytelne i czy będą poprawnie interpretowane. Prowadzenie badań eksperymentalnych jest więc konieczne, zwłaszcza w przypadku nowych rozwiązań metodycznych.

5.2. POJĘCIE EFEKTYWNOŚCI I CZYTELNOŚCI MAPY

Celem badań psychologicznych podejmowanych przez kartografów jest poznanie procesu czytania i interpretacji mapy po to, aby opracowywać dobre mapy z punktu widzenia możliwości i potrzeb użytkownika. Mapa, która odpowiada tym wymaganiom, może być określona jako efektywna lub czytelna – takie określenia często można spotkać w literaturze kartograficznej poświęconej badaniu użytkowania map. Efektywność lub czytelność mapy jest więc przedmiotem badań psychologicznych podejmowanych przez kartografów. Ponieważ terminy te nie są jednoznacznie zdefiniowane, warto zastanowić się, jak należy je rozumieć.

Pojęcie efektywności mapy (ang. „map effectiveness") najczęściej używane jest w opracowaniach anglojęzycznych i ściśle wiąże się z terminologią stosowaną w teorii kartograficznego przekazu informacji. Jak już wspomniano, teoria ta zajmowała się procesem przekazywania informacji od nadawcy (autora lub redaktora mapy) poprzez mapę, czyli formę przekazu do umysłu odbiorcy (użykownika mapy). Na każdym etapie tego procesu mogą występować zakłócenia (np. niewłaściwe użycie znaków na mapie), które powodują, że wysyłana informacja ulega zniekształceniu. Wszelkie zakłócenia, często określane jako „szumy", obniżają efektywność tego przekazu (Robinson i in. 1978). W języku polskim pojęcie „efektywność" często zastępowane jest pojęciami „skuteczność" lub „sprawność przekazu informacji" (Ratajski 1970). Znaczenie tych wyrazów jest bowiem podobne. Według *Słownika języka polskiego* (1998, s. 484) „efektywność" oznacza „*pozytywny wynik, wydajność, skuteczność, sprawność*". Znaczenie pojęcia „*efektywność mapy*" wyjaśnia w swojej pracy J. Mersey (1990, s. 24) podając, że należy je rozumieć jako miarę tego, na ile mapa ułatwia przekaz informacji. Autorka podaje następującą definicję: efektywność mapy jest to „*łatwość, z jaką określone zadanie może być wykonane na podstawie mapy*"; wyjaśnia również, że w dotychczasowych eksperymentalnych badaniach efektywności map cecha ta wyrażana była zarówno za pomocą szybkości jak i dokładności odpowiedzi udzielanych przez uczestników badań. A.M. MacEachren (1982) wymienia następujące czynniki, które wpływają na efektywność map: umiejętności redaktora mapy, sposób reprodukcji mapy, ilość przedstawionej informacji, złożoność mapy, zastoso-

waną metodę prezentacji oraz zdolności percepcyjne odbiorcy. Zauważa również, że efektywność mapy odnosi się zawsze do określonego sposobu użytkowania. Mapa efektywna w jednym przypadku może być mało użyteczna w innym. Przykładowo efektywność map tematycznych pod względem rozpoznawania zależności zjawisk będzie polegać na łatwości, z jaką można na nich rozpoznawać rozmieszczenie zjawisk i je porównywać. *Lexikon der Kartographie und Geomatik* (2001, s. 180), opracowany pod redakcją J. Bollmana i W.G. Kocha, podaje, że efektywność („Effektivität") jest to kryterium opisujące możliwość intuicyjnej interpretacji danej prezentacji wizualnej, wyraża obciążenie odbiorcy w trakcie interpretacji danego obrazu, oznacza więc możliwość spontanicznego postrzegania atrybutów wizualnych. W podobny sposób termin efektywność (fr. „efficacité") rozumie J. Bertin (1967). Wyjaśnia on, że bardziej skuteczna prezentacja graficzna to taka, która pozwala w krótszym czasie udzielić poprawnej i wyczerpującej odpowiedzi na postawione pytanie. To określenie, podane przez J. Bertina, wskazuje więc na te same, przytoczone już wcześniej, wskaźniki efektywności – czas i poprawność odpowiedzi.

W odniesieniu do mapy często można się spotkać również z terminem „czytelność". Mówi się na przykład, że mapa lub informacja zawarta na mapie jest czytelna, nieczytelna, łatwo czytelna lub trudno czytelna. *Słownik języka polskiego* (1998, s. 330) nie wyjaśnia bezpośrednio znaczenia słowa „czytelność", ale podaje, że jest to rzeczownik pochodzący od wyrazu „czytelny", co oznacza „łatwy do odczytania, wyraźny", a w znaczeniu przenośnym również „zrozumiały, jasny". W celu wyjaśnienia zakresu znaczenia wyrazu „czytelność" słownik ten podaje dwa następujące przykłady jego użycia: „czytelność pisma" oraz „czytelność mapy", co świadczy jednoznacznie o tym, że określenie to w języku polskim jest praktycznie używane w odniesieniu do mapy. *Lexikon der Kartographie und Geomatik* (2002, s. 112) w definicji „czytelności" („Lesbarkeit", ang. „legibility", „readability") podaje, że jest to pojęcie oznaczające właściwość pisma, która decyduje o tym, jaką trudność sprawia jego czytanie, lub inaczej, że jest to stopień trudności odczytywania pisma. Leksykon ten wyjaśnia również, że w kartografii pojęcie czytelności pojmowane jest podobnie; różnica polega na tym, że dotyczy ono odczytywania informacji z mapy. W literaturze kartograficznej pojęcie czytelności mapy najczęściej można spotkać w pracach poświęconych teorii analizy i oceny map. Jak podaje K. Kałamucki (1998), czytelność uznawana jest przez wielu autorów za jedno z kryteriów oceny mapy obok takich właściwości, jak wiarygodność, szczegółowość, dokładność, kompletność, komunikatywność, poglądowość i wielu innych. K. Kałamucki zauważa również, że kryteria oceny map zmieniały się wraz z rozwojem kartografii, a problem czytelności map, „*jako*

cechy uwzględniającej ich odbiorcę", pojawił się wtedy, gdy zaczęto zwracać uwagę na informacyjność mapy i patrzeć na mapę jako na formę przekazu informacji. Wyczerpujące definicje czytelności mapy można znaleźć w literaturze rosyjskojęzycznej, w której wiele uwagi poświęcano zagadnieniu jakości map. M.K. Boczarow (1966, s. 55) pod pojęciem czytelności („czitajemost") rozumie „*stopień trudności procesu czytania mapy, stopień trudności lub łatwości zrozumienia i przyswojenia treści mapy, stopień trudności lub łatwości pozyskania z mapy informacji o przedmiotach i zjawiskach*". Proces czytania mapy rozumie on jako proces zrozumienia i przyswojenia jej treści. Krótką i precyzyjną definicję podaje K.A. Saliszczew (1998, s. 258): czytelność mapy jest to „*łatwość i szybkość percepcji mapy w procesie jej czytania*". Zauważa on również, że na czytelność mapy wpływają następujące czynniki: rozróżnialność i poglądowość oznaczeń, łatwość dostrzegania logicznych związków w systemie oznaczeń oraz obciążenie graficzne mapy. W podobny sposób czytelność mapy pojmuje I.W. Garmiz (1990), autor obszernej rozprawy na temat oceny jakości map, której jeden z rozdziałów poświęcony jest właśnie czytelności map. Zwraca on uwagę na dwa ważne zagadnienia. Po pierwsze wskazuje na szybkość i poprawność (lub dokładność) jako na obiektywne, ilościowe wskaźniki efektywności procesu czytania mapy, który rozumie jako proces odwzorowywania treści mapy w umyśle odbiorcy. Ważne jest również spostrzeżenie, że czytanie mapy nie jest nigdy celem samym w sobie, ale zawsze zależy ono od rodzaju zadania, które ma być rozwiązane z wykorzystaniem mapy. Uwzględniając te dwa zagadnienia I.W. Garmiz (1990, s. 107) sformułował bardziej ogólne, niż przytoczone wcześniej, określenie czytelności jako „*efektywność funkcjonowania systemu "człowiek-mapa", która zależna jest od całokształtu czynników psychologicznych przejawiających się w szybkości i poprawności rozwiązywania określonych zadań za pomocą mapy*". Warto również wspomnieć, że zdaniem I.W. Garmiza przy ocenie czytelności powinno się zawsze uwzględniać różne etapy procesu czytania mapy.

W polskiej literaturze kartograficznej znaczenie pojęcia „czytelność" wyjaśnił W. Grygorenko (1973, s. 59). Zdaniem tego autora czytelność mapy „*charakteryzuje się stopniem trudności procesu tłumaczenia (tj. czytania) mapy, albo* (...) *stopniem trudności w uzyskaniu i zrozumieniu wiadomości o przedmiotach i zjawiskach terenowych na podstawie obrazu kartograficznego terenu*". Czytelność zależy od poglądowości obrazu kartograficznego, poglądowości znaków, unifikacji kodu kartograficznego, liczby znaków i zasad łączenia znaków na mapie. Inne określenie można znaleźć w podręczniku kartografii F. Osowskiego i L. Brokmana (1984, s.17) – zarówno poglądowość jak i czytelność mapy „*to cechy graficzne, które na pierwszy rzut oka pozwalają spostrzegać najważniejsze elementy jej treści i z łatwością rozpoznawać szczegóły przy dokładnym czytaniu mapy*".

Podsumowując rozważania na temat efektywności i czytelności mapy, warto zwrócić uwagę na podobieństwo definicji obu tych pojęć, choć znaczenie obu terminów nie jest dokładnie takie samo. W dalszej części pracy stosowane będzie pojęcie czytelności, ponieważ termin ten wydaje się częściej używany w języku polskim. Pojęcie rozumiane jest jako trudność (lub łatwość) czytania mapy – w ten sposób określa je większość przytoczonych powyżej definicji. Wynika z nich również to, że sam proces czytania mapy można rozumieć dość szeroko – nie tylko jako mechaniczne odczytywanie informacji z mapy, ale również jako jej zrozumienie, wnioskowanie, interpretację informacji uzyskanej z mapy. Ponieważ ocena stopnia trudności czytania mapy może być dość subiektywna, za mierzalne wskaźniki czytelności z zasady przyjmuje się poprawność lub szybkość czytania mapy.

5.3. EKSPERYMENTALNE BADANIA KARTOGRAMÓW

Kartogram, jako jedna z popularniejszych form prezentacji kartograficznych, często był przedmiotem badań eksperymentalnych. Badania te dotyczyły wielu zagadnień leżących u podstaw tej metody – za pomocą badań percepcji próbowano udzielić odpowiedzi na pytania dotyczące liczby klas kartogramu, zasad opracowywania kartogramicznych skal barw, sposobu konstrukcji legendy, badano wpływ złożoności graficznej na czytelność mapy. Bliskie problematyce kartogramu są również psychofizyczne badania percepcji skali szarości. Eksperyment był również sposobem sprawdzenia użyteczności nowych rozwiązań metodycznych, takich jak kartogram ciągły i złożony, których czytelność porównywana była z czytelnością klasycznej odmiany metody. Podobny charakter mają również badania związane z problematyką pojawiającą się wraz z rozwojem technologii komputerowej. Przykładowo na drodze eksperymentu weryfikowana była użyteczność animacji i czytelność kartogramów na ekranie monitorów. Nową problematyką badawczą jest funkcjonowanie tej metody w programach GIS i wykorzystanie jej w analizie danych przestrzennych. Osobny nurt badań eksperymentalnych kartogramu poświęcony jest zagadnieniu możliwości tej metody w zakresie przedstawiania zależności zjawisk.

5.3.1. WIZUALNE PORÓWNYWANIE KARTOGRAMÓW PROSTYCH

Możliwość wykorzystania kartogramów prostych do przedstawiania zależności zjawisk w dużym stopniu zależy od tego, czy użytkownik potrafi poprawnie porównywać te mapy i czy będzie on, na ich podstawie, wyciągał prawidłowe wnioski na temat zależności łączącej przedstawiane zjawiska. Opracowanie kartogramów porównywalnych z punktu widzenia metodyki

kartograficznej (patrz rozdz. 3) nie zapewnia jednak, że mapy te będą poprawnie interpretowane. Wątpliwości kartografów budzi przede wszystkim sam proces wizualnego porównywania tych map, który może być źródłem błędów w ocenie zależności. Bliższe poznanie tego procesu i zasad rządzących wizualną oceną podobieństwa map było możliwe tylko na drodze badań eksperymentalnych z udziałem samych użytkowników.

Pierwszy formalnie przeprowadzony eksperyment poświęcony wizualnemu porównywaniu map nie dotyczył kartogramów, lecz map izoliniowych. Warto o nim wspomnieć, ponieważ dostarczał pierwszych ważnych informacji o problematyce porównywalności map i stanowił punkt wyjścia do prowadzenia dalszych eksperymentów. Badanie te przeprowadzili w latach 60. H.H. McCarty i N.E. Salisbury (1961). Za cel postawiono sobie określenie, na ile odbiorca mapy jest w stanie ocenić zależności przedstawionych zjawisk oraz jakie czynniki mają wpływ na ten proces. W eksperymencie uczestniczyły osoby o różnym doświadczeniu w posługiwaniu się mapami – studenci geografii będący na różnym etapie studiów oraz profesjonalni geografowie. Zadania testowe miały dwojaki charakter. Pierwsze z nich polegały na oszacowaniu siły związku oglądanych par map i wyrażeniu jej za pomocą wartości współczynnika korelacji. Porównanie uzyskanych odpowiedzi i rzeczywistej korelacji zjawisk pozwoliło stwierdzić, że badani nie byli w stanie precyzyjnie oszacować tej wielkości. Lepsze wyniki osiągnięto w drugim z przeprowadzonych testów, polegającym na wyborze spośród czterech map, mapy najbardziej i najmniej podobnej do piątej mapy wzorcowej. Zadanie to umożliwiało uczestnikom badań dokonanie wyboru tylko na podstawie podobieństwa rozmieszczenia zjawisk na mapach, bez konieczności liczbowego wyrażania tej zależności. Uzyskanie lepszych wyników w drugim z testów jest dowodem na to, że odbiorcy postrzegają podobieństwo map, nie są jednak w stanie wyrazić go precyzyjnie.

W badaniach tych stwierdzono również, że ocena podobieństwa zależna była od kilku czynników. Poprawniej oceniano korelację dodatnią niż ujemną, więcej problemów stwarzały mapy o słabych zależnościach, bardziej prawidłowe wyniki otrzymano w odniesieniu do map o takiej samej i jednocześnie małej (4–5) liczbie klas, o identycznej skali barw oraz map mniej skomplikowanych. Najlepsze wyniki osiągnięto w przypadku map, na których klasy wyznaczono metodą kwantyli. Istotne okazało się również doświadczenie w czytaniu map. Ze względu na dość dużą liczbę rozpatrywanych czynników w stosunku do małej liczby przebadanych osób, powyższe wyniki nie są jednak uznawane za w pełni wiarygodne.

Kilku eksperymentom poddano również proces wizualnego porównywania kartogramów. Główne kryteria stosowane przez czytelników do oceny podobieństwa tych map sformułowano na podstawie testów R. Lloyda i T. Steinke (Lloyd, Steinke 1976; Steinke, Lloyd 1981). Aby postawić uczestników testów w sytuacji normalnego odbiorcy, w badaniach tych wykorzystano rzeczywiste mapy stanu Michigan. Przedstawione dane statystyczne dobrano w ten sposób, aby zależności między nimi reprezentowały różne wielkości współczynnika korelacji. Mapy opracowane zostały w dwóch wersjach – za pomocą różnych metod wyznaczania klas: metody równej rozpiętości przedziałów oraz metody G.F. Jenksa i F.C. Caspalla (1971). Wszystkie zbiory wartości dzielono na pięć klas i zastosowano jednakową skalę szarości. W pierwszym z przeprowadzonych testów (Lloyd, Steinke 1976) uczestniczyło 102 studentów geografii, którzy podzieleni zostali na dwie grupy – każda grupa oglądała tylko jedną wersję map (opracowanych za pomocą jednej metody wyznaczania klas). Uczestnikom testu pokazywano po trzy mapy jednocześnie, a zadaniem badanych był wybór z każdej trójki pary map najbardziej podobnych. Ocena otrzymanych wyników na podstawie porównania z wartościami współczynnika korelacji, obliczonego dla każdej trójki map, wykazała, że decyzje odbiorców map o ich podobieństwie nie są pozbawione błędów, ale także, że nie są one zupełnie przypadkowe. Uczestnicy testów pytani o sposób oceny podobieństwa, stosowany przez nich w trakcie badań, wskazali dwa główne kryteria swoich decyzji. Były to: podobieństwo rozmieszczenia przedstawianych na mapie zjawisk, co autorzy sugerowali badanym przed rozpoczęciem testów, oraz względna jasność map. W przypadku, gdy mapy były podobne zarówno pod względem rozmieszczenia przedstawianych zjawisk, jak i ogólnej jasności, wyniki testów były jednoznaczne – zgodne z wielkością korelacji obliczonej na podstawie map. W przypadku, gdy mapy były podobne tylko pod względem jednej ze wspomnianych cech (rozmieszczenia lub jasności), wyniki testów stawały się bardziej zróżnicowane – część zgodna była z wielkością korelacji, część z podobieństwem względnej jasności map. Zróżnicowanie to wynikało z tego, że badani wybierali różne kryteria oceny. Stwierdzono również, że pewien wpływ na ocenę odbiorcy może mieć złożoność, rozumiana jako stopień graficznego skomplikowania mapy [6].

Zależności tych trzech kryteriów oceny (podobieństwa rozmieszczenia, jasności i złożoności) oraz wpływ każdego z nich na decyzję odbiorcy o podobieństwie map, określone zostały za pomocą innego rodzaju testów (Steinke, Lloyd 1981). Polegały one na wyborze spośród dziesięciu par kartogramów

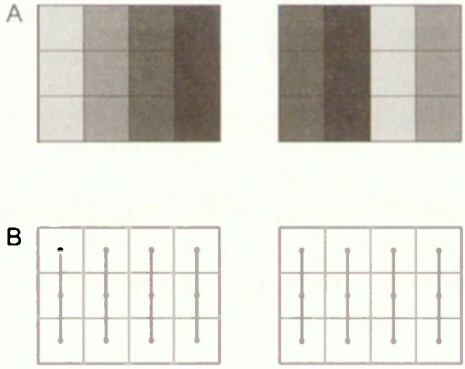
[6] Pojęcie złożoności mapy ma szersze znaczenie; obejmuje ono zarówno złożoność wizualną, inaczej graficzną, jak i złożoność pojęciową (treściową), które odpowiadają dwóm aspektom odbioru mapy – wizualnemu i pojęciowemu (W. Żyszkowska 1993).

pary najbardziej i najmniej podobnej, następnie zaś na uszeregowaniu pozostałych ośmiu par pomiędzy parami skrajnymi. W eksperymencie uczestniczyło 95 studentów geografii. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono, w jakim stopniu każde z trzech branych pod uwagę kryteriów (podobieństwo rozmieszczenia, jasność i złożoność) wpływało na ocenę podobieństwa kartogramów. Wpływ każdego z nich określono w postaci udziału procentowego. Najważniejsza w tym procesie okazała się jasność (średni wpływ tego kryterium na ocenę podobieństwa wśród wszystkich uczestników badań wyniósł 50,45%). Na drugim miejscu znalazło się podobieństwo rozmieszczenia (27,48%), dalej zaś złożoność (21,36%), która jednak w żadnym przypadku nie została użyta jako kryterium dominujące. Stwierdzono, że oceny badanych różniły się w zależności od sposobu wyznaczenia klas kartogramu, kolejność ważności stosowanych kryteriów pozostała jednak taka sama. Prawidłowości wizualnej oceny podobieństwa kartogramów sprawdzone zostały również w przypadku porównywania w pamięci wcześniej zapamiętanych map (Steinke, Lloyd 1983). Procesy porównywania wizualnego i pamięciowego okazały się podobne – nie wystąpiły różnice stosowanych tu kryteriów oceny.

Istotnym wnioskiem z badań R. Lloyda i T. Steinke nad wizualnym porównywaniem kartogramów jest odkrycie zależności istniejącej między oceną czytelnika i sposobem wyznaczenia klas kartogramu. Zmiana granic klas powoduje zmianę czynników decydujących o postrzeganiu podobieństwa map, np. jasności lub złożoności. Zależność ta stwarza możliwość wpływania na sposób postrzegania przez odbiorcę istniejących na mapach związków. Przykładem takiego rozwiązania jest zaproponowane przez R. Lloyda i T. Steinke (1977) utrzymanie na wszystkich porównywanych kartogramach jednakowej jasności i tym samym wyeliminowanie wpływu tego czynnika na ocenę podobieństwa. Założenie to może zostać spełnione dzięki zastosowaniu metody wyznaczania klas, która zachowuje jednakowe pole powierzchni jednostek we wszystkich klasach, czyli metody kwantyli geograficznych. Porównanie percepcji tak opracowanych kartogramów z kartogramami, dla których klasy wyznaczono innymi metodami, potwierdziło przypuszczenie, że ta metoda wyznaczania klas ułatwia poprawną ocenę podobieństwa kartogramów (Lloyd, Steinke 1977).

Poznaniu procesu wizualnego porównywania kartogramów poświęcone zostały również badania J.-C. Mullera (1976a). Ich celem było określenie wpływu, jaki na proces porównywania mogą wywierać zależności zachodzące zarówno między porównywanymi mapami, jak i wewnętrzny układ znaków na każdej mapie. Do zależności łączących dwie mapy zaliczono podobieństwo rozmieszczenia przedstawianych na mapach zjawisk, co odpowiada wielkości korelacji, oraz podobieństwo układu znaków, które nie zależy od

wartości przypisanych poszczególnym polom. Ten drugi typ zależności opisany został przez J.-C. Mullera za pomocą specjalnego wskaźnika. Każdy z kartogramów przekształcany jest w pierwszym etapie w sieć w ten sposób, że każdemu polu odpowiada jeden jej wierzchołek. Są one łączone za pomocą krawędzi wtedy, gdy sąsiadujące ze sobą pola należą do tej samej klasy wartości. Stopień podobieństwa map oblicza się zliczając te krawędzie, które w obu sieciach nie pokrywają się (mała ich liczba świadczy o wysokim podobieństwie map, duża zaś liczba o tym, że mapy te nie są podobne). Tak opisane podobieństwo kartogramów różni się od pojęcia korelacji. Zaproponowany przez J.-C. Mullera wskaźnik świadczy o istnieniu zależności funkcyjnych między porównywanymi układami znaków, które mogą obejmować zarówno związki liniowe, jak i nieliniowe, podczas gdy współczynnik korelacji wykrywa tylko zależności liniowe. Na rycinie 31A znajdują się dwa kartogramy o identycznym układzie znaków, ale różnym rozmieszczeniu natężenia przedstawianych zjawisk. O tym, że układy znaków na tych mapach są takie same, świadczy fakt, że stosując metodę J.-C. Mullera, można je przekształcić w dwie izomorficzne sieci (ryc. 31B).



Ryc. 31. Schemat dwóch kartogramów o identycznym układzie znaków, ale przedstawiających różne rozmieszczenie zjawisk
Schematic diagram of two choropleth maps with identical pattern showing different distributions

Oprócz zależności, które zachodzą między porównywanymi mapami, na ocenę podobieństwa mogą mieć wpływ również cechy układu znaków na każdej z map, co odpowiada dość szeroko pojętej złożoności. Obejmuje ona nie tylko stopień komplikacji obrazu, ale również takie czynniki, jak jasność i kontrast. Ten typ zależności J.-C. Muller (1976b) wyraził za pomocą pięciu wskaźników – agregacji, jasności, kontrastu, redundancji, spójności i złożoności.

Badania J.-C. Mullera (1976a) polegały na ocenie wpływu opisanych wcześniej zależności na wizualne podobieństwo kartogramów. W badaniach testowych uczestniczyło ponad 60 studentów. Wykorzystano w nich 24 kartogramy Francji (w podziale na regiony statystyczno-administracyjne), przedstawiające różne rozmieszczenie zjawisk. Wszystkie kartogramy były pięcioklasowe, opracowane przy użyciu jednakowej skali szarości. Zadania testowe polegały na pogrupowaniu wszystkich map w pary, które wyglądają podobnie. Porównanie odpowiedzi z wartościami rozpatrywanych współczynników dla wszystkich par map pozwoliło wyróżnić te zależności, które w największym stopniu wpływają na ocenę podobieństwa. Żadna z nich nie okazała się dominująca, ale każda z rozpatrywanych zależności miała jakiś wpływ na ocenę użytkownika. Wynik wizualnego porównywania zależny był w większym stopniu od relacji między dwiema porównywanymi mapami, niż od cech układu znaków każdej mapy. Spośród wszystkich rozpatrywanych miar, wyniki wizualnego porównywania najlepiej opisuje miara podobieństwa układów znaków J.-C. Mullera, co świadczy o tym, że proces ten związany jest z porównywaniem struktur regionalnych i może obejmować zależności zarówno liniowe jak i nieliniowe. W dalszej kolejności za najbardziej istotne czynniki uznane zostały: korelacja liniowa, złożoność i jasność. Związki ujemne nie były postrzegane tak dobrze jak dodatnie. Autor eksperymentu uważa, że oprócz rozpatrywanych w tych badaniach ośmiu rodzajów zależności, na proces porównywania mogą mieć wpływ również inne czynniki.

O tym, w jaki sposób jasność, złożoność i układ znaków wpływają na ocenę podobieństwa kartogramów, można przekonać się porównując mapy z ryciny 32. Jeżeli zapytanoby czytelników, które z tych kartogramów wydają im się podobne, wielu z nich nie wybrałoby map przedstawiających zjawiska o podobnym rozmieszczeniu – te mapy można rozpoznać na podstawie wartości współczynnika korelacji rangowej Kendalla τ (Kendall 1975; Blalock 1975)[7]. Przyjmuje on wartości z przedziału od +1 (co oznacza całkowitą korelację dodatnią) do -1 (co oznacza całkowitą korelację ujemną). Wartość 0 świadczy o braku korelacji, czyli zupełnej niezależności zjawisk.

[7] Korelację par kartogramów wyrażono za pomocą współczynnika Kendalla, ponieważ może on być z łatwością stosowany wtedy, gdy w zbiorze wartości występuje dużo tzw. rang powiązanych. Rangi są to liczby całkowite z przedziału od 1 do N, odzwierciedlające pozycję w zbiorze każdej obserwacji. W przypadku, gdy wartości w zbiorze powtarzają się, rangi tych obserwacji nadaje się licząc średnią arytmetyczną rang pierwotnych, czyli takich, jakie zostałyby nadane, gdyby wartości w zbiorze nie były takie same. Takie rangi nazywane są rangami powiązanymi (Blalock 1975). W przypadku obliczania współczynnika korelacji dla pary kartogramów, rangi powiązane nadaje się wszystkim jednostkom należącym do tej samej klasy wartości, ich liczba w zbiorze jest więc duża.

Pomimo niskiej wartości współczynnika korelacji τ, za podobne mogą zostać uznane mapy B i C (ryc. 32.1). Wyjaśnić to można tym, że ich cechą wspólną jest ogólna jasność obrazu. Opisuje ją liczbowo wskaźnik jasności B[8], który może przyjmować wartości z przedziału od 0 do 1. Podstawą do jego obliczenia był wskaźnik zaproponowany przez J.-C. Mullera (1976b; Czuba, Pasławski 1995), określany angielskim pojęciem „blackness" („zaczernienie"). Został on przekształcony przez autorkę tej pracy tak, aby wyrażał stopień ogólnej jasności mapy, a nie, jak pierwotnie, stopień jej zaczernienia. Dzięki temu mapy jasne otrzymują wysoką wartość wskaźnika, mapy ciemne – niską wartość.

Na rycinie 32.2 za podobne mogą zostać uznane również mapy o słabej korelacji, A i C. Przyczyną takiej oceny jest ten sam stopień złożoności obrazu. Wskazuje na to wartość wskaźnika rozdrobnienia FI[9] (Monmonier 1974; Czuba, Pasławski 1995). Może on przyjmować wartości z przedziału od 0 do 1. Wartość maksymalną osiągają kartogramy o maksymalnie wysokiej złożoności, czyli takie, na których każde pole odniesienia stanowi oddzielny obszar jednorodny.

Na rycinie 32.3 za podobne mogą zostać uznane mapy A i C, które mają podobny układ znaków, a jednocześnie różnią się wyraźnie rozmieszczeniem natężenia przedstawianych zjawisk, o czym świadczy niska wartość współczynnika τ. O wysokim podobieństwie układu znaków map A i C można przekonać się przekształcając każdą z nich w sieć (tak, jak wcześniej zilustrowano to na rycinie 31). Liczbę krawędzi, które w tych sieciach nie pokrywają się,

---

[8] Wskaźnik jasności oblicza się według następującego wzoru:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{N} p_i b_i}{\sum_{i=1}^{N} p_i} \qquad (4)$$

gdzie:

p_i – pole powierzchni jednostki i,

b_i – jasność pola i wyrażona za pomocą wartości liczbowej z przedziału od 0 do 1, w ten sposób, że pierwszej klasie przyporządkowujemy wartość 1, ostatniej 0. W przypadku kartogramu 4-klasowego (ryc. 32.1) kolejnym klasom przypisano wartości: 1; 0,67; 0,33; 0.

N – liczba pól (jednostek powierzchniowych).

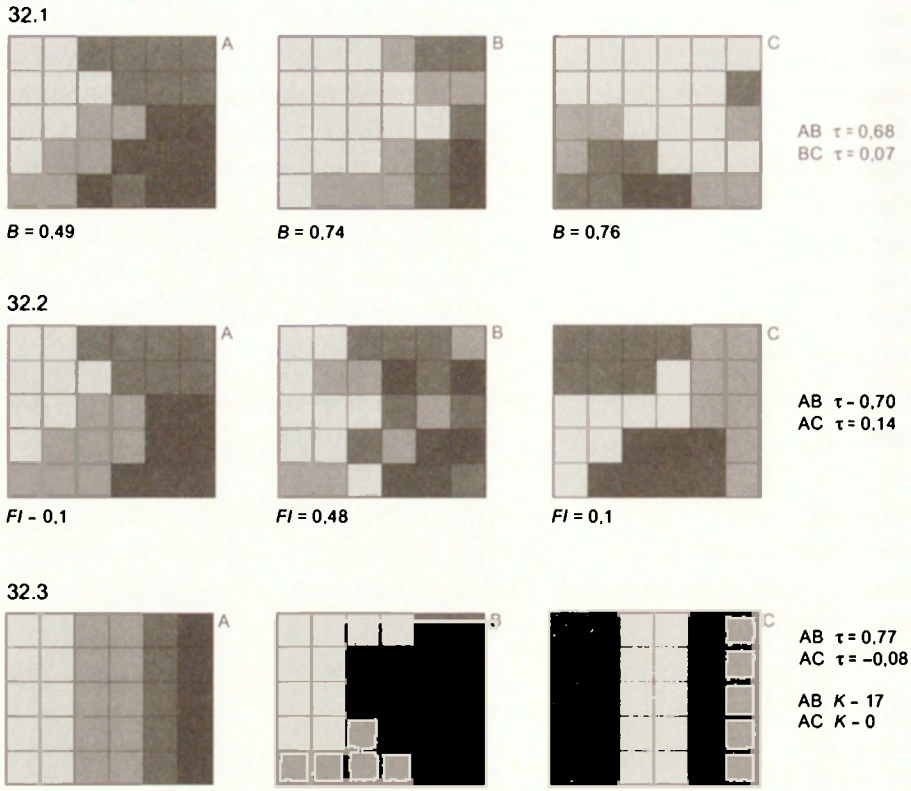
[9] Wskaźnik rozdrobnienia oblicza się według następującego wzoru (Monmonier 1974):

$$FI = \frac{M-1}{N-1} \qquad (5)$$

gdzie:

M – liczba obszarów jednorodnych, utworzonych na mapie przez pola należące do jednej klasy,

N – liczba pól (jednostek powierzchniowych).

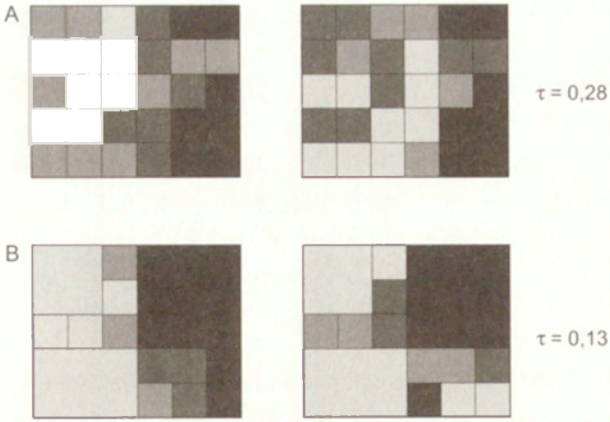


Ryc. 32. Wpływ jasności (32.1), złożoności (32.2) i układu znaków (32.3) na postrzeganie podobieństwa kartogramów

The effect of blackness (32.1), complexity (32.2) and map pattern (32.3) on the perceived similarity between choropleth maps

oznaczono literą *K*. Jeżeli liczbą tą jest 0, oznacza to, że układy znaków na mapach są identyczne. Wysoka wartość *K* świadczy o tym, że mapy pod względem układu znaków są do siebie niepodobne (Muller 1976b).

Kolejnych ważnych wskazówek dotyczących porównywania kartogramów dostarczyły również badania przeprowadzone przez M.P. Petersona (1979). Ich głównym celem było porównanie procesu czytania kartogramu skokowego i ciągłego. Jedno z badań testowych dotyczyło porównywania map i przeprowadzone zostało z użyciem kartogramów (zarówno skokowych, jak i ciągłych) stanu Wisconsin, na których przedstawiono rzeczywiste dane. W przypadku kartogramu skokowego klasy wyznaczono metodą wielokrotności odchylenia standardowego, dobranych w ten sposób, aby w każdym przedziale grupowała się podobna liczba obserwacji. Zadania testowe polegały na wyborze z pary map tej, która jest bardziej podobna do mapy wzorcowej (trzeciej). Doprowadziły one do sformułowania wniosku istotnego dla problemu percepcji podobieństwa kartogramów, że o wizualnym podobieństwie nie za-



Ryc. 33. Pary kartogramów, które wydają się podobne

Pairs of choropleth maps that look similar

wsze decyduje całość mapy. W przypadku, gdy mapy nie mają wyraźnego, czytelnego układu rozmieszczenia znaków, o ich podobieństwie lub niepodobieństwie decydują różnice położenia jedynie pól najciemniejszych. Może to prowadzić do interpretacji niezgodnej z faktycznym podobieństwem (to znaczy takim, jakie można by obliczyć na podstawie porównywanych map). O tym, że jednostki należące do najwyższej klasy wartości kartogramu mają silny wpływ na ocenę podobieństwa map, wspomina również M.S. Monmonier (1996). Jeżeli te same pola na dwóch kartogramach należą do najwyższych klas wartości, mapy wydają się podobne nawet wtedy, gdy ich korelacja jest słaba. Innym czynnikiem, który również, zdaniem M.S. Monmoniera, może być źródłem błędów w ocenie zależności zjawisk na podstawie kartogramów, są duże różnice w wielkości jednostek odniesienia. Jeżeli jednostki o dużej powierzchni należą do tych samych klas wartości, kartogramy wyglądają podobnie, niezależnie od tego, do których klas wartości należą pola mniejsze. Wpływ tych dwóch czynników na postrzeganie podobieństwa kartogramów ilustrują dwie pary kartogramów (ryc. 33), na których przedstawiono zjawiska o dość słabej korelacji (świadczą o tym niskie wartości współczynnika korelacji τ, obliczonego na podstawie par kartogramów). Mimo stałej korelacji, kartogramy te wydają się podobne. Dzieje się tak dlatego, że te same pola odniesienia znajdują się w najwyższej (najciemniejszej) klasie wartości obu kartogramów – jednostki te mają silny wpływ na wrażenie podobieństwa map. Kartogramy mogą wydawać się podobne również dlatego, że do tych samych klas wartości należą trzy największe pola odniesienia (ryc. 33B).

Opisane wcześniej badania M.P. Petersona (1979) są jednym z przykładów znacznego zainteresowania, jakim w literaturze kartograficznej cieszył się kartogram ciągły. Jest to ciekawa metoda również z punktu widzenia porównywalności, gdyż obraz przestrzennego rozmieszczenia zjawisk, a więc również ich zależności, nie jest obciążony błędem grupowania danych. Jak już jednak

stwierdzono, ważniejsze od statystycznej porównywalności mogą się okazać możliwości czytelnika pod względem wizualnej oceny zależności przedstawianych zjawisk. W przypadku kartogramu ciągłego zagadnienie to budziło nawet większe wątpliwości niż w przypadku kartogramów skokowych. Wątpliwości te wyjaśniono przeprowadzając szczegółowe badania (Peterson 1979; Muller 1980); udowodniono, że kartogramy ciągłe i skokowe funkcjonują w sposób podobny w procesie wizualnego porównywania, a na ocenę ich podobieństwa mają wpływ te same czynniki, tzn. złożoność i jasność.

* * *

Wyniki przeprowadzonych badań nad wizualną oceną podobieństwa kartogramów nie dają wyczerpującej odpowiedzi na pytanie, na czym polega ten proces, wskazują jednak jego główne prawidłowości. Wiadomo, że wizualna ocena podobieństwa kartogramów nie zawsze zgadza się z wielkością korelacji obliczonej na podstawie porównywanych map, a tym bardziej z korelacją przedstawianych zjawisk. Proces wizualnego porównywania kartogramów jest więc subiektywny; odbiorcy mogą brać pod uwagę różne kryteria oceny. Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów można wyróżnić główne czynniki, które kształtują ocenę odbiorcy. Są to:

– podobieństwo rozmieszczenia przedstawianych na mapie zjawisk (korelacja liniowa),
– jasność,
– złożoność,
– podobieństwo regionalnych układów znaków, co obejmuje zarówno zależności liniowe, jak i nieliniowe,
– znak korelacji (ujemny lub dodatni),
– siła związku (niektóre wielkości korelacji mogą być trudniejsze w ocenie),
– doświadczenie odbiorcy w czytaniu map,
– względna ważność przypisywana polom odniesienia z uwagi na:
  • wielkość,
  • kształt,
  • położenie (np. centralne, peryferyjne),
  • przynależność do klas (np. skrajnych, środkowych),
  • wiedzę geograficzną odbiorcy.

Przeprowadzone badania eksperymentalne wskazują jednocześnie, że za pomocą metody opracowania map, np. sposobu wyznaczania klas, można wpływać na to, jak postrzegane będzie podobieństwo map. Przykładem jest wspomniana już metoda kwantyli geograficznych, która pozwala na opracowanie kartogramów o jednakowej jasności. Dzięki temu czynnik ten nie ma

wpływu na ocenę podobieństwa. Brak jest podobnych rozwiązań, które modyfikowałyby wpływ innych czynników na sposób postrzegania przez odbiorcę istniejących na mapach związków. O ile utrzymanie jednakowej jasności na wszystkich kartogramach jest warunkiem łatwym do spełnienia i nie wpływa w większym stopniu na obraz rozmieszczenia przedstawianych zjawisk, o tyle w przypadku innych czynników (na przykład złożoności) ograniczenie ich wpływu na wizualne postrzeganie podobieństwa map jest zadaniem znacznie trudniejszym.

Wobec tych przeszkód, na które natrafia dążenie do osiągnięcia wizualnej porównywalności kartogramów, uzasadnione wydaje się twierdzenie, że możliwości poprawnego porównywania kartogramów prostych są ograniczone. Zgadza się to z opinią sformułowaną przez M.S. Monmoniera (1979), że funkcje, jakie mogą spełniać kartogramy proste, należy ograniczyć do trzech następujących możliwości:

– odczytywania wartości pojedynczego zjawiska,
– porównywania parami odpowiadających sobie pól odniesienia,
– rozpoznawania prawidłowości rozmieszczenia zjawisk.

Informowanie o zależnościach zjawisk nie jest więc główną funkcją kartogramów prostych. Jest to zgodne z zasadą, że metody prezentacji, które wiernie oddają rozmieszczenie zjawisk, jednocześnie są mniej odpowiednie do przedstawiania ich zależności (Monmonier 1979). Omówione wyżej problemy natury percepcyjnej, występujące w procesie wizualnego porównywania kartogramów prostych, wskazują na konieczność stosowania innych rozwiązań metodycznych wtedy, gdy celem prezentacji ma być uwidocznienie zależności zjawisk.

5.3.2. PERCEPCJA KARTOGRAMU ZŁOŻONEGO

Mimo wyraźnych zalet, jakie ma kartogram złożony pod względem przedstawiania zależności zjawisk (rozdz. 4), budzi on wśród kartografów wiele wątpliwości. Często można spotkać się z opinią, że jest to trudno czytelna forma prezentacji i że samo zrozumienie jej sensu może stanowić problem dla przeciętnego użytkownika. Sposobem na zweryfikowanie tych poglądów są badania eksperymentalne.

Szersze badania eksperymentalne, dotyczące percepcji kartogramu złożonego, przeprowadzili H. Weiner i C.M. Francolini (1980), J. Olson (1981) oraz L.W. Carstensen (1982, 1984, 1986b). Badania H. Weinera, C.M. Francoliniego i J. Olson dotyczyły percepcji kartogramów opracowanych na wzór map Biura Spisowego (US Bureau of the Census), badania L.W. Carstensena – percepcji kartogramów ciągłych ploterowych. Impulsem do przeprowadzenia tych badań była polemika, jaka wywiązała się wokół map opracowywa-

nych przez amerykańskie Biuro Spisowe. Spotkały się one z krytyczną oceną, która opierała się na dwóch rodzajach argumentów. Zarzucano im z jednej strony, że nie daje się na nich wizualnie rozróżnić rozmieszczenia dwóch przedstawionych zjawisk, gdyż odbiorca nie jest w stanie odtworzyć zabiegu nałożenia dwóch kartogramów prostych i postrzegać niezależnie rozmieszczenia każdego ze zjawisk. Z drugiej zaś strony podkreślano, że mapy te nie dość dobrze uwidaczniają współzależności, wątpliwa jest bowiem możliwość uzyskania dodatkowej informacji ponad tę, jaka jest widoczna na dwóch kartogramach prostych (Feinberg 1979; Olson 1981). Te dwa zupełnie różne kierunki krytyki są wyrazem wątpliwości, jakie budzi ta metoda prezentacji.

W eksperymencie przeprowadzonym przez H. Weinera i C.M. Francoliniego (1980) porównane zostały możliwości czytania kartogramu złożonego i dwóch kartogamów prostych przez użytkownika. Zadania testowe dotyczyły elementarnego (szczegółowego) poziomu czytania mapy i polegały na odszukaniu w legendzie wartości dwóch zmiennych dla wyznaczonego pola kartogramu. W eksperymencie uczestniczyło 16 studentów psychologii, którym pokazywano mapy miast opracowane według założeń Biura Spisowego. Każdy z uczestników otrzymał cztery serie map, z których każda zawierała 9 par kartogramów prostych oraz cztery serie zawierające po 9 kartogramów złożonych. Połowa badanych w pierwszej kolejności czytała kartogramy proste, potem zaś kartogramy złożone, połowa w odwrotnym porządku. Wszystkie mapy obejmowały ten sam obszar, ale przedstawiały rozmieszczenie dziewięciu różnych zjawisk. Jako wynik testu notowano czas odpowiedzi oraz liczbę popełnionych błędów. Różnice w czasie odpowiedzi dla obu typów map nie były istotne, natomiast znacznie więcej błędów popełniono w przypadku kartogramów złożonych.

Według tego samego schematu przeprowadzono również drugi eksperyment, którego celem było sprawdzenie możliwości zapamiętywania stosowanej legendy map przez uczestników. W teście tym uczestniczyło ośmiu studentów. Do wykorzystanych w poprzednim badaniu czterech serii map dodana została piąta, zawierającą mapy pozbawione legendy. Uczestnicy testu udzielali odpowiedzi na podstawie klucza znaków zapamiętanego z poprzednich serii. W przypadku kartogramów prostych nie odnotowano różnic, ani w czasie udzielania odpowiedzi, ani w liczbie popełnionych błędów, w stosunku do poprzedniego testu. Natomiast w przypadku kartogramu złożonego czytanego bez legendy odnotowano znaczny wzrost liczby odpowiedzi niepoprawnych.

Interpretując wyniki powyższych testów, autorzy badań negatywnie ocenili możliwości odbiorcy w zakresie czytania kartogramu złożonego na poziomie szczegółu. Znaczne trudności wiążą się przede wszystkim z zapamiętaniem legendy tych map. Podkreślono jednak konieczność prowadzenia dalszych

badań nad tą metodą prezentacji, wskazując jako jedną z możliwości badanie percepcji na wyższym poziomie ogólności. Jednym ze sposobów czytania takiego kartogramu może być, na przykład, postrzeganie zwartych obszarów o jednolitej barwie. W celu zwiększenia czytelności map autorzy zaproponowali trzy alternatywne, w stosunku do systemu barw stosowanego przez Census Bureau, rozwiązania graficzne:

– modyfikację skali barw w ten sposób, aby barwa żółta, oznaczająca najniższe wartości obu zmiennych, zastąpiona została barwą białą,

– rozróżnienie obu zmiennych w ten sposób, aby jedną oznaczać za pomocą desenia, a drugą za pomocą skali barw,

– rezygnację ze stosowania barw powierzchniowych i użycie dwóch systemów barwnych deseni.

Badania na znacznie większą skalę dotyczące percepcji kartogramu złożonego przeprowadzone zostały przez J. Olson (1981). Składały się na nie cztery eksperymenty. Pierwszy z nich dotyczył samej legendy map. Zamierzano sprawdzić, czy stosowany system barw jest zrozumiały dla odbiorcy. Legenda wykorzystana w teście skonstruowana została na wzór stosowanej przez Biuro Spisowe; opracowano dwie takie legendy – o 9 oraz 16 barwach. W eksperymencie uczestniczyło 27 studentów psychologii, a ich zadaniem było ułożenie legendy kartogramu złożonego. Polegało to na umieszczeniu kolorowych kwadratów w siatce 3×3 lub 4×4 tak, aby jak najlepiej mogły reprezentować kombinację wartości dwóch zjawisk geograficznych. Połowa badanych pracowała z legendą o 9 barwach, połowa z legendą o 16 barwach. Żaden z uczestników testu nie ułożył legendy zgodnie z wyjściowym schematem, a co więcej – nie było wśród odpowiedzi dwóch takich samych rozwiązań. W dalszej części eksperymentu proszono uczestników o uzasadnienie swojego rozwiązania oraz pokazywano im wariant oryginalny. Większość badanych przyznała, że jest to układ dobry, a ponad połowa uznała go za lepszy od własnej propozycji. Te dość zaskakujące wyniki świadczą o tym, że czytelnik mapy nie jest w stanie intuicyjnie odtworzyć tak skonstruowanej legendy, jednak dostrzega w niej logiczny porządek.

Drugi z eksperymentów J. Olson (1981) miał na celu porównanie funkcjonowania kartogramów prostych oraz kartogramów złożonych, opracowanych na wzór map Biura Spisowego, na ogólnym poziomie percepcji. Zadania polegały na wizualnej ocenie korelacji zjawisk. W badaniach nie wykorzystano jednak rzeczywistych map, lecz sztucznie generowane dane, o różnym stopniu korelacji i złożoności, przedstawiane w regularnej siatce kwadratów o wymiarach 10×10. Kartogramy proste były czarno-białe trzy- lub czteroklasowe, kartogramy złożone natomiast barwne o 9 lub 16 klasach. Zadaniem 295 uczestników testu, w przypadku kartogramów prostych, było określenie, która mapa

z danej pary jest bardziej podobna do trzeciej mapy wzorcowej. Dla kartogramów złożonych należało wybrać spośród dwóch map tę, która przedstawia zjawiska silniej ze sobą skorelowane. Każdy z badanych rozwiązywał zadania zarówno dotyczące kartogramów prostych, jak i złożonych, ich kolejność była jednak różna. W przypadku kartogramów prostych znacznie więcej osób udzieliło odpowiedzi poprawnych. J. Olson zwraca jednak uwagę, że wyciąganie wniosku o tym, że wizualna ocena korelacji na dwóch kartogramach prostych jest łatwiejsza niż na kartogramie złożonym, byłoby dużym uproszczeniem badanego procesu. Grupa osób, która udzieliła poprawnych odpowiedzi w przypadku kartogramów złożonych, jednocześnie nieco gorzej rozwiązała zadania dotyczące kartogramów prostych. Ta zależność, choć nie okazała się statystycznie istotna, może świadczyć o tym, że podstawowym problemem w interpretacji kartogramów złożonych jest zrozumienie samej istoty metody. Osoby, którym się to udało, oceniały korelację zjawisk na tych mapach poprawniej niż zrobiły to w przypadku kartogramów prostych.

Trzeci z eksperymentów przeprowadzonych przez J. Olson (1981) miał na celu sprawdzenie, o czym odbiorca może się dowiedzieć na temat przedstawianych zjawisk, na podstawie wizualnej analizy kartogramu złożonego. W doświadczeniu tym wykorzystano rzeczywiste mapy. Były to trzy różne kartogramy złożone. Nad każdym z nich pracowały dwie grupy badanych, przy czym jednej z grup za każdym razem udostępniano tekst wyjaśniający istotę zastosowanej metody prezentacji. Dodatkowo jedna grupa badanych pracowała z parą kartogramów prostych. Liczebność grup wahała się od 14 do 26 osób. W sumie w eksperymencie uczestniczyły 143 osoby, wszyscy byli studentami, ale różnych kierunków studiów: geografii, kartografii lub psychologii. Zadaniem każdego uczestnika testu było napisanie, co oglądana mapa mówi mu na temat rozmieszczenia przedstawionych na niej zjawisk. Większość uczestników testu poprawnie i dość wnikliwie czytała informacje na podstawie kartogramów złożonych. Najwięcej odpowiedzi odnosiło się do regionów i poszczególnych stanów, z którymi wiązano odpowiednie do obserwowanej barwy kombinacje wartości zjawisk. Rzadkie były wnioski na temat zależności zjawisk, przy czym częściej pojawiały się one w grupach, które otrzymały wraz z mapą tekst objaśniający. Niewiele wniosków wyciągano na temat przestrzennych tendencji w rozmieszczeniu zjawisk, wartości średnich oraz rozmieszczenia każdego ze zjawisk niezależnie. Odpowiedzi osób pracujących z parą kartogramów prostych nie były ani lepsze, ani bardziej wyczerpujące. Podobnie jak w przypadku kartogramu złożonego, informacje odnoszono do regionów lub stanów, natomiast rzadsze były wnioski na temat relacji wartości obu zjawisk. Eksperyment ten wykazał, że użytkownik jest w stanie poprawnie i wnikliwie czytać informacje zawarte na kartogramie złożonym.

W czwartym, ostatnim już teście J. Olson (1981), przeprowadzonym z udziałem tej samej grupy osób i przy użyciu tych samych map, co w eksperymencie trzecim, pytano badanych o ich opinie na temat oglądanych map. Każdy z uczestników testu otrzymał listę ponad 20 par przeciwstawnych znaczeniowo określeń, takich, jak: zła – dobra, trudno czytelna – łatwo czytelna, nieinteresująca – interesująca. Swoją opinię na temat oglądanej mapy należało wyrazić w 11-stopniowej skali, umieszczając przy każdej parze określeń rangę z zakresu od 0 do 10, w ten sposób, że 0 odpowiadało pierwszemu z określeń (negatywnemu), zaś 10 – drugiemu z określeń (pozytywnemu). W odniesieniu do kartogramów złożonych przeważały opinie pozytywne, zwłaszcza na temat ich atrakcyjności wizualnej. Mapy te oceniano lepiej w tych grupach badanych, które otrzymały objaśnienia i dzięki temu lepiej zrozumiały zależności łączące przedstawiane zjawiska. Kartogramy proste uznane zostały za łatwiej czytelne, ale jednocześnie ten sposób prezentacji wydał się badanym mniej interesujący.

Zarówno badania H. Weinera i C.M. Francoliniego (1980) jak i J. Olson (1981) świadczą o tym, że kartogramy złożone opracowane na wzór map Biura Spisowego są dla odbiorcy dość trudno czytelne. Problem stanowi zwłaszcza zrozumienie legendy. Również interpretacja samej mapy, i to zarówno na elementarnym, jaki i ogólnym poziomie czytania, jest trudniejsza niż w przypadku kartogramu prostego. Zdaniem J. Olson podstawowym wnioskiem z przeprowadzonych eksperymentów jest konieczność poszukiwania sposobu uczytelnienia legendy kartogramu złożonego tak, aby był on poprawnie czytany i interpretowany. Autorka eksperymentu sugeruje, aby każdy kartogram złożony uzupełniać obrazem dwóch zmiennych składowych przedstawionych osobno na dwóch kartogramach prostych, oraz tekstem objaśniającym ideę tej metody prezentacji, a także sposób interpretacji mapy. Wyniki dwóch ostatnich eksperymentów J. Olson przemawiają natomiast na korzyść kartogramów złożonych. Były one równie poprawnie i wnikliwie czytane jak kartogramy proste, pozytywnie oceniano je pod względem atrakcyjności.

Wyniki świadczące o złej czytelności kartogramów złożonych, wykorzystanych w powyższych eksperymentach, nie są jednak zaskakujące, jeżeli weźmie się pod uwagę, jakie rozwiązania graficzne były na nich stosowane. Zarówno badania H. Weinera i C.M. Francoliniego (1980) jak i J. Olson (1981) przeprowadzono wykorzystując mapy Biura Spisowego, a jak wiadomo (rozdz. 4), system barw stosowany na tych mapach był rozwiązaniem niefortunnym. Można więc przypuszczać, że zastosowanie lepszych rozwiązań graficznych może znacznie poprawić czytelność kartogramu złożonego.

Próbą znalezienia alternatywnej, w stosunku do map Biura Spisowego, metody przedstawienia na kartogramie dwóch zmiennych, były badania nad ciągłym kartogramem złożonym ploterowym. Taką metodę zaproponował L.W. Carstensen (1982), uznając, że barwne kartogramy złożone są zbyt trudno czytelne oraz że nie uzyskuje się z nich wystarczających informacji na temat zależności zjawisk (zasada konstrukcji takiego kartogramu objaśniona została w 4. rozdziale pracy). Oprócz zalet, które wynikają z ciągłości przedstawienia, na korzyść kartogramu złożonego ploterowego, zdaniem autora, przemawiają również proste zasady konstrukcji legendy, które umożliwiają jej łatwe zapamiętanie. Dzięki temu mapę powinno się czytać bez konieczności ciągłego konfrontowania jej obrazu z legendą. Funkcjonowanie takiej metody graficznej sprawdzone zostało na drodze kilku eksperymentów (Carstensen 1982, 1984, 1986b).

Pierwsze z przeprowadzonych przez L.W. Carstensena (1982) badań obejmowały trzy oddzielne eksperymenty. W pierwszej kolejności sprawdzono możliwości czytania wartości przedstawianych zjawisk w legendzie. Każdy z 24 uczestników testu otrzymał pięć przykładów deseni oraz legendę kartogramu złożonego ploterowego. Ich zadanie polegało na podaniu wartości obu zmiennych. Test powtórzono trzykrotnie. Wyniki przeprowadzonego badania były, zdaniem autora, pozytywne i wskazywały na to, że odbiorca potrafi czytać tak skonstruowaną legendę. Udział błędnych odpowiedzi wahał się od 3,8 do 7,8%. Dodatkową weryfikacją wyników było pytanie o stosowaną przez badanych metodę porównywania desenia i legendy. Większość z nich wskazała na prawidłowe rozwiązanie, to znaczy oceniała proporcje boków prostokątów utworzonych w legendzie przez krzyżujące się linie.

Drugi eksperyment przeprowadzony został w sposób analogiczny do badań J. Olson (1981). Polegał on na ułożeniu 16 wycinków legendy w ten sposób, aby całość reprezentowała wartości dwóch zjawisk, rosnące wzdłuż osi wykresu prostokątnego. Ośmiu spośród 24 uczestników testu rozwiązało to zadanie bezbłędnie. Wynik ten był znacznie lepszy od uzyskanego w badaniach kartogramów barwnych Biura Spisowego. Pomimo, że tak wiele osób ułożyło tę legendę niepoprawnie, ogólny wynik testu nie wskazywał na to, że badani umieszczali poszczególne fragmenty legendy przypadkowo.

Trzeci, ostatni eksperyment miał na celu sprawdzenie możliwości odbiorcy w zakresie postrzegania zależności zjawisk przedstawianych na rzeczywistych mapach. W tym celu opracowano trzy kartogramy dla dziewięciu jednostek odniesienia w środkowej Pensylwanii, na których pokazano zależności różnych zjawisk geograficznych. Przedstawione zmienne dobrano w ten sposób, aby reprezentowały trzy typy zależności: silną korelację dodatnią, silną korelację ujemną oraz brak korelacji. Zadaniem uczestników testu było stwier-

dzenie przy każdej z oglądanych map, czy przedstawia ona korelację pozytywną, negatywną, czy brak korelacji. Najwięcej poprawnych odpowiedzi uzyskano w przypadku silnej korelacji pozytywnej (86%), nieco mniej w przypadku silnej korelacji negatywnej (83%), najmniejsza liczba badanych (60%) udzieliła poprawnych odpowiedzi w przypadku mapy przedstawiającej zjawiska nieskorelowane. Duża liczba wyników poprawnych pozwoliła autorom na stwierdzenie, że odbiorcy prawidłowo postrzegają istnienie korelacji zjawisk na ciągłym kartogramie złożonym.

Pomimo uzyskanych zadowalających wyników wstępnych eksperymentów, L.W. Carstensen zwraca uwagę na ograniczenia zastosowanych rozwiązań graficznych. Desenie mogą być nieczytelne, jeżeli stosuje się je w małych polach odniesienia, są one męczące dla oczu i wizualnie mniej atrakcyjne niż mapy barwne. Za podstawowe zalety własnego rozwiązania w stosunku do barwnego kartogramu złożonego uznaje natomiast ciągłość przedstawienia (na obraz zależności zjawisk nie mają wpływu błędy związane z grupowaniem danych) oraz prostą i logiczną zasadę konstrukcji legendy, która może być łatwo zapamiętana przez czytelnika.

Kolejne badania L.W. Carstensena (1984) poświęcone zostały porównaniu funkcjonowania kartogramów złożonych ploterowych i barwnych. Szukano tu odpowiedzi na pytanie, w jakim stopniu odbiorca postrzega podobieństwo wartości przedstawianych zjawisk w poszczególnych polach odniesienia. Zadanie testowe polegało na wyznaczeniu na mapie ciągłego obszaru zawierającego jednostki o podobnych, a następnie niepodobnych wartościach obu zmiennych. Do badań tych wykorzystano fragment mapy miasta z wyróżnieniem 41 jednostek spisowych. Uczestnicy testu podzieleni zostali na dwie grupy, z których jedna (41 osób) pracowała z barwnym kartogramem złożonym wykonanym na wzór map Biura Spisowego, druga zaś (31 osób) z ciągłym kartogramem złożonym ploterowym. W przypadku kartogramu barwnego badani zaliczali do regionu o podobnych wartościach zmiennych te pola, którym nadano barwy znajdujące się na przekątnej legendy. Wszystkie pozostałe uznawano za niepodobne. W przypadku kartogramu ciągłego ploterowego, przy wyborze pól kierowano się proporcją boków prostokątów. Regiony wydzielone przez każdą z grup różniły się w niewielkim stopniu, przy czym różnice te nie wynikały z popełnianych błędów, lecz z różnic w konstrukcji legendy obu kartogramów. Autor uznaje, że w przypadku zadań, polegających na odczytywaniu podobieństwa wartości zmiennych, obie rozważane tu metody funkcjonują równie poprawnie.

W kolejnych eksperymentach z kartogramem złożonym ploterowym przeprowadzanych przez L.W. Carstensena (1986b) porównane zostało funkcjonowanie tej metody oraz dwóch kartogramów prostych. Na potrzeby testów

opracowano sześć kartogramów dla dwudziestu sześciu jednostek administracyjnych w południowo-zachodniej Wirginii. Kartogramy przedstawiały trzy różne zjawiska geograficzne dobrane w ten sposób, aby tworzyły pary o dość silnej zależności, tak pozytywnej, jak i negatywnej. Wśród sześciu wspomnianych map znalazły się trzy kartogramy proste czteroklasowe, dla których klasy wyznaczono metodą średniej i wielokrotności odchylenia standardowego, dwa kartogramy złożone ploterowe, przedstawiające dwa rodzaje zależności – negatywną i pozytywną, oraz dodatkowo trzeci kartogram złożony ploterowy, na którym pokazano zjawiska o zależności negatywnej, z tą jednak różnicą, że deseń w legendzie odwrócony został o 90°. W eksperymencie uczestniczyło 138 studentów. Zadania testowe ułożone zostały w sześciu różnych zestawach tak, aby każdy badany rozwiązywał dwa zadania: dla dwóch kartogramów prostych oraz kartogramu złożonego, przy czym zawsze przedstawiały one dwa rodzaje zależności – pozytywną i negatywną. Kolejność map w zestawach była zmieniana. Zadaniem uczestników testu było stwierdzenie, czy postawiona hipoteza, że zjawiska przedstawione na mapach są zależne, jest prawdziwa czy nie, następnie zaś wskazanie trzech jednostek kartogramu, które najsilniej tę hipotezę potwierdzają i uzasadnienie, dlaczego oraz trzech jednostek, które najbardziej się z nią nie zgadzają i również uzasadnienie, dlaczego. Tylko ta część odpowiedzi była brana pod uwagę w dalszej interpretacji wyników testu. Określenie przez badanych, czy hipoteza jest potwierdzona, miało jedynie pomóc im we wskazaniu odpowiednich jednostek.

Odnotowano znaczne różnice w poprawności udzielanych odpowiedzi w przypadku obu typów map. Kartogramy proste były z zasady interpretowane poprawnie. Badani poszukiwali jednostek o dużych (lub małych) różnicach w jasności. W przypadku kartogramu złożonego ploterowego nie wszyscy uczestnicy testu zrozumieli istotę tej metody i, podobnie jak w przypadku kartogramów prostych, przy wyborze jednostek kierowali się jasnością desenia, a nie proporcją boków prostokątów utworzonych przez krzyżujące się w legendzie linie. Nie oznacza to jednak, że badani zupełnie nie potrafili posłużyć się legendą tego kartogramu. Wielu z nich interpretowało ją poprawnie. Wyniki te wskazują jednak na konieczność uzupełniania map objaśnieniem zasad ich konstrukcji.

Wyniki zwłaszcza ostatnich badań L.W. Carstensena świadczą o tym, że podobnie jak w przypadku barwnych kartogramów opracowanych przez Biuro Spisowe, również kartogramy złożone ploterowe są trudno czytelne. W obu przypadkach podstawowym problemem jest zrozumienie samej istoty metody prezentacji i konieczne wydaje się objaśnianie jej zasad czytelnikowi mapy. Dla kartogramów ploterowych względnie poprawne odpowiedzi uzyskiwano w przypadku bardzo prostych zadań testowych, czytanie tych map na ogól-

niejszym poziomie percepcji stwarzało jednak problemy. Należy pamiętać również o innych, wspomnianych już, ograniczeniach – desenie na mapie są nieczytelne w małych polach odniesienia, mogą być męczące dla oczu i mniej atrakcyjne od map barwnych. Te argumenty zapewne decydują o tym, że takich rozwiązań raczej nie stosuje się w praktyce.

Niewiele wiadomo na temat percepcji innych rozwiązań graficznych na kartogramie złożonym. To, że zastosowanie poprawnych rozwiązań graficznych w legendzie kartogramu złożonego może znacznie poprawić czytelność tych map, wydaje się bardzo prawdopodobne. To przypuszczenie potwierdza eksperyment przeprowadzony w ramach jednej z prac magisterskich w Katedrze Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego (Przewoźnik 1989). Został on zaprojektowany na wzór jednego z eksperymentów J. Olson (1981). Badanie to polegało na odtworzeniu legendy kartogramu złożonego z jej fragmentów. Zastosowano legendę o 9 klasach (3×3) i zaprojektowano ją w trzech odmianach graficznych: barwnej z użyciem barw dopełniających – rozwiązanie zaproponowane przez J.R. Eytona (1984), dwóch nakładających się deseni barwnych oraz desenia jednobarwnego. W eksperymencie wzięło udział 53 studentów, z których 25 zajmowało się legendą kartogramu barwnego, 17 legendą z deseniem barwnym, 11 legendą z deseniem jednobarwnym. W porównaniu z eksperymentami J. Olson (1981) i L. W. Carstensena (1982) liczba prawidłowych odpowiedzi była wysoka. W przypadku legendy kartogramu barwnego zadanie rozwiązało prawidłowo 17 uczestników testu (68%), w przypadku deseni barwnych – pięciu (29,4%), desenia jednobarwnego – dwóch (18,3%). W przypadku dwóch ostatnich typów legendy duża część popełnionych błędów polegała na odwróceniu niektórych fragmentów deseni o 90°. Gdyby eksperyment zaprojektowany został w ten sposób, że na każdym fragmencie legendy oznaczonoby kierunek desenia, w tych przypadkach otrzymanoby odpowiedzi w pełni poprawne. Liczba osób, która prawidłowo wykonała zadania testowe, wzrosłaby w przypadku legendy z deseniem barwnym do 13 (76,5%), a w przypadku desenia jednobarwnego do 9 (81,8%). Autor przeprowadzonych badań uznał, że tak wysoki odsetek prawidłowych odpowiedzi wynika z dobrej czytelności zastosowanych rozwiązań graficznych, choć nie wykluczył, że wpływ mogły mieć również dokładniejsza instrukcja niż w przypadku badań J. Olson oraz uczestnictwo w badaniach studentów geografii, którym metody prezentacji kartograficznej nie są obce.

* * *

Wyniki przeprowadzonych dotychczas badań percepcji kartogramu złożonego świadczą o tym, że zarówno kartogramy barwne opracowywane przez amerykańskie Biuro Spisowe jak i kartogramy ploterowe są dla odbiorcy dość

trudno czytelne. Wyniki te wskazują na konieczność zastosowania w legendzie kartogramu złożonego innych rozwiązań graficznych, które umożliwiłyby odbiorcy zrozumienie tej metody prezentacji i poprawną interpretację map. Jest to na przykład modyfikacja skali barwnej stosowanej przez Biuro Spisowe w ten sposób, aby barwa żółta, oznaczająca najniższe wartości obu zmiennych, zastąpiona została barwą białą lub rozwiązanie zaproponowane przez J.R. Eytona (1984), polegające na zastosowaniu w legendzie barw dopełniających (p. rozdz. 4). Ze względu na rozróżnialność poszczególnych klas wartości wskazane jest ograniczenie liczby klas kartogramu złożonego do 9 (3×3) lub 4 (2×2). Wydaje się, że takie rozwiązania mogą znacznie poprawić czytelność tych map, jednak jak dotychczas nie wiadomo, czy są one poprawnie odbierane przez użytkowników. Aby stwierdzić, czy kartogram złożony jest czytelną formą prezentacji, potrzebne są więc dalsze badania.

6. BADANIA EKSPERYMENTALNE: KARTOGRAM PROSTY A KARTOGRAM ZŁOŻONY

6.1. OKREŚLENIE PROBLEMU BADAWCZEGO

Dotychczasowe badania percepcji kartogramów złożonych nie dają jednoznacznej odpowiedzi na wątpliwości dotyczące czytelności tych map. W przeprowadzonym eksperymencie postanowiono więc sprawdzić, czy zastosowanie logicznego systemu barw oraz ograniczenie liczby klas spowoduje, że mapy te będą poprawnie interpretowane przez użytkowników.

Podstawowym jednak celem tych badań było porównanie dwóch rodzajów kartogramów – prostych oraz złożonych – i określenie zakresu ich zastosowania. Problematyka ta nie była dotychczas podejmowana w badaniach tej formy prezentacji. Na podstawie rozważań przedstawionych w poprzednich rozdziałach pracy można sformułować w tym zakresie wnioski teoretyczne. W przypadku kartogramu prostego możliwości poprawnej interpretacji zależności zjawisk są dość ograniczone, główną funkcją tej formy prezentacji jest bowiem informowanie o przestrzennym rozmieszczeniu pojedynczego zjawiska. Na podstawie dwóch lub większej liczby kartogramów prostych, poprzez ich porównywanie, można uzyskać pewne informacje na temat zależności zjawisk, np. wartości obu zjawisk, podobieństw i różnic w ich rozmieszczeniu. Nie jest to jednak główną funkcją kartogramów prostych – informacja o zależności zjawisk jest trudniej czytelna niż informacja o ich rozmieszczeniu.

W przypadku kartogramu złożonego trudniej czyta się informację o rozmieszczeniu pojedynczego zjawiska. Możliwe jest odczytanie wartości zjawisk w poszczególnych polach, trudniejsze jest jednak zorientowanie się w ogólnych prawidłowościach rozmieszczenia. Ta forma prezentacji powinna natomiast lepiej niż kartogramy proste informować o zależności zjawisk. Gdyby przypuszczenie, że warunkiem dobrej czytelności kartogramów złożonych jest stosowanie poprawnych rozwiązań graficznych, okazało się słuszne, wówczas metoda ta mogłaby stanowić alternatywę dla kartogramów prostych w przypadku, gdy celem prezentacji jest przedstawienie zależności zjawisk.

Przeprowadzając eksperyment zamierzano sprawdzić, czy powyższe przypuszczenia, dotyczące zakresu zastosowania kartogramów prostych i złożonych, znajdują potwierdzenie w praktyce. W badaniach tych zamierzano zweryfikować, czy rzeczywiście czytelność informacji o rozmieszczeniu

i zależności zjawisk zależna jest od tego, w jakiej formie kartograficznej została ona przedstawiona (za pomocą dwóch kartogramów prostych lub kartogramu złożonego); czy percepcja tych map potwierdza, że kartogram prosty jest metodą bardziej odpowiednią do przedstawiania rozmieszczenia zjawisk, zaś kartogram złożony – jeżeli zostanie poprawnie opracowany – ułatwia interpretację zależności zjawisk?

Biorąc pod uwagę powyższy cel badań, sformułowano dwa następujące problemy badawcze:

1. Czy forma prezentacji kartograficznej – kartogram prosty lub kartogram złożony – wpływa na czytelność informacji o rozmieszczeniu zjawisk?

2. Czy forma prezentacji kartograficznej – kartogram prosty lub kartogram złożony – wpływa na czytelność informacji o zależności zjawisk?

6.2. PROCEDURA I METODA BADAWCZA

Cel badania oraz sformułowane powyżej problemy badawcze wymagały wyboru odpowiedniej procedury badawczej. W metodologii badań psychologicznych wyróżnia się trzy główne procedury, określane również jako modele badawcze: opisową, korelacyjną i eksperymentalną (Zimbardo 1999). Procedura opisowa polega na obserwacji naturalnych, istniejących niezależnie od woli badacza zjawisk, a następnie na ich jednorazowym opisie. Pozwala odpowiedzieć na pytania: jak jest?, czy jest? i jak wygląda? Do badania związku między zjawiskami służy procedura korelacyjna. Umożliwia ona stwierdzenie, czy zjawiska zależą od siebie i jaka jest siła tego związku. Procedurę eksperymentalną odróżnia od dwóch pozostałych modeli badawczych fakt, że badacz nie jest tylko biernym obserwatorem istniejącego stanu rzeczy, ale wprowadza przyczynę (bodziec) i obserwuje jego wpływ na badane zjawisko. Tylko ta procedura pozwala na stwierdzenie, czy istnieje wpływ jednego zjawiska na drugie, a tym samym pozwala znaleźć przyczynę badanego zjawiska. A. Sułek (1979, s.15) definiuje eksperyment jako „*powtarzalny zabieg polegający na planowej zmianie przez badacza jednych czynników w badanej sytuacji, przy równoczesnej kontroli innych czynników, podjęty w celu uzyskania w drodze obserwacji odpowiedzi na pytanie o skutki tej zmiany*". Zdaniem J. Brzezińskiego (2002) trzy następujące cechy eksperymentu odróżniają go od pozostałych modeli badawczych:

– manipulacja zmienną niezależną (wprowadzanie przyczyny),

– kontrola pozostałych zmiennych, które mogą mieć wpływ na wynik badania,

– dokonywanie pomiaru zmiennej zależnej.

Przeprowadzone badania funkcjonowania kartogramów prostych i złożonych wymagały zastosowania procedury eksperymentalnej. Ich celem było bowiem stwierdzenie, czy wybór formy prezentacji kartograficznej (kartogramu prostego lub złożonego) ma wpływ na czytelność informacji zawartej na mapie. Tylko procedura eksperymentalna umożliwiała wnioskowanie o istnieniu takiego wpływu. Badania zaprojektowano w ten sposób, aby porównać wyniki uzyskane przez respondentów w odniesieniu do dwóch form prezentacji. Badania przeprowadzone zostały w dwóch turach – w pierwszej turze respondenci rozwiązywali zadania na podstawie pierwszej z form prezentacji, w drugiej turze na podstawie drugiej formy prezentacji. Zadania rozwiązywane na podstawie obu form prezentacji były takie same. W ten sposób uzyskano dwie porównawcze grupy respondentów; na każdą z nich oddziaływał inny wariant bodźca (forma prezentacji). Dlatego badania te można określić mianem eksperymentu.

Oprócz procedury badawczej należy wybrać również, odpowiednią do celu przeprowadzanych badań, metodę badawczą. S. Nowak (1985, s. 22) definiuje metody badawcze jako „*typowe i powtarzalne sposoby zbierania, opracowywania, analizy i interpretacji danych empirycznych, służące do uzyskiwania maksymalnie uzasadnionych odpowiedzi na stawiane w nich pytania*". W psychologii mogą być stosowane różne metody, takie jak ankieta, wywiad, test, obserwacja, studium przypadku, analiza dokumentów. Wybór metody zależy w pierwszym rzędzie od tego, co zamierza się zbadać. W przeprowadzonych badaniach zamierzano porównać czytelność dwóch rodzajów kartogramów. Najlepszym sposobem sprawdzenia było skonstruowanie testu, w którym badani na podstawie oglądanych map rozwiązywaliby zadania odzwierciedlające proces czytania mapy. Poprawność udzielanych odpowiedzi świadczyłaby o tym, czy potrafią oni właściwie interpretować jej treść. Testy definiowane są jako „*zbiory pytań lub sytuacje, służące do badania własności jednostek lub grup ludzkich przez wywoływanie u nich określonych obserwowalnych reakcji werbalnych lub niewerbalnych, będących w miarę możności reprezentatywnymi próbkami ich zachowania się*" (Choynowski 1971, s. 66). Służą one do badania cech ukrytych, czyli takich, których nie można bezpośrednio zaobserwować. Nie można również uzyskać na ich temat informacji od respondenta, na przykład w trakcie wywiadu lub w ankiecie. Dlatego metodę tę stosuje się na przykład do sprawdzania posiadanych przez respondentów wiadomości, uzdolnień lub inteligencji. Również w przypadku badania czytelności map test jest metodą najbardziej odpowiednią. Badani nie są bowiem w stanie sami ocenić, czy sposób, w jaki interpretują mapę, jest poprawny. Dużą zaletą testu jako metody badawczej jest wysoka standaryzacja i obiektywność. Standaryzacja oznacza, że test powinien posiadać instrukcję,

podaną każdemu z badanych w takim samym brzmieniu oraz ściśle określone zasady, według których oceniane są odpowiedzi. Dlatego badanie każdorazowo przeprowadzane jest w ten sam sposób. Drugą cechą testu jest obiektywność. Oznacza to, że osoba badacza nie ma wpływu na uzyskane przez respondenta wyniki. Standaryzacja oraz obiektywność testu sprawiają, że wyniki uzyskiwane przez różne osoby badane są porównywalne. Warto również zaznaczyć, że testy dostarczają wyników ilościowych, a nie jakościowych, co znacznie ułatwia ich opracowywanie (Brzeziński 2002). W psychologii często wykorzystywane są już gotowe testy, np. testy inteligencji lub testy uzdolnień. Nie ma takich gotowych wzorców w kartografii, mimo że metoda ta często wykorzystywana jest w badaniach prowadzonych przez kartografów. Układając pytania testowe kierowano się więc przede wszystkim celem, jakiemu badania miały służyć.

W przeprowadzonych badaniach zebrano również opinie respondentów o tym, czy wykorzystane w teście mapy są łatwe czy trudne do interpretacji. Do tego celu zastosowano metodę ankiety. Najlepiej nadaje się ona do rejestracji subiektywnych opinii osób badanych i podobnie jak testy charakteryzuje się wysokim stopniem standaryzacji. Dane uzyskane od różnych osób są więc porównywalne. Ankieta może również dostarczać danych ilościowych. Opinie respondentów były uzupełnieniem tych informacji na temat badanych form prezentacji kartograficznej, które uzyskano za pomocą testu.

6.3. HIPOTEZY I ZMIENNE

Hipoteza badawcza wynika bezpośrednio z postawionego problemu badawczego. Jest ona odpowiedzią na pytanie zawarte w problemie (Brzeziński 2002). W odniesieniu do dwóch przyjętych w tej pracy problemów badawczych sformułowane zostały dwie następujące hipotezy badawcze:

1. Forma prezentacji kartograficznej – kartogram prosty lub kartogram złożony – wpływa na czytelność informacji o rozmieszczeniu zjawisk.
2. Forma prezentacji kartograficznej – kartogram prosty lub kartogram złożony – wpływa na czytelność informacji o zależności zjawisk.

Problem badawczy i sformułowana na jego podstawie hipoteza dotyczą relacji między zmiennymi – zmienną zależną i zmienną niezależną. Zakłada się, że łączy je związek przyczynowo-skutkowy. Zmienna zależna według J. Brzezińskiego (2002, s. 189–190) to „*ta zmienna, która jest przedmiotem naszego badania, której związki z innymi zmiennymi chcemy określić*", zaś zmienne niezależne to „*te zmienne, od których ona zależy, które na nią oddziaływają*". Innymi słowy, zmienna niezależna jest przyczyną, zmienna zależna – skutkiem.

Ze względu na rolę, jaką zmienne niezależne odgrywają w badaniach, można je podzielić na zmienne niezależne główne i uboczne. Zmienne niezależne główne to te, które oddziaływują najsilniej, a ich wpływ na zmienną zależną jest głównym przedmiotem badania. Zmienne niezależne uboczne oddziaływują słabiej na zmienną zależną. Dzielą się one na zmienne niezależne kontrolowane i zakłócające (Brzeziński 2002).

W przeprowadzonych badaniach zmienną niezależną główną była forma prezentacji kartograficznej. Zmienna ta przyjmuje dwie wartości, ponieważ badane były dwa rodzaje kartogramów – prosty i złożony. W badaniach tych kontrolowana była jedna zmienna niezależna uboczna, którą jest kolejność rozwiązywania zadań przez respondentów. Przyjmuje ona dwie wartości – połowa respondentów w pierwszej kolejności rozwiązywała zadania dotyczące kartogramu prostego, później zaś zadania dotyczące kartogramu złożonego; druga połowa respondentów czyniła to w odwrotnej kolejności. Obecność tej zmiennej wynikała z przyjętego planu eksperymentu, który szczegółowo omówiony zostanie w dalszej części tego rozdziału. W trakcie każdego badania oddziaływały również inne zmienne niezależne – zakłócające, które trudno było kontrolować. Mogą do nich należeć na przykład: wiedza, inteligencja, zmęczenie osoby badanej, nastawienie respondentów do badań, temperatura w pomieszczeniu, warunki pogodowe i wiele innych.

Przedmiotem przeprowadzonych badań były dwie zmienne zależne: czytelność informacji o rozmieszczeniu zjawisk oraz czytelność informacji o zależności zjawisk. Ponieważ czytelność mapy jest pojęciem teoretycznym, aby można ją było zaobserwować, należało przyporządkować jej odpowiedni obserwowalny wskaźnik (lub wskaźniki). S. Nowak (1985, s. 165) definiuje pojęcie wskaźnika w sposób następujący: „*wskaźnik zdarzenia (własności) Z to takie zdarzenie (taka własność) W, ze stwierdzenie jej istnienia, pojawienia się lub stopnia intensywności bądź faktycznie jest wykorzystywane jako przesłanka, bądź zasadnie nadaje się na przesłankę wnioskowania, iż w określonych przypadkach z pewnością, z określonym prawdopodobieństwem lub przynajmniej z prawdopodobieństwem wyższym niż przeciętne wystąpiło zdarzenie (własność) Z*". W przypadku stosowania testów jako metody badawczej, jako wskaźnik badanej zmiennej zależnej traktowane są odpowiedzi uczestników testu, które są odpowiednio zakodowane i wyrażone w postaci wyniku ilościowego (Brzeziński 2002).

W celu skonstruowania odpowiedniego wskaźnika, który pozwalałby na zmierzenie czytelności informacji o rozmieszczeniu i zależności zjawisk na mapie, należało ułożyć odpowiednie zadania testowe oraz wybrać sposób ilościowego wyrażenia odnotowanych odpowiedzi. W kartografii nie została wypracowana jedna standardowa metoda badania czytelności map. Przez róż-

Ryc. 34. Klasyfikacja zadań testowych służących do sprawdzania czytelności map, wg J.E. Mersey (1990)
Classification of tasks used to test map effectiveness according to J.E. Mersey (1990)

nych badaczy stosowane są różne sposoby jej pomiaru, a więc różne zadania testowe. Warto przytoczyć klasyfikację tych zadań zaproponowaną przez J.E. Mersey (1990), która wyróżnia dwa najczęściej stosowane przez kartografów typy zadań testowych służących do sprawdzania czytelności map (ryc. 34). Są to: odczytywanie konkretnych informacji o przedstawionym zjawisku we wskazanym na mapie miejscu oraz interpretacja ogólnego układu rozmieszczenia zjawiska na całej mapie. Pierwsze z tych zadań może polegać na odczytywaniu (lub szacowaniu) wartości przedstawionego na mapie zjawiska. Zadania takie wykorzystywane są w badaniach psychofizycznych, a przykładem jest szacowanie wielkości diagramów lub odczytywanie wartości zjawiska przedstawionego za pomocą ciągłej skali szarości (stosowanej na przykład na kartogramach ciągłych). W przypadku tego typu zadań odnotowywane są najczęściej poprawność lub dokładność odpowiedzi. Drugi rodzaj zadań dotyczących konkretnych informacji na temat przedstawianego na mapie zjawiska polega na poszukiwaniu na mapie wskazanego w zadaniu symbolu. Odnotowuje się wówczas czas udzielenia odpowiedzi. Tego typu zadania stosowane były na przykład w badaniach wielkości i kroju czcionki stosowanej na mapach lub w badaniach sygnatur punktowych o różnych kształtach. Wśród zadań dotyczących interpretacji ogólnego układu rozmieszczenia zjawisk na mapie J.E. Mersey (1990) wyróżnia również dwie możliwości. Pierwszy rodzaj zadań polega na porównywaniu rozmieszczenia zjawisk na mapie, drugi – na wyznaczaniu regionów jednorodnych pod względem wskazanej właściwości przedstawianego zjawiska. Odnotowywana jest poprawność lub dokładność odpowiedzi, przy czym wyniki uzyskiwane w tego typu zadaniach są trudne do obliczenia oraz interpretacji.

Autorem interesującej koncepcji konstruowania testów do badań z zakresu kartografii jest A.M. MacEachren (1982). Jego zdaniem mapa może być interpretowana na różne sposoby i dlatego tylko zastosowanie wielu różnorodnych zadań może dać pełny obraz jej zalet i ograniczeń. Czytelnik może uzyskiwać z mapy informację o różnym stopniu uogólnienia – dwoma skrajnymi przypadkami są informacja szczegółowa i informacja ogólna. Należy brać również

pod uwagę sposób wykorzystania informacji, którą czytelnik uzyskuje z mapy. Może on starać się zrozumieć i zinterpretować tę informację w momencie czytania mapy lub zachować ją w pamięci i odtworzyć w przyszłości. Na tej podstawie A.M. MacEachren (1982) wyróżnia cztery różne kryteria, pod względem których można oceniać skuteczność mapy jako formy przekazywania informacji. Są to:

– czytanie mapy na poziomie szczegółowym,
– czytanie mapy na poziomie ogólnym,
– odtwarzanie z pamięci informacji szczegółowej,
– odtwarzanie z pamięci informacji ogólnej.

Mapa skuteczna pod względem jednego z tych kryteriów może okazać się mało skuteczna pod względem innego. Ważne jest również, że skuteczność mapy należy zawsze rozpatrywać w odniesieniu do jej przeznaczenia i związanego z tym sposobu wykorzystania. Inne cechy powinna mieć dobra mapa drogowa lub topograficzna, inne małoskalowa mapa tematyczna. A.M. MacEachren (1982) zauważa również, że forma prezentacji kartograficznej jest jednym z czynników, który wpływa na skuteczność przekazu informacji.

Podobne rozróżnienie stopni uogólnienia informacji można znaleźć u J. Bertina (1967). Wyróżnia on trzy poziomy informacji – elementarny, pośredni i ogólny, którym odpowiadają trzy poziomy percepcji. Można je wyjaśnić na przykładzie postrzegania drzewa przez oko ludzkie – może ono postrzegać drzewo w całości, następnie pojedyncze gałęzie, a w końcu również pojedyncze liście. W przypadku mapy – jak wyjaśnia S. Bonin (1989) – trzy poziomy percepcji odpowiadają trzem poziomom pytań, jakie czytelnik zadaje sobie w trakcie czytania mapy i na które uzyskuje odpowiedź. Na poziomie elementarnym może uzyskać informację o wielkości danego zjawiska w jednej wybranej jednostce odniesienia; na poziomie pośrednim – informację o wielkości danego zjawiska w wybranym regionie lub odnaleźć region, w którym dane zjawisko przyjmuje określone (np. wysokie) wartości; na poziomie ogólnym może uzyskać informację o rozmieszczeniu danego zjawiska na całym obszarze przedstawionym na mapie. Możliwość uzyskania spontanicznej odpowiedzi na każdym z trzech poziomów pytań świadczy o graficznie poprawnym wykonaniu mapy.

We współczesnych badaniach psychologicznych w kartografii często spotykany jest taki sposób układania testów, aby zawierały one różnorodne zadania odzwierciedlające różne aspekty percepcji map. Warto przytoczyć dwa przykłady tak skonstruowanych eksperymentów poświęconych metodzie kartogramu. Pierwszy, to badania J.E. Mersey (1990), w których autor wykorzystał kryteria oceny skuteczności mapy zaproponowane przez A.M. MacEachrena (1982). W badaniach tych sprawdzono czytelność sześciu różnych skal

barwnych dla kartogramów prostych oraz wpływ liczby klas na ich czytelność (3, 5, 7 i 9 klas). Opracowano w sumie 24 mapy, z każdą z nich pracowała inna grupa studentów. Każdy uczestnik badań rozwiązywał dziewięć zadań. Pięć pierwszych zadań polegało na czytaniu mapy. Czas na udzielenie odpowiedzi był ograniczony. Pytania dotyczyły informacji o różnym stopniu ogólności i polegały na:

– odczytywaniu wartości zjawiska we wskazanych jednostkach odniesienia (informacja szczegółowa),

– porównaniu wartości dwóch jednostek odniesienia i wskazaniu tej, w której wartości zjawiska są wyższe (informacja szczegółowa),

– zaznaczeniu jednostek należących do wskazanej klasy wartości (pośredni poziom informacji),

– uszeregowaniu regionów zaznaczonych na mapie według wartości przedstawionego zjawiska – od najmniejszych do największych (informacja ogólna),

– zaznaczeniu pól nietypowych, tzn. tych, które nie zgadzają się z ogólną tendencją rozmieszczenia zjawiska (informacja ogólna).

Cztery kolejne zadania polegały na odtworzeniu z pamięci treści mapy, na podstawie której rozwiązywane były poprzednie zadania. Dotyczyły one ogólnego i pośredniego poziomu informacji. Zadania polegały na:

– zaznaczeniu jednostek o niskich, średnich i wysokich wartościach zjawiska,

– przypisaniu odpowiedniej barwy (z legendy mapy) do wskazanych jednostek odniesienia,

– przypisaniu odpowiednich klas wartości zjawiska (z legendy mapy) do wskazanych jednostek odniesienia,

– ułożeniu legendy mapy z jej fragmentów.

W przypadku każdego z zadań odnotowywano liczbę poprawnych odpowiedzi, która następnie została wyrażona wskaźnikami procentowymi.

Innym przykładem są badania C.A. Brewer i L. Pickle (2002) poświęcone sprawdzeniu wpływu metody wyznaczania klas na poprawność czytania kartogramów (szerzej omówione w 3. rozdziale tej pracy). Pytania testowe bezpośrednio odnosiły się do trzech poziomów informacji wyróżnionych przez J. Bertina (1967). Uzyskano sześć różnych kategorii pytań:

– czytanie kartogramu na poziomie pojedynczych jednostek odniesienia,

– czytanie kartogramu na poziomie regionów,

– czytanie kartogramu na poziomie całej mapy,

– porównywanie pojedynczych jednostek odniesienia,

– porównywanie regionów,

– porównywanie map.

Wszystkie pytania miały charakter pytań zamkniętych, tzn. takich, do których odpowiedź uczestnicy testów musieli wybrać spośród sugerowanych możliwości. Odnotowywano liczbę poprawnych odpowiedzi, która wyrażona była w postaci wskaźników procentowych. Przykładowe pytania to:

– Jaka jest wielkość zjawiska we wskazanej jednostce odniesienia? – szczegółowy poziom informacji, pytanie dotyczące pojedynczej mapy.

– Jakie wartości zjawiska B odpowiadają wysokim wartościom zjawiska A we wskazanym regionie? – pośredni poziom informacji, porównanie map.

– W której części kraju występują najwyższe wartości zjawiska? – ogólny poziom informacji, czytanie pojedynczego kartogramu.

Zgodnie z zaleceniami spotykanymi w literaturze kartograficznej, które przytoczono powyżej, na potrzeby przeprowadzanego eksperymentu opracowano własny test sprawdzający czytelność kartogramów, który składał się ze zbioru zadań ściśle dostosowanych do celu badań. Przyjęto założenie, że zadania testowe powinny dotyczyć różnych aspektów czytania mapy. Ponieważ celem badań było sprawdzenie przede wszystkim czytelności dwóch rodzajów kartogramu, pytania dotyczyły tylko tej informacji, którą można uzyskać z mapy. Test nie zawierał zadań polegających na zapamiętywaniu treści mapy lub takiej jej interpretacji, która wymagałaby uwzględnienia już posiadanej przez respondentów wiedzy. Zgodnie z przyjętymi dwoma hipotezami badawczymi, zadania testowe dotyczyły informacji o rozmieszczeniu zjawisk oraz informacji o zależności zjawisk. Dodatkowego podziału pytań dokonano na podstawie stopnia uogólnienia informacji czytanej na mapie. Wyróżniono trzy poziomy informacji, którym odpowiadają trzy poziomy percepcji – szczegółowy, pośredni i ogólny (Bertin 1967). W ten sposób uzyskano sześć różnych rodzajów zadań:

– pytania o rozmieszczenie zjawisk na poziomie szczegółowym,
– pytania o rozmieszczenie zjawisk na poziomie pośrednim,
– pytania o rozmieszczenie zjawisk na poziomie ogólnym,
– pytania o zależność zjawisk na poziomie szczegółowym,
– pytania o zależność zjawisk na poziomie pośrednim,
– pytania o zależność zjawisk na poziomie ogólnym.

Wyniki uzyskane przez respondentów w tak skonstruowanym teście przyjęto jako wskaźniki zmiennych zależnych. Jako wynik testu odnotowywano liczbę poprawnych odpowiedzi. Przyjęto taki wskaźnik, ponieważ poprawność czytania mapy jest uznawana za jeden z mierzalnych, obiektywnych wskaźników czytelności mapy. Liczbę uzyskanych w badaniach poprawnych odpowiedzi wyrażono w postaci wskaźników procentowych.

Zgodnie ze sformułowanymi wcześniej dwiema hipotezami badawczymi oczekiwano, że forma prezentacji kartograficznej – kartogram prosty lub kartogram złożony – będzie miała wpływ na wyniki uzyskane przez respondentów w tak skonstruowanym teście. Gdyby tak się stało, wyniki dla dwóch badanych form prezentacji byłyby różne. W przypadku pytań o rozmieszczenie zjawisk spodziewano się, że uczestnicy badań będą udzielać bardziej poprawnych odpowiedzi na podstawie kartogramów prostych, natomiast w przypadku pytań o zależność zjawisk – na podstawie kartogramu złożonego. Ponieważ jednak brano pod uwagę różne poziomy percepcji mapy, różnice te mogły wystąpić tylko w przypadku niektórych z tych poziomów.

6.4. RESPONDENCI

Badania przeprowadzone zostały z udziałem studentów pierwszego roku studiów geograficznych. Taki wybór osób badanych nie był przypadkowy. Uczestnikami badań miały być osoby, które posiadają już pewną wiedzę geograficzną, często posługujące się mapami, zwłaszcza mapami tematycznymi, w tym statystycznymi. Dzięki temu osoby te były w stanie zrozumieć, co to jest rozmieszczenie i zależność zjawisk geograficznych. Posługiwanie się takimi pojęciami było bowiem konieczne do prawidłowego zrozumienia niektórych poleceń w kwestionariuszu. Ważne było także, aby osoby uczestniczące w badaniach nie znały zasad prezentacji kartograficznej, dzięki czemu czytały mapy w sposób spontaniczny, a nie wyuczony – a więc tak, jak robi to przeciętny odbiorca mapy. Aby spełnić ten drugi warunek, badania przeprowadzono na początku roku akademickiego, gdy studenci dopiero rozpoczynali studia. Ich wiedza kartograficzna była więc elementarna i reprezentowała poziom szkoły średniej. Wnioski, jakie można było wyciągnąć na podstawie wyników badań, dotyczą więc studentów – czyli grupy potencjalnych użytkowników map tematycznych, którzy wykazują zainteresowanie geografią, ale jednocześnie wiedzą niewiele o metodach prezentacji kartograficznej.

Wybór grupy osób, której dotyczyły badania, był uzasadniony również z tego względu, że osoby interesujące się geografią to grupa częstych użytkowników map, a zwłaszcza map tematycznych. Z potrzebą czytania takich map spotykają się prawdopodobnie na co dzień. Poznanie możliwości tej grupy użytkowników w zakresie czytania kartogramów prostych i złożonych jest więc cenne z punktu widzenia rozróżnienia zakresu zastosowania obu tych form prezentacji. Wiedząc natomiast, jakie są umiejętności początkujących geografów pod względem czytania map, można spodziewać się, jak będą się one kształtować w przypadku użytkowników o większym lub mniejszym doświadczeniu w posługiwaniu się mapą.

Eksperyment przeprowadzony został na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Wzięła w nim udział grupa 128 studentów. Taka liczba badanych była wystarczająca z punktu widzenia statystycznego opracowania wyników. Najmłodsi uczestnicy badań mieli 18 lat, najstarsi 26. Osoby w wieku 19 lat stanowiły 70% badanych. Średnia arytmetyczna dla tej grupy wynosi 19,4 lat. Mężczyźni stanowili 60% respondentów. Zaletą tak dobranej grupy badanych było to, że stanowiła ona próbę dość jednorodną pod względem wieku, poziomu wykształcenia, doświadczenia. Można było przypuszczać, że także ich wiedza geograficzna i kartograficzna była na wyrównanym poziomie. Wszyscy uczestnicy badań byli przecież studentami tego samego roku studiów, a dodatkowo, aby rozpocząć studia każdy z nich musiał zdać egzamin wstępny z geografii. Wszystkie wymienione powyżej czynniki mogą mieć wpływ na proces czytania mapy, ale nie były przedmiotem badań. Dobór próby jednorodnej pod względem tych czynników eliminował ich wpływ na zróżnicowanie wyników eksperymentu.

6.5. PLAN EKSPERYMENTU

Eksperyment zaplanowany został w ten sposób, aby możliwe było porównanie wyników uzyskanych przez uczestników badań w odniesieniu do kartogramu prostego i kartogramu złożonego. Respondenci podzieleni zostali na dwie grupy o podobnej liczebności. Eksperyment przeprowadzony został w dwóch turach. W pierwszej turze badań jedna grupa respondentów rozwiązywała zadania na podstawie kartogramów prostych, druga grupa – na podstawie kartogramów złożonych; w drugiej turze badań pierwsza grupa respondentów rozwiązywała zadania na podstawie kartogramów złożonych, zaś druga grupa – na podstawie kartogramów prostych. Taki schemat eksperymentu nazywany jest rotacyjnym, ponieważ naprzemiennie wprowadza się dwa warianty bodźca do każdej z dwóch grup respondentów. Stosowanie tego schematu jest uzasadnione wtedy, gdy dysponuje się dwiema grupami porównawczymi, ale nie można ich wyrównać na tyle, aby różnice między grupami nie wpływały na wynik eksperymentu (Sułek 1979). W przeprowadzonych badaniach niemożliwe było wyrównanie obu grup respondentów. Studenci zapewne różnili się pod względem posiadanych umiejętności czytania map, które zależne są od wielu czynników – inteligencji, sprawności percepcji wzrokowej, doświadczenia w posługiwaniu się mapą itp. Sprawdzanie tych umiejętności przed przeprowadzeniem właściwego eksperymentu było niepożądane, ponieważ taki dodatkowy test wpływałby na umiejętności respondentów, a tym samym na wyniki uzyskane w badaniach.

Ponieważ nie można było mieć pewności, że grupy porównawcze mają te same umiejętności czytania map, uzasadnione było zastosowanie schematu rotacyjnego. W tym eksperymencie wszyscy uczestnicy rozwiązywali więc wszystkie zadania testowe, zarówno dla kartogramów prostych jak i złożonych, jednakże zmieniana była kolejność rozwiązywania zadań. Słabą stroną takiego planu eksperymentalnego, zdaniem A. Sułka (1979), jest „*możliwość dotrwania następstw jednego wariantu bodźca do chwili wprowadzenia drugiego*". Dlatego kolejność wprowadzania dwóch form prezentacji kartogramu – prostego i złożonego – była w tych badaniach zmienną niezależną kontrolowaną.

Druga tura badań przeprowadzona została po upływie tygodnia od czasu przeprowadzenia pierwszej tury. Taki odstęp czasowy pozwalał przypuszczać, że badani nie pamiętali już informacji przyswojonych w poprzedniej turze. Nie wprowadzono dłuższego odstępu czasu między dwiema częściami eksperymentu, ponieważ bardziej prawdopodobne byłoby wówczas, że pojawią się zewnętrzne czynniki mogące zakłócać wyniki testu (Brzeziński 2002). Takim czynnikiem w przypadku studentów pierwszego roku mogła być szybko zdobywana wiedza wraz z postępem studiów.

6.6. KWESTIONARIUSZ BADAWCZY

Zadania, które rozwiązywali uczestnicy badań, opracowane zostały w formie kwestionariusza, zawierającego pytania skierowane do badanych oraz miejsce na udzielenie odpowiedzi. Kwestionariusz jako narzędzie badawcze, służące do pozyskiwania informacji od uczestników badań, wykorzystywany jest w tych metodach badawczych, które wymagają wysokiej standaryzacji (tak, jak w przypadku testu). Wysoka standaryzacja oznacza, że sposób przeprowadzenia badania musi być jednakowy w przypadku wszystkich osób badanych. Można to osiągnąć poprzez pisemne sformułowanie pytań do respondenta oraz ścisłe określenie sposobu, w jaki mają być udzielane odpowiedzi (Gruszczyński 1999).

Opracowanie kwestionariusza, który wykorzystany został w przeprowadzonych badaniach, polegało na opracowaniu map, treści zadań testowych, ankiety dotyczącej opinii badanych na temat wykorzystanych w badaniu map oraz instrukcji dla respondentów. Przyjęto założenie, że zadania testowe rozwiązywane przez badanych powinny być jak najbardziej realistyczne, dzięki czemu całe badanie byłoby odzwierciedleniem procesu czytania mapy, jaki zachodzi w rzeczywistości. Dlatego mapy zostały opracowane w taki sposób, aby były podobne do map spotykanych np. w atlasach szkolnych, zaś zadania dotyczyły treści mapy, nie zaś zastosowanych na mapie znaków.

MAPY

Opracowując mapy na potrzeby kwestionariusza badawczego, wykorzystano wszystkie znane zasady redagowania kartogramów, które umożliwiają opracowanie pary porównywalnych kartogramów prostych oraz dobrze czytelnych kartogramów złożonych. W przypadku kartogramów prostych kierowano się zasadą, że porównywane mapy powinny mieć ten sam układ jednostek odniesienia, tę samą liczbę klas; zwrócono również uwagę na to, aby złożoność graficzna, ogólna jasność oraz układ znaków nie miały wpływu na percepcję tych map. W przypadku kartogramów złożonych ograniczono liczbę klas do 9 (3×3), a w legendzie zastosowano system barw zaproponowany przez J.R. Eytona (1984). Takie rozwiązanie ułatwia zrozumienie i poprawną interpretację tych map. Kartogramy wykorzystane w eksperymencie były więc przykładami dobrze zredagowanych map i w ten sposób wykorzystano możliwości obu metod prezentacji w zakresie przedstawiania zarówno rozmieszczenia jak i zależności zjawisk.

Na potrzeby testu opracowano sześć map: dwie pary kartogramów prostych (cztery mapy) i dwa kartogramy złożone. Na podstawie tych map badani rozwiązywali zadania testowe. Na wszystkich mapach (zał. 1 i 2) wykorzystano ten sam podkład, który składał się z 56 pól odniesienia. Mapy te były fikcyjne, ponieważ obawiano się, że badani w trakcie udzielania odpowiedzi na niektóre pytania mogliby sugerować się posiadaną wiedzą na temat rozmieszczenia przedstawionych zjawisk.

Na mapach przedstawiono cztery zjawiska geograficzne, dobrane parami w ten sposób, aby można było przypuszczać, że zachodzi między nimi zależność przyczynowo-skutkowa. Były to następujące pary zjawisk:

– liczba czytelników bibliotek przypadająca na 1000 mieszkańców oraz odsetek ludności z wykształceniem średnim i wyższym,

– plony zbóż oraz zużycie nawozów sztucznych.

Każda mapa zaopatrzona była w legendę. Legendy miały jednak różną postać zależnie od tego, jakie zadania badani rozwiązywali na podstawie danej mapy. Wynikało to z formy zadań testowych. W przypadku zadań polegających na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk legenda map zawierała: tytuł, wartości granic klas, jednostkę, w której mierzone jest dane zjawisko oraz numery przypisane poszczególnym klasom (ułatwiały one precyzyjne sformułowanie pytań i udzielanie odpowiedzi). Legenda map wykorzystanych do zadań polegających na czytaniu informacji o zależności zjawisk zawierała: tytuł, jednostkę, w której mierzone jest dane zjawisko oraz numery przypisane poszczególnym klasom, natomiast wartości klas opisane zostały słownie (np. wartości niskie, wartości wysokie). Wprowadzenie takiej modyfikacji w le-

gendzie map, na podstawie których uzyskiwano informację o zależnościach zjawisk, było konieczne po to, aby badani dobrze zrozumieli treść zadań, które polegały na porównywaniu klas wartości zjawisk, a nie samych wartości. W przypadku np. plonów zbóż i zużycia nawozów wartości te są nieporównywalne, ponieważ zjawiska te mają różne miana.

Kartogramy proste były pięcioklasowe. Taka liczba klas często stosowana jest w praktyce i wydawała się optymalna w tych badaniach. Kartogramy o mniejszej liczbie przedziałów zawierałyby zbyt mało informacji, natomiast przy większej liczbie klas poszczególne stopnie skali barw mogłyby być trudne do rozróżnienia przez czytelnika. Ponieważ na kartogramach złożonych zamierzano zastosować system barw zaproponowany przez J.R. Eytona (1984), który jest dobrym sposobem uczytelnienia tej formy prezentacji, wszystkie wykorzystane w tych badaniach mapy musiały być barwne. Mapy czarno-białe oceniane są jako mniej atrakcyjne, co mogło mieć wpływ na preferencje uczestników testu. Dodatkowym argumentem za wykorzystaniem w eksperymencie wyłącznie map barwnych było również to, że właśnie takie mapy opracowuje się najczęściej – w atlasach, podręcznikach szkolnych lub na ekranie monitora. Z takimi rozwiązaniami najczęściej więc spotyka się przeciętny użytkownik map.

Skale barw dla kartogramów prostych powinny mieć przede wszystkim dobrze rozróżnialne poszczególne stopnie. Z katalogu skal barw dla kartogramów, którego autorką jest C.A. Brewer (2003)[10] wybrano cztery różne skale barw. Skale w katalogu opracowywane były w ten sposób, aby dobrze rozróżnialne stały się poszczególne stopnie skali oraz zachowany został jej porządek (przechodzenie barw od jasnych do ciemnych). Za ich zastosowaniem przemawiały również wyniki eksperymentalnych badań percepcji, przeprowadzonych przez C.A. Brewer i współautorów (1997). Aby uczestnicy badań nie mieli problemów z rozróżnieniem poszczególnych stopni skali, nie stosowano skal ściśle jednotonalnych – stopnie skal wybranych do badań przechodzą przez dwa nieco różniące się odcienie barw. Dokonano niewielkich modyfikacji skal dostosowując je do właściwości użytej drukarki.

Jak wiadomo z rozdziału 5, na wizualną ocenę zależności zjawisk na kartogramach może mieć wpływ wiele czynników, takich jak wielkość korelacji zjawisk, jasność, złożoność. Ponieważ wpływ tych czynników może być istotny, a nie był przedmiotem przeprowadzonych badań, mapy opracowano tak, aby czynniki te nie wpływały na wyniki testu. Aby to osiągnąć założono, że wszystkie mapy powinny mieć tą samą jasność i złożoność, a korelacja par map powinna być podobna.

[10] Katalog drukowany był w kwartalniku *Cartography and Geographic Information Science* (Brewer i in. 2003); dostępny jest również na stronie internetowej <www.ColorBrewer.org>

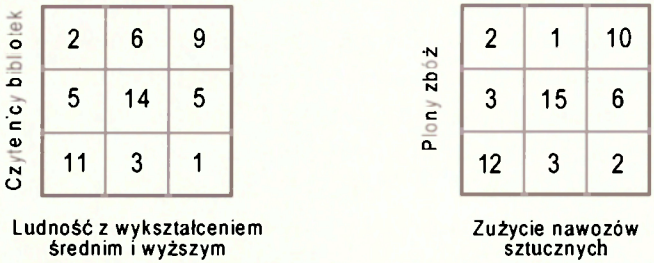
Wielkość korelacji zjawisk przedstawionych na mapach mogła mieć wpływ na wyniki badań uzyskane zarówno w przypadku kartogramów prostych jak i kartogramów złożonych. Dlatego przyjęto założenie, że wielkość korelacji obliczona na podstawie par kartogramów prostych oraz dla kartogramów złożonych powinna być podobna. Przyjęto również, że wielkość korelacji przedstawianych zjawisk ma się mieścić w zakresie średnich wartości współczynnika korelacji. Przedstawiona na tych mapach zależność zjawisk nie jest więc ani silna ani słaba, dzięki czemu na mapach można wyróżnić zarówno obszary o silnej zależności zjawisk, jak i obszary o ujemnych i dodatnich odchyleniach od tej zależności. O tym, że korelacja par map jest podobna, świadczą wartości współczynnika korelacji rangowej Kendalla τ, obliczonego na podstawie par kartogramów prostych oraz dla kartogramów złożonych (tab. 1).

Tabela 1. Wartości współczynnika korelacji rangowej Kendalla obliczone na podstawie map wykorzystanych w badaniach

Mapa	τ
Pary kartogramów prostych	
• czytelnicy bibliotek / ludność z wykształceniem średnim i wyższym	0,52
• plony zbóż / zużycie nawozów sztucznych	0,50
Kartogramy złożone	
• czytelnicy bibliotek / ludność z wykształceniem średnim i wyższym	0,48
• plony zbóż / zużycie nawozów sztucznych	0,50

Zachowanie jednakowej jasności map miało znaczenie tylko w przypadku kartogramów prostych, ponieważ tylko te mapy były ze sobą porównywane. Aby jasność map była jednakowa, opracowano je w ten sposób, że na wszystkich mapach w poszczególnych klasach grupowała się podobna liczba jednostek. Na wszystkich kartogramach prostych najniższa klasa wartości zawiera 12 jednostek, w każdej z pozostałych klas grupuje się po 11 jednostek. W przypadku kartogramów złożonych jasność map nie miała wpływu na ich czytanie, ponieważ nie były one ze sobą porównywane. Liczebność klas uwarunkowana była założoną wielkością korelacji zjawisk. Ponieważ wielkość korelacji przedstawianych zjawisk miała się mieścić w zakresie wartości średnich, duża część jednostek zgrupowana została w klasach leżących na przekątnej legendy. Pozostałe klasy miały mniejszą liczebność. Mapy opracowano jednak w ten sposób, że żadna z klas nie była pusta oraz nie występowały znaczne dyspro-

porcje między liczbą jednostek grupujących się w klasach powyżej przekątnej legendy a liczbą jednostek grupujących się poniżej tej przekątnej (świadczą one o dodatnich i ujemnych odchyleniach od zależności liniowej) – ryc. 35.



Ryc. 35. Liczebność klas kartogramów złożonych wykorzystanych w badaniach
Class frequency of two-variable maps which were used in experiment

Złożoność mogła mieć wpływ zarówno na porównywanie kartogramów prostych, jak i na czytelność kartogramów złożonych. Założono więc, że wszystkie mapy będą miały podobną i jednocześnie niezbyt wysoką złożoność. O złożoności mapy świadczy wartość wskaźnika rozdrobnienia *FI* (równanie (5), s. 86), które obliczone zostały dla wszystkich map wykorzystanych w badaniach (tab. 2).

Tabela 2. Wartości wskaźnika rozdrobnienia dla map wykorzystanych w badaniach

Mapa	*FI*
Kartogramy proste	
• czytelnicy bibliotek	0,22
• ludność z wykształceniem średnim i wyższym	0,22
• plony zbóż	0,22
• zużycie nawozów sztucznych	0,22
Kartogramy złożone	
• czytelnicy bibliotek / ludność z wykształceniem średnim i wyższym	0,24
• plony zbóż / zużycie nawozów sztucznych	0,22

Zarówno do kartogramów prostych jak i kartogramów złożonych dołączony został tekst objaśniający ideę zastosowanej metody prezentacji, z którym badani zapoznawali się zanim przystąpili do rozwiązywania zadań testowych. Potrzeba umieszczenia takiego objaśnienia wynikała z faktu, że uczestnikami badań byli studenci w niewielkim jeszcze stopniu znający metody prezentacji

kartograficznej. Ideą przeprowadzonego eksperymentu było sprawdzenie możliwości posługiwania się daną mapą w sposób świadomy. Ponadto można było przypuszczać, że badani umieli posługiwać się kartogramami prostymi, ponieważ ta forma prezentacji często spotykana jest w atlasach szkolnych i podręcznikach geografii, natomiast najprawdopodobniej dotychczas nie spotkali się z kartogramami złożonymi, które rzadko bywają stosowane w praktyce. Dlatego, aby wyrównać wiedzę posiadaną przez badanych na temat obu form prezentacji, konieczne było wprowadzenie objaśnień. O tym, że kartogramy złożone nie są znane studentom geografii, przekonują wyniki badań pilotażowych, przeprowadzonych wśród studentów pod koniec pierwszego roku studiów (a więc już po ukończeniu podstawowego kursu kartografii). Wielu z nich przyznało, że w trakcie tych badań po raz pierwszy spotkało się z taką formą prezentacji kartograficznej.

ZADANIA TESTOWE

Zgodnie z omówionym wcześniej i przyjętym sposobem pomiaru zmiennych zależnych, w teście wyróżniono sześć rodzajów zadań. Wszystkie zadania skonstruowane zostały tak, aby możliwa była ilościowa analiza wyników. Pierwszą część testu, czyli zadania 1–3 poświęcone czytaniu rozmieszczenia zjawisk, badani rozwiązywali na podstawie map (tzn. pary kartogramów prostych lub kartogramu złożonego), przedstawiających liczbę czytelników bibliotek na 1000 mieszkańców oraz odsetek ludności ze średnim i wyższym wykształceniem. Drugą część testu, czyli zadania 4–6 poświęcone czytaniu zależności zjawisk, badani rozwiązywali na podstawie map (tzn. pary kartogramów prostych lub kartogramu złożonego), przedstawiających plony zbóż i zużycie nawozów sztucznych.

Wszystkim rodzajom zadań w teście przyporządkowano odpowiednie kody, w których zawarte są następujące informacje:

– pierwszy człon kodu oznacza mapę, na podstawie której rozwiązywane było zadanie: **KP** – kartogram prosty, **KZ** – kartogram złożony;

– drugi człon kodu oznacza rodzaj zadania: **R** – zadanie polegające na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk, **Z** – zadanie polegające na czytaniu informacji o zależności zjawisk;

– trzeci człon kodu oznacza poziom percepcji: **p1** – szczegółowy, **p2** – pośredni, **p3** – ogólny.

Odpowiedni kod umieszczony został przy każdym zadaniu w kwestionariuszu badawczym. Poniżej scharakteryzowano każde zadanie – dokładne brzmienie poszczególnych poleceń można znaleźć w kwestionariuszach badawczych, w załącznikach 1 i 2.

Część I

Zadanie 1. (Rp1) *Czytanie rozmieszczenia zjawisk na poziomie szczegółowym*. Zadanie to polegało na przeczytaniu na mapie wartości dwóch zjawisk we wskazanych polach odniesienia. Sześć wybranych jednostek oznaczonych zostało na mapach za pomocą liter a–f. Dla tych jednostek należało odczytać klasę wartości obu zjawisk i wpisać w tabeli odpowiednie cyfry, którymi oznaczone były w legendzie klasy wartości. Dla przykładu zadanie to zostało rozwiązane dla jednostki oznaczonej literą „a". Zadanie to skonstruowane zostało dokładnie w taki sposób, w jaki S. Bonin (1989) tłumaczy szczegółowy poziom percepcji w odniesieniu do mapy. Takie zadania często wykorzystywane są w testach sprawdzających czytelność map. Stosowane były na przykład w badaniach H. Weinera, C.M. Francoliniego (1980), J.E. Mersey (1990), C.A. Brewer i in. (1997), C.A. Brewer i L. Piekle (2002).

Zadanie 2. (Rp2) *Czytanie rozmieszczenia zjawisk na poziomie pośrednim*. Zdaniem S. Bonina (1989) temu poziomowi percepcji odpowiadają dwa możliwe pytania, jakie zadaje sobie czytelnik mapy. Może on pytać o wartości, jakie przyjmuje przedstawione zjawisko w danym regionie lub szukać, gdzie na mapie znajduje się obszar o określonych wartościach tego zjawiska (np. wartości najwyższych). W przygotowanym na potrzeby badań teście zdecydowano się na tę drugą możliwość. Takie zadanie zastosowane zostało w badaniach J.E. Mersey (1990). Zadanie polegające na zaznaczaniu na mapie regionów, choć o innym charakterze, wykorzystał również L.W. Carstensen (1984). Pierwsza z wymienionych przez S. Bonina możliwości, a więc pytanie o wartości, jakie przyjmuje zjawisko we wskazanym regionie, wydawała się trudna do zrealizowania. Gdyby zadano to pytanie wprost, w odpowiedzi badani prawdopodobnie wskazaliby pełen zakres wartości, jakie mają w sumie wszystkie jednostki odniesienia należące do wskazanego regionu. Na ich odpowiedź nie miałoby jednak wpływu to, co na tym poziomie percepcji jest również istotne, to znaczy, ile jednostek z danego regionu należy do określonej klasy wartości. Bardziej odpowiednim poleceniem na tym poziomie percepcji jest zadanie polegające na porównaniu dwóch regionów i wskazaniu tego, który zdaniem respondenta ma wyższe wartości. Tego typu zadania stosowane były na przykład przez C.A. Brewer i in. (1997) oraz C.A. Brewer i L. Pickle (2002). W przypadku takiego zadania należałoby jednak do każdej pary porównywanych regionów opracować osobną mapę. Porównywanie wielu par regionów pochodzących z jednej mapy jest już bowiem zadaniem wymagającym od respondenta percepcji wszystkich klas wartości kartogramu oraz obszaru całej mapy. Jest to więc zadanie wymagające percepcji na poziomie ogólnym. W takim charakterze zostało ono zastosowane na przykład w badaniach A.M. MacEachrena (1982). Z wymienionych powodów zdecydowano,

że zadanie to polegać będzie na zaznaczeniu na mapie regionu, który charakteryzuje się wartościami przedstawianego zjawiska należącymi do określonego przedziału. Zadanie to zostało rozbite na dwa polecenia – każde dotyczące jednego z przedstawionych zjawisk – wymagało więc zaznaczenia dwóch regionów. Regiony należało zaznaczyć na mapce konturowej wpisując w odpowiednich jednostkach odniesienia cyfrę 1 na oznaczenie pierwszego regionu i cyfrę 2 do oznaczenia drugiego regionu. W przypadku kartogramu złożonego regiony te nie były rozłączne.

Zadanie 3. (Rp3) *Czytanie rozmieszczenia zjawisk na poziomie ogólnym.* Ten poziom czytania mapy można identyfikować z pytaniem: „*jakie jest rozmieszczenie danego zjawiska na mapie?*" (Bonin 1989). Odpowiedź na nie wymaga postrzegania wszystkich pól odniesienia kartogramu i wszystkich klas wartości. Warunek ten najlepiej spełnia zadanie polegające na uszeregowaniu regionów, na które podzielony jest cały obszar mapy, według wartości przedstawionego zjawiska. W opracowanym teście na każdym z kartogramów wyróżniono po pięć regionów i oznaczono je literami. Regiony te należało uszeregować według wartości jednego ze zjawisk w ten sposób, aby region, któremu przypisywano liczbę 5 charakteryzował się najwyższymi wartościami, zaś region oznaczony liczbą 1 – najniższymi wartościami. To samo zadanie należało następnie powtórzyć rozpatrując drugie z przedstawionych na mapach zjawisk. Do tego celu służył inny podział na regiony. Podobne zadanie zastosowane zostało w badaniach przeprowadzonych przez J.E. Mersey (1990). Mniej odpowiednie i trudniejsze w interpretacji wydawało się pytanie polegające na wskazaniu, w której części mapy znajdują się najwyższe wartości zjawiska (Brewer, Pickle 2002). Wspomniane wcześniej zadanie, polegające na porównywaniu par wyróżnionych na mapie regionów (MacEachren 1982), budziło wątpliwości, ponieważ wydaje się, że nie wymaga ono postrzegania wszystkich pól odniesienia kartogramu jednocześnie.

Część II

Zadanie 4. (Zp1) *Czytanie zależności zjawisk na poziomie szczegółowym.* Wszystkie zadania dotyczące zależności zjawisk polegały na równoczesnym czytaniu informacji o obu przedstawionych na mapach zjawiskach. W przypadku kartogramów prostych wymagały one porównywania map. Zadanie polegające na czytaniu informacji o zależnościach zjawisk na szczegółowym poziomie percepcji skonstruowane zostało podobnie do zadania dotyczącego rozmieszczenia zjawisk. Sześć wybranych jednostek oznaczonych zostało na mapach za pomocą liter a–f. Zadanie polegało na porównaniu klas wartości obu przedstawionych zjawisk i zaznaczeniu w tabeli tego zjawiska, które ma wyższe wartości. Jeżeli wartości obu zjawisk należały do tej samej klasy, re-

spondenci zaznaczali w tabeli oba zjawiska. Dla przykładu zadanie to zostało rozwiązane dla jednostki oznaczonej literą „a". Każdy badany udzielał odpowiedzi dla pozostałych jednostek. Podobne zadanie zastosowane zostało w badaniach C.A. Brewer i L. Pickle (2002). Wykorzystane zostało również w badaniach J.E. Mersey (1990), jednak w trochę inny sposób – badania te dotyczyły czytania pojedynczych kartogramów, a nie porównywania map.

Zadanie 5. (Zp2) *Czytanie zależności zjawisk na poziomie pośrednim.* Zadanie to sformułowane zostało w sposób analogiczny do zadania 2, polegającego na czytaniu rozmieszczenia zjawisk na pośrednim poziomie percepcji. W tym przypadku respondenci zostali poproszeni o zaznaczenie na mapce konturowej regionu charakteryzującego się określonymi wartościami obu przedstawianych zjawisk, np. regionu, w którym wartości obu zjawisk należą do najniższych klas wartości. Zadanie to podzielone zostało na dwa polecenia, dotyczące różnych klas wartości zjawisk. Wymagało więc zaznaczenia dwóch regionów. Regiony należało zaznaczyć na mapce konturowej wpisując w odpowiednie jednostki odniesienia cyfrę 1 do oznaczenia pierwszego regionu i cyfrę 2 do oznaczenia drugiego regionu.

Zadanie 6. (Zp3) *Czytanie zależności zjawisk na poziomie ogólnym.* W literaturze kartograficznej można znaleźć wiele przykładów zadań testowych polegających na czytaniu zależności zjawisk na ogólnym poziomie percepcji. Większość z nich nie spełniała jednak warunków, jakie założono przed skonstruowaniem tego testu. Najwcześniejsze eksperymenty polegały na szacowaniu wielkości korelacji zjawisk na podstawie map (McCarty, Salisbury 1961). Wykazały one, że czytelnik mapy nie jest w stanie precyzyjnie ocenić tej wielkości. Dlatego w późniejszych badaniach stosowano zadania innego typu. W większości polegały one na ocenie względnego podobieństwa map i łączenia ich w pary najbardziej podobne (Lloyd, Steinke 1976; Muller 1976a; Olson 1981; Peterson 1979; Steinke, Lloyd 1981). W opracowanym teście nie zastosowano jednak tego rozwiązania. Nie odpowiadało ono przyjętym na wstępie założeniom, że zadania testowe mają być możliwie realistyczne i dotyczyć treści mapy, a nie jedynie zastosowanych na niej znaków. Zadanie polegające na ocenie podobieństwa map nie wymaga od czytelnika, aby przeczytał w legendzie, co dana mapa przedstawia. Tego typu zadania mogą być rozwiązane na podstawie map nieposiadających legendy lub przy zastosowaniu, zamiast map, siatki regularnych kwadratów. Istniał jeszcze drugi powód, dla którego w teście nie zastosowano zadania polegającego na ocenie podobieństwa map. Mimo, że zadanie to nie wymaga od badanych szacowania wielkości korelacji, w sposób pośredni nawiązuje ono do tej wielkości. Aby ocenić, które mapy są do siebie bardziej podobne, trzeba w pewien sposób oszacować siłę związku przedstawionych zjawisk, choć nie jest wymagane wyrażenie jej w postaci

ilościowej. Zaletą map jest jednak możliwość pokazania przestrzennego zróżnicowania zależności zjawisk, nie zaś ich ogólnej korelacji. Do oceny korelacji zjawisk bardziej odpowiednie są metody statystyczne – współczynniki korelacji i wykresy korelacyjne. Dlatego w opracowywanym teście zdecydowano się na takie zadanie, które wymagałoby od uczestników badań czytania przestrzennego zróżnicowania zależności zjawisk i jednocześnie rozumienia, co ta zależność oznacza w odniesieniu do treści mapy. Ponieważ pytanie to odnosiło się do map przedstawiających plony zbóż i zużycie nawozów sztucznych, respondenci zostali poproszeni o ocenę na podstawie oglądanych map, czy wielkość plonów zależna jest na przedstawionym obszarze od zużycia nawozów sztucznych. Konieczne było wyjaśnienie pojęcia zależności. Sformułowane zostało to w następujący sposób: *„gdyby taka zależność istniała (tzn. gdyby wysokość plonów zależała od wielkości nawożenia), wówczas tam, gdzie zużywa się więcej nawozów osiąganoby również wyższe plony, tam zaś, gdzie zużywa się mało nawozów, plony byłyby niskie"*. Zadaniem respondentów było zaznaczenie na konturowej mapie pięciu jednostek, które najbardziej przekonują ich o tym, że wysokość plonów zależy od zużycia nawozów sztucznych oraz pięciu jednostek, które najbardziej przekonują ich o tym, że takiej zależności nie ma. W zadaniu tym badani mieli odnaleźć na mapie obszary o silnej zależności dwóch zjawisk oraz obszary o słabej zależności. W ten sposób czytali oni przestrzenne rozmieszczenie zależności i odchyleń od niej. Podobne zadanie wykorzystane zostało w badaniach L.W. Carstensena (1986b).

ANKIETA DOTYCZĄCA MAP

Sześć opisanych powyżej zadań składało się na całość testu, w którym sprawdzano czytelność informacji o rozmieszczeniu i zależności zjawisk. W ostatniej – III części – kwestionariusza zebrane zostały opinie badanych na temat map, na podstawie których rozwiązywano dotychczasowe zadania. Mapy należało ocenić w pięciostopniowej skali ocen (od 0 do 4) pod względem sześciu różnych kryteriów. Kryteria te sformułowane zostały w postaci przeciwstawnych sobie określeń. Oceniano, czy mapy są: mało interesujące – interesujące, trudne w interpretacji – łatwe w interpretacji, czy sposób przedstawienia zjawisk jest: typowy – nietypowy, nieciekawy – ciekawy oraz czy mapy pokazują lub nie pokazują rozmieszczenia zjawisk, pokazują lub nie pokazują zależności zjawisk. Ostatnie pytanie ankiety dotyczyło opinii respondentów o tym, czy na mapach łatwiej jest czytać rozmieszczenie zjawisk, czy zależność zjawisk. Tę ostatnią odpowiedź należało uzasadnić.

INSTRUKCJA

Pierwsza strona kwestionariusza zawierała tekst wprowadzający. Jak podaje L.A. Gruszczyński (1999), tekst taki ma zazwyczaj postać listu do respondenta, który nakłania go do wzięcia udziału w badaniach. W instrukcji do kwestionariusza wyjaśniono więc cel badań oraz poinformowano uczestników badań o ich anonimowym charakterze. Wyjaśniono również, że nie jest to sprawdzian wiedzy geograficznej i że zadania należy rozwiązywać wyłącznie na podstawie dołączonych map. Takie wyjaśnienia były potrzebne, ponieważ badania przeprowadzane były w trakcie zajęć z kartografii. Istniała obawa, że studenci potraktują je jako sprawdzian i będą obawiać się uzyskanego wyniku. Wtedy ich odpowiedzi nie byłyby spontaniczne. Dalsza część wprowadzenia zawierała objaśnienie rodzaju zadań znajdujących się w poszczególnych częściach testu oraz instrukcję dotyczącą sposobu ich wykonywania. Badani zostali również poproszeni o udzielanie odpowiedzi możliwie poprawnych, o zachowanie sugerowanej kolejności rozwiązywania zadań oraz o nie poprawianie odpowiedzi. Czas rozwiązywania zadań był ograniczony. Miało to motywować badanych do spontaniczności i do tego, aby opierali swoje decyzje jedynie na wzrokowej percepcji map. Ostatnim elementem części wprowadzającej było podziękowanie za udział w badaniu.

6.7. BADANIA PILOTAŻOWE

Badania pilotażowe stosuje się w celu sprawdzenia kwestionariusza jako narzędzia badawczego. Są to badania próbne, uznawane za niezbędny etap procesu badawczego (Gruszczyński 1999). Takie badania zostały przeprowadzone w dniu 21 maja 2004 roku na grupie 30 studentów pierwszego roku studiów geograficznych Uniwersytetu Warszawskiego. Badani byli po kursie kartografii, który obejmował dwa semestry zajęć. Badania przeprowadzone zostały w dwóch grupach: pierwsza grupa (17 osób) rozwiązywała zadania na podstawie kartogramów prostych, druga grupa (13 osób) na podstawie kartogramów złożonych. Podstawowym celem pilotażu było sprawdzenie, czy wszystkie zadania są zrozumiałe dla uczestników badań, czy nie są one zbyt trudne lub zbyt łatwe oraz czy uzyskane wyniki mogą posłużyć do rozwiązania postawionych problemów badawczych. Wyniki badań pilotażowych mogły być w tym przypadku podstawą do dokonania poprawek w kwestionariuszu. W badaniach tych sprawdzono również, ile czasu potrzeba respondentom na rozwiązanie wszystkich zadań. Uczestnicy badań pilotażowych najpierw wypełniali część testową i ankietową kwestionariusza, następnie zaś poproszeni zostali o wskazanie, które z zadań testowych było dla nich niezrozumiałe i dlaczego, a także o ocenę, czy czas przeznaczony na rozwiązanie zadań (25 minut) był wystarczający.

Większość uczestników badań pilotażowych nie miała żadnych problemów ze zrozumieniem treści zadań testowych, większość rozwiązała test przed upływem 25 minut, można więc było uznać, że jest to czas zupełnie wystarczający. Przy ocenie kwestionariusza, oprócz opinii uczestników badań, wzięto pod uwagę również wyniki uzyskane przez nich w kolejnych zadaniach. Zadania 1, 2, 4 i 5 większość uczestników rozwiązała prawie bezbłędnie. Obawiając się, że test może się okazać dla badanych zbyt łatwy, zdecydowano się na utrudnienie dwóch zadań – 2 i 4; m.in. w zadaniach tych nie sugerowano pierwszej odpowiedzi. Najistotniejsza zmiana, na którą zdecydowano się po przeanalizowaniu wyników badań pilotażowych, dotyczyła instrukcji. Ponieważ zdarzało się, że respondenci nie rozwiązywali wszystkich zadań testowych lub rozwiązywali je tylko częściowo (takie przypadki są problematyczne przy obliczaniu wyników), instrukcja została rozszerzona o jeden akapit, zachęcający badanych do udzielenia wszystkich wymaganych w teście odpowiedzi. Jednocześnie zostało wyjaśnione, że odpowiedzi należy udzielać nawet wtedy, gdy nie ma się całkowitej pewności, że odpowiedź jest właściwa. Ponieważ przypadki braku odpowiedzi najczęściej dotyczyły zadań 3 i 6 (czyli ostatnich zadań w pierwszej i drugiej części testu), nieco zmieniony został również sposób przeprowadzenia badań. Uczestnicy badań pilotażowych zostali poinformowani, że na rozwiązanie pierwszej i drugiej części testu mają po 10 minut czasu, na trzecią część pozostawało 5 minut. Po upływie 10 i 20 minut byli oni ustnie informowani, ile czasu minęło i że w tym momencie powinni zacząć rozwiązywać kolejną część testu. Niestety ci respondenci, którzy rozwiązywali zadania nieco wolniej, po usłyszeniu ponaglenia nie rozwiązywali do końca ostatniego zadania w każdej części (czyli zadań 3 i 6) i przechodzili do dalszej części testu. Zadania te w całości lub w części pozostawały więc nierozwiązane. Ograniczenie czasu na wypełnienie kwestionariusza miało w ten sposób wpływ na wyniki tylko dwóch spośród sześciu zadań. Aby tego uniknąć, instrukcja sformułowana została inaczej. Uczestnicy badań informowani byli w równych odstępach czasu – co 5 minut – ile czasu pozostało im jeszcze do końca testu; poza tym nie sugerowano im, kiedy mają przejść do rozwiązywania kolejnych części testu.

6.8. PRZEBIEG EKSPERYMENTU

Główna część eksperymentu przeprowadzona została na początku roku akademickiego jesienią 2004 roku. Studenci wypełniali ankiety w trakcie ćwiczeń z kartografii, w grupach liczących od 14 do 18 osób. W każdej turze badań było osiem takich grup; cztery grupy rozwiązywały ankiety dotyczące kartogramu prostego, cztery – dotyczące kartogramu złożonego. Pierwsza tura badań odbyła się w dniach 29 października i 3 listopada 2004 roku, druga tura

– po upływie tygodnia od przeprowadzenia pierwszej tury, czyli w dniach 5 listopada i 10 listopada 2004 roku. W sumie w eksperymencie wzięło udział 128 studentów (tab. 3), przy czym w pierwszej turze uczestniczyło 126 osób, w drugiej – 119. Zarówno w pierwszej jak i w drugiej turze uczestniczyło 117 studentów. Spośród nich 55 osób rozwiązało w pierwszej kolejności zadania dla kartogramu prostego, w drugiej kolejności dla kartogramu złożonego, 62 osoby rozwiązywały zadania w odwrotnej kolejności. Na podstawie danych dotyczących liczby studentów uczestniczących w eksperymencie (tab. 3) można obliczyć również liczbę wyników, uzyskanych dla dwóch badanych form prezentacji: na podstawie pary kartogramów prostych ankietę rozwiązywało w sumie 125 osób, na podstawie kartogramu złożonego – 120 osób.

Tabela 3. Liczba studentów uczestniczących w badaniach

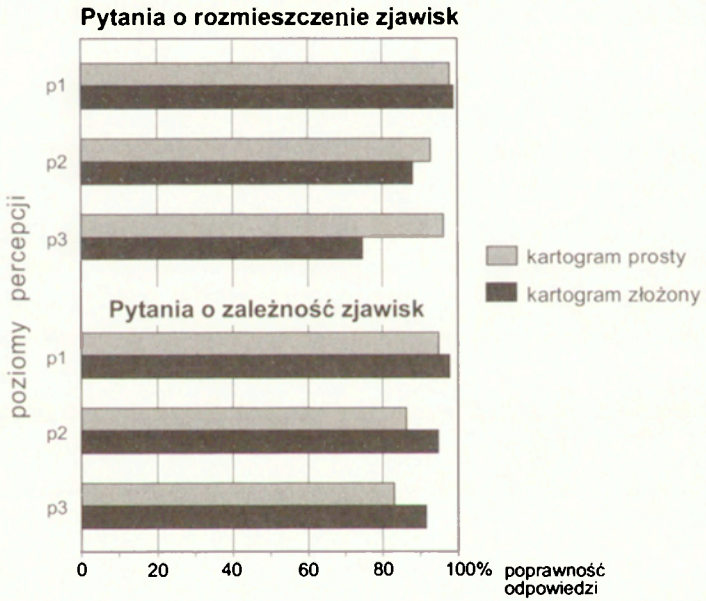
studenci uczestniczący w obu turach badań	kolejność KP/KZ kolejność KZ/KP	55 62
studenci uczestniczący tylko w jednej turze badań	KP KZ	8 3
razem	128	

Wszystkie badania autorka pracy przeprowadziła osobiście, każdorazowo przeznaczając na nie około 30 minut. W każdej grupie badania przeprowadzone zostały w ten sam sposób. Na początku wyjaśniono uczestnikom cel eksperymentu i podano wszystkie informacje dotyczące sposobu wypełniania ankiet, zawartych w instrukcji stanowiącej pierwszą stronę kwestionariusza. Następnie rozdano ankiety i po przeczytaniu tekstu instrukcji przez wszystkich uczestników odczytano tekst objaśniający ideę zastosowanej metody prezentacji, który znajdował się na drugiej stronie kwestionariusza. Następnie zaczęto mierzyć czas przeznaczony na rozwiązanie wszystkich zadań – 25 minut. Co 5 minut informowano uczestników o tym, ile czasu pozostało jeszcze do zakończenia badań. Większość studentów poważnie potraktowała przeprowadzane badania i rzetelnie rozwiązywała zadania. Wiele osób zakończyło wypełnianie kwestionariusza przed upływem 25 minut.

6.9. WYNIKI BADAŃ

6.9.1. WYNIKI ZADAŃ TESTOWYCH

Odpowiedzi respondentów na zadania testowe sprawdzone zostały pod względem poprawności. Prawidłowe rozwiązania poszczególnych zadań testowych można znaleźć w załącznikach 3 (dla kartogramu prostego) i 4 (dla kartogramu złożonego). Liczba poprawnych odpowiedzi uzyskana w poszczególnych zadaniach testowych (zał. 5) wyrażona została w postaci wskaźników procentowych. W analizie wyników nie były brane pod uwagę odpowiedzi niekompletne. Średnią poprawność odpowiedzi uzyskaną w poszczególnych zadaniach testowych przedstawia rycina 36. Analiza wyników podzielona została na dwie części – odpowiadające dwóm hipotezom badawczym.



Ryc. 36. Poprawność odpowiedzi dla kartogramów prostych i złożonych
Accuracy of responses for one-variable and two-variable choropleth maps

CZYTELNOŚĆ INFORMACJI O ROZMIESZCZENIU ZJAWISK

Wskaźnikiem czytelności informacji o rozmieszczeniu zjawisk, który przyjęto w badaniach, jest poprawność odpowiedzi udzielonych przez respondentów w trzech zadaniach testowych – Rp1, Rp2, Rp3, które składały się na I część kwestionariusza.

Zadanie Rp1. *Czytanie rozmieszczenia zjawisk na poziomie szczegółowym*. Większość uczestników badań nie miała trudności w odczytaniu z map wymaganych w tym zadaniu informacji. W przypadku kartogramu prostego 111 (spośród 125) badanych, a w przypadku kartogramu złożonego 112 (spośród 120) badanych udzieliło bezbłędnie wszystkich odpowiedzi. Średnie [11] obliczone na podstawie procentowych wskaźników poprawności udzielanych odpowiedzi dla wszystkich uzyskanych w tym zadaniu wyników wyniosły: dla kartogramu prostego 98%, a dla kartogramu złożonego 99%. Nieco więcej poprawnych odpowiedzi uzyskano więc w przypadku kartogramu złożonego. Najniższa uzyskana w tym zadaniu poprawność wyniosła dla kartogramu prostego 40%, dla kartogramu złożonego 80%.

W przypadku kartogramu prostego większość popełnionych przez respondentów błędów polegała na myleniu klasy wartości, do której należały oznaczone na mapach pola odniesienia, z jedną z klas sąsiednich. Najwięcej problemów sprawiały pola oznaczone literami b i c, zwłaszcza w przypadku mapy przedstawiającej udział ludności z wykształceniem średnim i wyższym. Są to jednostki należące do trzeciej, czyli środkowej, klasy wartości tego zjawiska i prawdopodobnie dlatego były one trudniejsze do rozpoznania. Innym błędem było przestawienie klasy wartości odczytanej z pierwszej mapy z klasą wartości odczytaną z drugiej mapy. Takie błędy popełniano w przypadku jednostek oznaczonych literami d i f; przykładowo w przypadku tej drugiej odczytywano, że należy ona do 4 klasy wartości na pierwszej mapie (czytelnicy bibliotek) i do piątej klasy na drugiej mapie (ludność z wykształceniem średnim i wyższym) – czyli odwrotnie, niż było w rzeczywistości. Taki błąd często popełniali respondenci w trakcie czytania kartogramu złożonego. W przypadku tej formy prezentacji pomyłki wynikały z nieprawidłowej interpretacji legendy mapy – polegały na niepoprawnym odczytaniu, która oś wykresu reprezentuje dane zjawisko. W przypadku kartogramu złożonego najwięcej problemów sprawiły respondentom jednostki oznaczone literami c i f.

Zadanie Rp2. *Czytanie rozmieszczenia zjawisk na poziomie pośrednim*. Wskaźnik, który posłużył do wyrażenia stopnia poprawności odpowiedzi w tym zadaniu, oparty został na trzech wartościach: liczbie poprawnie zaznaczonych jednostek, liczbie jednostek zaznaczonych niepoprawnie oraz maksymalnej możliwej liczbie poprawnie zaznaczonych jednostek. Tym samym wskaźnikiem posługiwała się w swoich badaniach J. Mersey (1990). W zadaniu tym nie można było się posłużyć wskaźnikiem opartym wyłącznie na liczbie poprawnie zaznaczonych jednostek, ponieważ nie byłby on porównywalny dla odpowiedzi udzielanych na podstawie kartogramu prostego i złożonego – liczba

[11] Są to średnie arytmetyczne; w rozdziale dotyczącym wyników badań pod pojęciem średniej zawsze rozumiana jest średnia arytmetyczna.

jednostek, które należało zaznaczyć w tych dwóch wersjach zadania, nie była jednakowa. Należało również wziąć pod uwagę fakt, że o tym, czy zadanie rozwiązane zostało poprawnie, świadczą nie tylko poprawnie zaznaczone jednostki, ale wszystkie udzielone odpowiedzi, również te niepoprawne. Przykładowo, gdyby w zadaniu tym zaznaczone zostały wszystkie pola kartogramu, wśród nich znalazłyby się wszystkie właściwe odpowiedzi, a mimo to rozwiązania tego nie możnaby uznać za poprawne. Wskaźnik, którym się posłużono (*Wp*) można zapisać w postaci następującego wzoru:

$$Wp = \frac{\text{liczba odpowiedzi poprawnych} - \text{liczba odpowiedzi niepoprawnych}}{\text{maksymalna liczba odpowiedzi poprawnych}} \times 100\% \qquad (6)$$

Dla dwóch poleceń, z których składało się omawiane zadanie, obliczono jedną wspólną wartość tego wskaźnika. W szczególnych przypadkach powyższy wskaźnik może przyjmować wartości ujemne. Jest to możliwe wtedy, gdy liczba niepoprawnie zaznaczonych jednostek jest większa niż liczba jednostek zaznaczonych poprawnie. Aby popełnić taki błąd, osoba wykonująca zadanie musiałaby zaznaczyć oba regiony składające się w większości z jednostek należących do niewłaściwych klas wartości. Przyjęto zasadę, że ujemne wartości wskaźnika *Wp* zastępowano wartością 0, która oznacza całkowicie niepoprawną odpowiedź. W omawianym zadaniu zdarzyło się tak w przypadku trzech respondentów, w teście dotyczącym kartogramu złożonego.

W zadaniu Rp2 uczestnicy badań popełnili więcej błędów niż w zadaniu Rp1. Zaznaczyły się większe różnice miedzy odpowiedziami dotyczącymi kartogramów prostych i kartogramu złożonego. Test dotyczący kartogramu prostego bezbłędnie rozwiązały 84 osoby, a kartogramu złożonego 73 osoby. Średnie obliczone na podstawie procentowych wskaźników poprawności udzielanych odpowiedzi dla wszystkich uzyskanych w tym zadaniu wyników wyniosły: dla kartogramu prostego 92,96%, dla kartogramu złożonego 88,14%. Więcej odpowiedzi poprawnych uzyskano więc w przypadku kartogramu prostego. Znacznie większy był również rozrzut uzyskanych wyników, co wyrażają wartości odchylenia standardowego – dla kartogramu prostego 16,59%, dla kartogramu złożonego 24,72%. Najniższa uzyskana w tym zadaniu poprawność wyniosła w przypadku obu form prezentacji 0%.

W przypadku kartogramu prostego duża część popełnionych błędów polegała na pominięciu w obrębie zaznaczanych regionów kilku lub kilkunastu jednostek. Częściej zdarzało się to w drugiej części zadania – prawdopodobnie dlatego, że drugi z regionów, które trzeba było zaznaczyć, obejmował znacznie większą liczbę jednostek. W przypadku tego regionu zdarzało się również, że respondenci zaznaczali jednostki należące tylko do jednej z dwóch wymaganych (4 i 5) klas wartości zjawiska. Jest to poważny błąd, ponieważ świad-

czy o niepoprawnej interpretacji legendy mapy. Popełniło go dziewięciu uczestników testu. Drugim poważnym błędem było zaznaczenie jednostek należących do innej klasy wartości, niż było to określone w poleceniu. Zdarzały się również drobne pomyłki, polegające na błędnym zaznaczaniu pojedynczych jednostek.

W przypadku kartogramu złożonego duża część popełnionych błędów wynikała z niepoprawnej interpretacji legendy mapy. Każdy z regionów, które należało zaznaczyć w tym zadaniu, powinien się składać z jednostek należących do trzech różnych klas kartogramu, ponieważ na każdy przedział wartości jednej ze zmiennych składają się trzy wydzielenia barwne (czyli trzy klasy wartości drugiej zmiennej). Nie wszyscy uczestnicy testu to zauważyli, zaznaczali więc jednostki należące tylko do jednej klasy (jednego wydzielenia barwnego) w legendzie mapy. Był to w tym zadaniu najczęstszy błąd, popełniony aż 24 razy [12]. Innym poważnym błędem było zaznaczenie jednostek należących do innych klas wartości, niż było to określone w poleceniu. Zdarzało się również, podobnie jak w zadaniu Rp1, że błędnie odczytywano, która z osi wykresu w legendzie reprezentuje dane zjawisko. Wśród odpowiedzi uczestników badań sporo było również drobnych pomyłek, polegających na pominięciu pojedynczych jednostek w trakcie zaznaczania regionów lub na zaznaczeniu pól, które nie powinny należeć do regionów określonych w poleceniu.

Zadanie Rp3. *Czytanie rozmieszczenia zjawisk na poziomie ogólnym*. W zadaniu tym 104 badanych udzieliło bezbłędnie wszystkich odpowiedzi na podstawie kartogramu prostego, w przypadku kartogramu złożonego udało się to tylko 34 osobom. Średnie, obliczone na podstawie procentowych wskaźników poprawności udzielanych odpowiedzi dla wszystkich uzyskanych w tym zadaniu wyników, wyniosły dla kartogramu prostego 96,32%, dla kartogramu złożonego zaś 74,83%. Uczestnicy badań popełnili więc znacznie więcej błędów rozwiązując to zadanie na podstawie kartogramu złożonego. W przypadku kartogramu prostego nie mieli oni większych problemów z prawidłowym uszeregowaniem regionów. Średnia poprawność udzielonych odpowiedzi w tym zadaniu jest nawet wyższa niż w zadaniu Rp2. O dużych różnicach w wynikach uzyskanych dla kartogramu prostego i złożonego świadczą również wielkości odchylenia standardowego – dla kartogramu prostego 8,57%, dla kartogramu złożonego 23,01%. Najniższa uzyskana w tym zadaniu poprawność wyniosła dla kartogramu prostego 60%, dla kartogramu złożonego 10%.

Jak już wspomniano, rozwiązanie tego zadania na podstawie kartogramów prostych nie stanowiło dla badanych większego problemu. Popełniali oni drobne

[12] Jako jeden błąd uznano niepoprawne zaznaczenie jednego z regionów, każdy respondent mógł więc popełnić ten błąd dwukrotnie.

pomyłki, które polegały w większości na przestawieniu kolejności dwóch regionów podobnych pod względem wartości. Najczęściej mylona była kolejność regionów o średnich wartościach zjawisk oraz regionów o wartościach najwyższych (K i G oraz P i O). Zdecydowanie najwięcej błędów popełniono myląc kolejność regionów S i Z. Znacznie poważniejsze błędy popełniane były w przypadku kartogramu złożonego. Zdarzały się przypadki, że błędnie szeregowane były wszystkie lub prawie wszystkie regiony. Pomyłki polegały nie tylko na przestawieniu kolejności regionów o zbliżonych wartościach; zdarzały się również takie przypadki, że przestawiano regiony znacznie różniące się pod względem wartości. Zdecydowanie najwięcej błędów popełniono przestawiając kolejność następujących par regionów: H i M (29 przypadków), O i Z (28 przypadków), S i T (18 przypadków), L i G (17 przypadków).

STATYSTYCZNA ANALIZA WYNIKÓW ZADAŃ RP1, RP2, RP3 [13]

Celem analizy statystycznej, którą przeprowadzono zarówno w przypadku omawianych trzech zadań polegających na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk, jak i zadań polegających na czytaniu informacji o zależności zjawisk (omówionych w dalszej części rozdziału), a także wyników ankiety (omówionych w podrozdziale 6.9.2), było rozstrzygnięcie, czy zbiór wyników uzyskany w eksperymencie potwierdza przyjęte w badaniach hipotezy. Chodziło więc o ocenę, czy różnice w wynikach, które pojawiły się w odpowiedziach respondentów udzielanych na podstawie kartogramu prostego oraz kartogramu złożonego, pozwalają na sformułowanie bardziej ogólnego wniosku o istnieniu związku między formą prezentacji kartograficznej i czytelnością dwóch rodzajów informacji – o rozmieszczeniu zjawisk i o zależności zjawisk. Jeżeli różnice w uzyskanych wynikach są istotne statystycznie, oznacza to, że można przyjąć, z prawdopodobieństwem co najmniej 95%, że nie pojawiły się one przez przypadek (tzn. nie są charakterystyczne tylko dla badanej grupy respondentów) i wystąpiłyby również wtedy, gdyby przebadano większą grupę respondentów lub całą populację.

Dane, zebrane w testowej części eksperymentu, wyrażone zostały w postaci procentowych wskaźników poprawności, miały więc charakter ilościowy. Ponieważ jednak rozkłady mierzonych zmiennych zależnych znacznie odbiegały od rozkładu normalnego, w analizie wyników posługiwano się nieparametrycznymi testami istotności. W odróżnieniu od testów parametrycznych, wymagają one przyjęcia znacznie słabszych założeń dotyczących cech rozkładu, m. in. nie jest konieczne spełnienie warunku o normalności rozkładu (Ferguson, Takane 2003). Testy nieparametryczne są z zasady testami słab-

[13] Statystyczną analizę zebranego w trakcie badań materiału przeprowadzono wykorzystując oprogramowanie *Statistica. Wersja 6.0.*

szymi niż odpowiadające im testy parametryczne, co oznacza, że mniejsze jest prawdopodobieństwo odrzucenia hipotezy zerowej, gdy hipoteza ta jest fałszywa (Blalock 1975). Z tego powodu analizując wyniki eksperymentu stosowano równolegle dwa testy, ponieważ rozwiązanie takie zwiększa szansę odrzucenia hipotezy zerowej. Za wiążący przyjmuje się zawsze wynik testu silniejszego, czyli tego, za pomocą którego wyznaczona została mniejsza wartość poziomu istotności.

Wśród wyników testów wyróżniono wyniki statystycznie istotne, to znaczy te, gdzie poziom istotności $p<0,05$. Z zasady przyjmuje się, że taki poziom istotności pozwala na odrzucenie hipotezy zerowej, mówiącej o braku różnic w porównywanych populacjach. Dodatkowo oznaczono wyniki istotne na niższym poziomie $p<0,01$. Wśród wyników, których nie można uznać za statystycznie istotne, oznaczono te, które są istotne na poziomie $p<0,15$. Można je przyjąć za prawdziwe z prawdopodobieństwem nie mniejszym niż 85%.

Na każdą z przyjętych w badaniach zmiennych zależnych (tzn. czytelność informacji o rozmieszczeniu oraz o zależności zjawisk), w trakcie eksperymentu oddziaływały dwie zmienne niezależne – zmienną niezależną główną była forma prezentacji, zmienną niezależną uboczną kontrolowaną była kolejność rozwiązywania zadań przez respondentów.

Kolejność rozwiązywania zadań. Pierwszym etapem analizy zebranych wyników było sprawdzenie, czy kontrolowana w badaniach zmienna niezależna, którą jest kolejność rozwiązywania zadań testowych, może wpływać na czytelność informacji o rozmieszczeniu zjawisk. Gdyby istniał taki wpływ, wówczas poprawność odpowiedzi respondentów, którzy pracowali z daną formą prezentacji kartograficznej w pierwszej turze badań, różniłaby się od poprawności odpowiedzi tych respondentów, którzy pracowali z tą formą prezentacji w drugiej turze badań. Istotność tych różnic sprawdzono dla odpowiedzi uzyskanych w każdym z trzech zadań polegających na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk (Rp1, Rp2, Rp3), przy czym osobno analizowano wyniki uzyskane dla kartogramu prostego i kartogramu złożonego. W tej części analizy wykorzystano wszystkie zebrane w eksperymencie wyniki (z analizy wyłączone zostały tylko odpowiedzi niekompletne). Porównywane próby różniły się pod względem liczebności. Do oceny istotności różnic w uzyskanych wynikach posłużono się dwoma testami – testem chi-kwadrat i testem Manna-Whitneya.

Ponieważ przeważająca część studentów, w zadaniach polegających na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk, udzielała bezbłędnie wszystkich odpowiedzi (uzyskiwała wskaźnik poprawności o wartości 100%), w pierwszym rzędzie sprawdzono, czy od kolejności rozwiązywania zadań zależna była liczba udzielonych odpowiedzi bezbłędnych. Do oceny występu-

jących tu różnic wykorzystano test chi-kwadrat (χ^2), który umożliwia porównanie dwóch prób wtedy, gdy dane wyrażone są w postaci absolutnych częstości występowania, a każda próba podzielona jest na co najmniej dwie rozłączne kategorie (Norcliffe 1986). Wyniki, uzyskane w eksperymencie w każdym z zadań (Rp1, Rp2, Rp3), podzielone zostały na dwie kategorie: wyników bezbłędnych (poprawność odpowiedzi =100%) oraz wyników nie w pełni poprawnych (poprawność odpowiedzi <100%), następnie obliczono liczebności tych kategorii. Ponieważ liczba uzyskanych odpowiedzi w obu turach badań w poszczególnych zdaniach nie była jednakowa, wartości te wyrażone zostały w procentach (tab. 4), dzięki czemu można ocenić, w której turze odpowiedzi respondentów charakteryzowały się wyższą poprawnością. W teście chi-kwadrat (tab. 4) porównywane są liczebności w każdej kategorii i na tej podstawie sprawdzana jest hipoteza, która mówi o braku różnic między populacjami, z których pochodzą badane próby. Test ten nie wykrył statystycznie istotnych różnic w wynikach uzyskanych w dwóch turach badań w żadnym z analizowanych zadań (Rp1, Rp2, Rp3), zarówno w przypadku kartogramu prostego, jak i kartogramu złożonego. Nie ma więc podstaw do twierdzenia, że badane próby są istotnie różne.

Tabela 4. Różnice poprawności odpowiedzi uzyskanych w dwóch turach badań w zadaniach polegających na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk – wyniki testu chi-kwadrat

Zadanie	Poprawność odpowiedzi	Kartogram prosty					Kartogram złożony				
		liczebności		% odpowiedzi		test chi-kwadrat	liczebności		% odpowiedzi		test chi-kwadrat
		I tura	II tura	I tura	II tura		I tura	II tura	I tura	II tura	
Rp1	<100	8	6	12,7	9,7	p = 0,5923	5	3	7,9	5,3	p = 0,5577
	=100	55	56	87,3	90,3		58	54	92,1	94,7	
Rp2	<100	18	22	29,0	35,5	p = 0,4422	23	20	37,7	36,4	p = 0,8813
	=100	44	40	71,0	64,5		38	35	62,3	63,6	
Rp3	<100	10	11	15,9	17,7	p = 0,7799	24	15	38,1	26,3	p = 0,1689
	=100	53	51	84,1	82,3		39	42	61,9	73,7	

p – poziom istotności

Te same wyniki, uzyskane w dwóch turach badań, porównano również za pomocą testu Manna-Whitneya (tab. 5). Jest to test nieparametryczny, stosowany do porównywania dwóch prób niezależnych, mierzonych na co najmniej porządkowym poziomie pomiaru. Test Manna-Whitneya jest najczęściej testem mocniejszym od testu chi-kwadrat, większe jest więc prawdopodobieństwo wykrycia różnic statystycznie istotnych. W teście tym badana jest hipoteza mówiąca, że dwie próby pochodzą z tej samej populacji. Wszystkie pomiary zastępuje się rangami, a statystyka testu opiera się na różnicy sum rang z każdej z prób. Hipotezę zerową odrzuca się wtedy, gdy różnica w ran-

gach z dwóch prób jest istotna (Blalock 1975; Norcliffe 1986). Wartości średnich rang obliczonych dla wyników uzyskanych w obu turach badań, w każdym z rozpatrywanych zadań (tab. 5), wskazują na to, w której turze badań odpowiedzi respondentów charakteryzują się wyższą poprawnością. Podobnie jak test chi-kwadrat, również test Manna-Whitneya nie wykrył statystycznie istotnych różnic w wynikach uzyskanych w dwóch turach badań w żadnym z analizowanych zadań (Rp1, Rp2, Rp3), zarówno w przypadku kartogramu prostego, jak i kartogramu złożonego. Żaden z zastosowanych testów nie wykazał więc statystycznie istotnej zależności między kolejnością rozwiązywania zadań na podstawie obu form prezentacji i poprawnością czytania na tych mapach informacji o rozmieszczeniu zjawisk.

Tabela 5. Różnice poprawności odpowiedzi uzyskanych w dwóch turach badań w zadaniach polegających na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk – wyniki testu Manna-Whitneya

Zadanie	Kartogram prosty				Kartogram złożony			
	średnia rang		N	test Manna-Whitneya	średnia rang		N	test Manna-Whitneya
	I tura	II tura			I tura	II tura		
Rp1	62,09	63,93	125	p = 0,6038	59,71	61,38	120	p = 0,5434
Rp2	64,81	60,19	124	p = 0,3890	58,28	58,75	116	p = 0,9312
Rp3	63,57	62,42	125	p = 0,7840	58,62	62,58	120	p = 0,5152

N – liczebność próby, p – poziom istotności

W przypadku zadań Rp1, Rp2 i Rp3 kolejność nie powinna więc mieć wpływu na uzyskane wyniki eksperymentu zarówno w przypadku kartogramu prostego jak i kartogramu złożonego.

Forma prezentacji kartograficznej. Zmienną niezależną główną, która oddziaływała w eksperymencie na dwie zmienne zależne, była forma prezentacji kartograficznej. Każdy uczestnik badań rozwiązał dwie wersje zadań testowych – jedną na podstawie kartogramu prostego, drugą na podstawie kartogramu złożonego. Tak zebrane zbiory wyników określa się jako próby zależne, pochodzą one bowiem od tych samych respondentów. Jako wynik eksperymentu otrzymuje się pary wyników, które różnią się tym, że oddziaływały na nie inne warunki eksperymentalne. Testem nieparametrycznym, wykorzystywanym do porównania prób zależnych, jest test kolejności par Wilcoxona. Zastosowano go do sprawdzenia istotności różnic między wynikami uzyskanymi dla dwóch form prezentacji kartograficznej – kartogramu prostego i kartogramu złożonego. W analizie tej można było uwzględnić tylko pary wyników, w związku z czym wyeliminowano wyniki pochodzące od studentów, którzy uczestniczyli tylko w jednej turze badań. Dodatkowo trzeba było pominąć również te pary wyników, w których jedna z odpowiedzi była niekom-

pletna. Próby, które posłużyły do porównania wyników uzyskanych dla dwóch form prezentacji, były więc mniejsze niż dotychczas analizowane.

Test kolejności par Wilcoxona jest testem nieparametrycznym, który nie opiera się na rangowaniu samych pomiarów, ale rangi nadaje się różnicom między pomiarami. Efektywność testu Wilcoxona jest wysoka, tzn. niewiele niższa niż odpowiadającego mu testu parametrycznego. W teście tym badana jest hipoteza, która mówi, że dwie próby pochodzą z tej samej populacji. Hipotezę tę odrzuca się, jeżeli sumy rang obliczone dla dodatnich i ujemnych różnic par pomiarów znacznie różnią się od siebie (Blalock 1975). Wyniki testu Wilcoxona, za pomocą którego porównano wyniki uzyskane dla kartogramu prostego i złożonego, w trzech zadaniach, polegających na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk: Rp1, Rp2, Rp3, zawiera tabela 6. Wyróżnione zostały różnice statystycznie istotne. W tabeli obliczone zostały również średnie rang wyników uzyskanych dla dwóch badanych form prezentacji, w każdym z rozpatrywanych zadań. Wartości te wskazują, dla której formy prezentacji odpowiedzi respondentów charakteryzują się wyższą poprawnością. W celu potwierdzenia wyników uzyskanych w teście Wilcoxona, wyniki eksperymentu uzyskane dla dwóch badanych form prezentacji porównano również za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa (tab. 6). Testem tym można

Tabela 6. Różnice poprawności odpowiedzi uzyskanych dla kartogramu prostego (KP) i złożonego (KZ) w zadaniach polegających na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk

Zadanie	Średnia rang		N	Test Wilcoxona	Srednia		N1	N2	Test Kołmogorowa-Smirnowa
	KP	KZ			KP	KZ			
Rp1	120,30	125,82	117	p = 0,6274	98,00	99,00	125	120	p > 0,10
Rp2	123,98	116,78	112	p = 0,2610	92,96	88,14	124	116	p > 0,10
Rp3	158,67	85,85	117	**p <0,0001****	96,32	74,83	125	120	**p < 0,001****

N – liczebność próby, p – poziom istotności, ** różnice statystycznie istotne na poziomie p<0,01

było przebadać wszystkie zebrane w trakcie eksperymentu wyniki, a nie tylko kompletne pary tak, jak w teście Wilcoxona. Test Kołmogorowa-Smirnowa wymaga danych mierzonych na skali porządkowej lub mocniejszej i służy do porównania dwóch skumulowanych rozkładów wartości. Gdyby słuszna była hipoteza zerowa mówiąca, że próby pochodzą z tej samej populacji, wówczas ich rozkłady powinny być zbliżone. Statystyką testu jest największa absolutna różnica między dwoma skumulowanymi rozkładami. Jeżeli jest ona większa od wartości krytycznej dla danego poziomu istotności i danej wielkości prób, należy przypuszczać, że badana hipoteza jest fałszywa (Blalock 1975). W tabeli 6 podane zostały również średnie wyników uzyskanych dla obu form prezentacji (wskazują one, dla której formy prezentacji uzyskano wyższą poprawność odpowiedzi).

Dla wszystkich rozpatrywanych zadań wyniki obu zastosowanych testów są podobne. W zadaniu oznaczonym jako Rp1, które polegało na czytaniu szczegółowej informacji o rozmieszczeniu zjawisk, wyższą poprawnością charakteryzują się odpowiedzi respondentów udzielane na podstawie kartogramu złożonego. Różnice w wynikach uzyskanych dla obu form prezentacji nie są jednak statystycznie istotne. Oznacza to, że w przypadku tego zadania nie stwierdzono statystycznie istotnej zależności między formą prezentacji kartograficznej a czytelnością informacji o rozmieszczeniu zjawisk. Nie ma więc podstaw do twierdzenia, że jedna z badanych form prezentacji jest lepiej czytelna pod względem rozmieszczenia zjawisk na szczegółowym poziomie percepcji.

W zadaniu Rp2, które polegało na czytaniu informacji o rozmieszczeniu zjawisk na pośrednim poziomie percepcji, wyższymi wartościami charakteryzują się wyniki uzyskane dla kartogramu prostego. Różnice wyników uzyskanych dla obu form prezentacji, podobnie jak w przypadku zadania Rp1, nie są jednak statystycznie istotne. Nie wykryto więc statystycznie istotnej zależności między formą prezentacji kartograficznej a czytelnością informacji o rozmieszczeniu zjawisk na pośrednim poziomie percepcji.

Zadanie Rp3 dotyczyło ogólnego poziomu percepcji, a więc postrzegania rozmieszczenia zjawiska na całej mapie. Odpowiedzi o wyższej poprawności uzyskano wtedy, gdy zadanie to było rozwiązywane na podstawie kartogramów prostych. Różnice w poprawności odpowiedzi uzyskanych dla dwóch badanych form prezentacji są istotne statystycznie na poziomie $p<0,001$. Oznacza to, że forma prezentacji kartograficznej (kartogram prosty lub kartogram złożony) wpływa na czytelność informacji o rozmieszczeniu zjawisk na ogólnym poziomie percepcji. Ponieważ wyższą poprawność odpowiedzi uzyskano w przypadku kartogramu prostego, można przyjąć, że ta forma prezentacji umożliwia czytelnikowi trafniejszą ocenę ogólnego rozmieszczenia przedstawionych zjawisk niż kartogram złożony.

Aby upewnić się, że kolejność rozwiązywania zadań nie wpłynęła na poprawność odpowiedzi udzielanych na podstawie dwóch badanych form prezentacji, przeprowadzono również osobną analizę wyników uzyskanych w każdej z dwóch kolejności – KP/KZ oraz KZ/KP. Istotność różnic w odpowiedziach uzyskanych dla kartogramu prostego i złożonego sprawdzono dwoma testami – Wilcoxona oraz Kołmogorowa-Smirnowa (tab. 7). W przypadku obu rozpatrywanych kolejności wyższymi wartościami charakteryzują się wyniki uzyskane dla kartogramu złożonego w zadaniu Rp1 oraz wyniki uzyskane dla kartogramu prostego w zadaniach Rp2 i Rp3. Różnice istotne statystycznie uzyskano tylko w zadaniu polegającym na czytaniu informacji o rozmieszcze-

Tabela 7. Różnice poprawności odpowiedzi uzyskanych dla kartogramu prostego (KP) i złożonego (KZ) w zadaniach Rp1, Rp2 i Rp3, w zależności od kolejności rozwiązywania zadań

Zadanie	Srednia rang		N	Test Wilcoxona	Średnia		N1	N2	Test Kołmogorowa-Smirnowa
	KP	KZ			KP	KZ			
KP/KZ									
Rp1	58,37	62,86	55	p = 0,4772	98,10	99,30	63	57	p > 0,10
Rp2	61,71	55,95	52	p = 0,3164	94,77	87,76	62	55	p > 0,10
Rp3	78,37	40,75	55	**p < 0,0001****	96,51	77,54	63	57	**p < 0,001****
KZ/KP									
Rp1	62,47	63,52	62	p = 0,859	97,90	98,73	62	63	p > 0,10
Rp2	62,55	61,44	60	p = 0,5981	91,15	88,47	62	61	p > 0,10
Rp3	80,81	45,47	62	**p < 0,0001****	96,13	72,38	62	63	**p < 0,001****

N – liczebność próby, p – poziom istotności, ** różnice statystycznie istotne na poziomie p<0,01, KP/KZ – kolejność rozwiązywania zadań

niu zjawisk na ogólnym poziomie percepcji (Rp3). Są one istotne na poziomie p<0,001. W pozostałych zadaniach różnice w wynikach uzyskanych dla kartogramu prostego i złożonego nie są statystycznie istotne.

Niezależnie więc od tego, czy kartogram prosty czytany jest jako pierwsza czy jako druga z badanych form prezentacji, umożliwia czytelnikowi bardziej poprawną ocenę ogólnego rozmieszczenia przedstawionych zjawisk. Nie wykryto natomiast statystycznie istotnego związku między formą prezentacji a czytelnością informacji o rozmieszczeniu na szczegółowym i pośrednim poziomie percepcji, i to niezależnie od tego, w jakiej kolejności czytane są badane formy prezentacji.

CZYTELNOŚĆ INFORMACJI O ZALEŻNOŚCI ZJAWISK

Wskaźnikiem czytelności informacji o zależności zjawisk, który przyjęto w badaniach, jest poprawność odpowiedzi udzielonych przez respondentów w trzech zadaniach testowych – Zp1, Zp2, Zp3, które stanowiły II część kwestionariusza.

Zadanie Zp1. *Czytanie zależności zjawisk na poziomie szczegółowym.* Zadanie to nie sprawiało uczestnikom badań większych problemów. W przypadku kartogramu prostego 97 badanych, a w przypadku kartogramu złożonego 105 badanych udzieliło bezbłędnie wszystkich odpowiedzi. Średnie obliczone na podstawie procentowych wskaźników poprawności udzielanych odpowiedzi dla wszystkich uzyskanych w tym zadaniu wyników wyniosły: dla kartogramu prostego 94,92%, a dla kartogramu złożonego 97,88%. Więcej poprawnych odpowiedzi uzyskano więc w przypadku kartogramu złożonego. Najniższa uzyskana w tym zadaniu poprawność wyniosła dla kartogramu prostego 60%, dla kartogramu złożonego 20%.

W przypadku kartogramów prostych najwięcej problemów sprawiło uczestnikom badań prawidłowe porównanie wartości zjawisk w dwóch jednostkach – b i e. Jednostka oznaczona literą e na obu mapach należy do tej samej (4) klasy wartości. Mimo to część badanych (9 osób) uznała, że wartości plonów zbóż są w tej jednostce wyższe niż wartości zużycia nawozów sztucznych. W przypadku jednostki oznaczonej literą b dziewięciu uczestników badań uznało, że należy ona do tej samej klasy wartości na obu mapach, mimo że faktycznie należała ona do środkowej (3) klasy wartości plonów zbóż i drugiej (2) klasy wartości zużycia nawozów sztucznych. Oprócz tych problemów z właściwym porównaniem wartości zjawisk w jednostkach b i e, popełniane były również innego rodzaju błędy. Zdarzało się, podobnie jak w zadaniu Rp1, że badani mylili wartości odczytane na pierwszej mapie z wartościami odczytanymi na drugiej mapie, w wyniku czego zaznaczali niewłaściwe zjawisko w tabeli z odpowiedziami.

W przypadku kartogramu złożonego najczęstszym błędem było niepoprawne odczytanie w legendzie mapy, która z osi wykresu reprezentuje dane zjawisko. Trudno natomiast określić, jakie było źródło pozostałych pomyłek. Można tylko stwierdzić, że osoby popełniające błędy w tym zadaniu miały kłopoty z poprawną interpretacją legendy kartogramu złożonego.

Zadanie Zp2. *Czytanie zależności zjawisk na poziomie pośrednim*. Do wyrażenia stopnia poprawności odpowiedzi w tym zadaniu posłużył wskaźnik *Wp* (formuła 6), ten sam co w zadaniu Rp2. Podobnie jak poprzednio, ujemne wartości wskaźnika *Wp* (zdarzyły się dwa takie przypadki) zastąpione zostały wartością 0.

W zadaniu tym wystąpiły znaczne różnice w poprawności odpowiedzi udzielanych na podstawie kartogramów prostych i kartogramu złożonego. W przypadku kartogramu prostego tylko 62 badanych udzieliło bezbłędnie wszystkich odpowiedzi. W przypadku kartogramu złożonego ich liczba była większa (97 badanych). O różnicach w poprawności interpretacji tych dwóch form prezentacji świadczą średnie obliczone na podstawie procentowych wskaźników poprawności udzielanych odpowiedzi dla wszystkich uzyskanych w tym zadaniu wyników. Wyniosły one dla kartogramu prostego 86,29%, a dla kartogramu złożonego 94,83%. Więcej odpowiedzi poprawnych uzyskano więc w przypadku kartogramu złożonego. Wyniki uzyskane dla kartogramu prostego charakteryzują się również większym rozrzutem, o czym świadczą wartości odchylenia standardowego – dla kartogramu prostego 24,30%, dla kartogramu złożonego 18,29%. Najniższa uzyskana w tym zadaniu poprawność wyniosła dla kartogramu prostego 20%, dla kartogramu złożonego 0%.

Błędy, pojawiające się w odpowiedziach udzielanych na podstawie kartogramów prostych, w dużej części polegały na pominięciu w obrębie zaznaczanych regionów pewnej liczby jednostek. Częste było również zaznaczanie pojedynczych jednostek nienależących do określonego w poleceniu regionu. Błędy te wynikały zapewne z trudności, jaką sprawiało uczestnikom badań jednoczesne czytanie dwóch kartogramów i porównywanie wartości przedstawianych zjawisk. Część popełnionych błędów wynikała jednak również z niepoprawnej (lub nieuważnej) interpretacji treści zadania. Kilkunastu respondentów nie zwróciło uwagi, że w poleceniu proszono o zaznaczenie tych jednostek, które jednocześnie na obu mapach należały do wskazanej klasy wartości. Zaznaczali oni natomiast wszystkie jednostki, które należały do tej klasy na pierwszej lub drugiej mapie. Takie błędy świadczą o trudnościach ze zrozumieniem treści zadania, nie wydaje się jednak, aby polecenie to sformułowane było w sposób niejasny – większość respondentów zrozumiała je przecież prawidłowo. Bardziej prawdopodobne jest, że respondentom narzucał się inny sposób interpretacji, bardziej naturalny w przypadku tej formy prezentacji. Być może nie dość dokładnie czytali treść zadania i rozwiązywali je w sposób intuicyjny. Gdyby takie wytłumaczenie przyczyny popełnionych błędów było słuszne, świadczyłyby one o trudnościach, jakie sprawia respondentom jednoczesne czytanie dwóch kartogramów prostych, a tym samym interpretacja zależności.

W przypadku kartogramu złożonego większość popełnianych błędów była drobnymi pomyłkami, polegającymi na pominięciu pojedynczych pól należących do określonych w poleceniu regionów lub zaznaczeniu pojedynczych jednostek, które nie powinny do nich należeć. Zdarzyło się również kilka poważniejszych błędów, takich jak zaznaczenie nieodpowiedniej klasy wartości lub zaznaczenie jednostek należących do kilku różnych klas kartogramu. Takie błędy świadczą o zupełnie niepoprawnej interpretacji legendy mapy.

Zadanie Zp3. *Czytanie zależności zjawisk na poziomie ogólnym*. W tym zadaniu respondenci zostali poproszeni o ocenę, czy wielkość plonów zbóż, na obszarze przedstawionym na mapach, zależna jest od zużycia nawozów sztucznych. Zadanie składało się z dwóch poleceń, które oznaczono jako Zp3a i Zp3b. Wykonując pierwsze polecenie respondenci powinni poszukiwać na kartogramach jednostek o podobnych wartościach obu zjawisk, w drugim poleceniu – jednostek o dużych różnicach wartości obu zjawisk. W załącznikach 3 i 4, zawierających rozwiązania zadań testowych, w przypadku zadania Zp3 zamieszczono mapę przedstawiającą wielkość różnic klas kartogramów, na podstawie których rozwiązywane było to zadanie – barwą szarą oznaczone są jednostki należące do tych samych klas wartości obu zjawisk, barwą czerwoną – jednostki o najwyższych różnicach klas wartości.

Do obliczenia poprawności uzyskanych w tym zadaniu odpowiedzi zastosowano dwa współczynniki oparte na następujących wartościach: sumie różnic klas w jednostkach zaznaczonych przez respondenta oraz maksymalnej sumie różnic klas, jaką można było osiągnąć przy wyborze pięciu jednostek. Wskaźnik ten wyrażony został w procentach. Wskaźnik poprawności (*Wp*) odpowiedzi uzyskanych w pierwszej części zadania obliczono według następującego wzoru:

$$Wp = 1 - \frac{\text{suma różnic klas jednostek zaznaczonych przez respondenta}}{\text{maksymalna suma różnic klas}} \times 100\% \qquad (7)$$

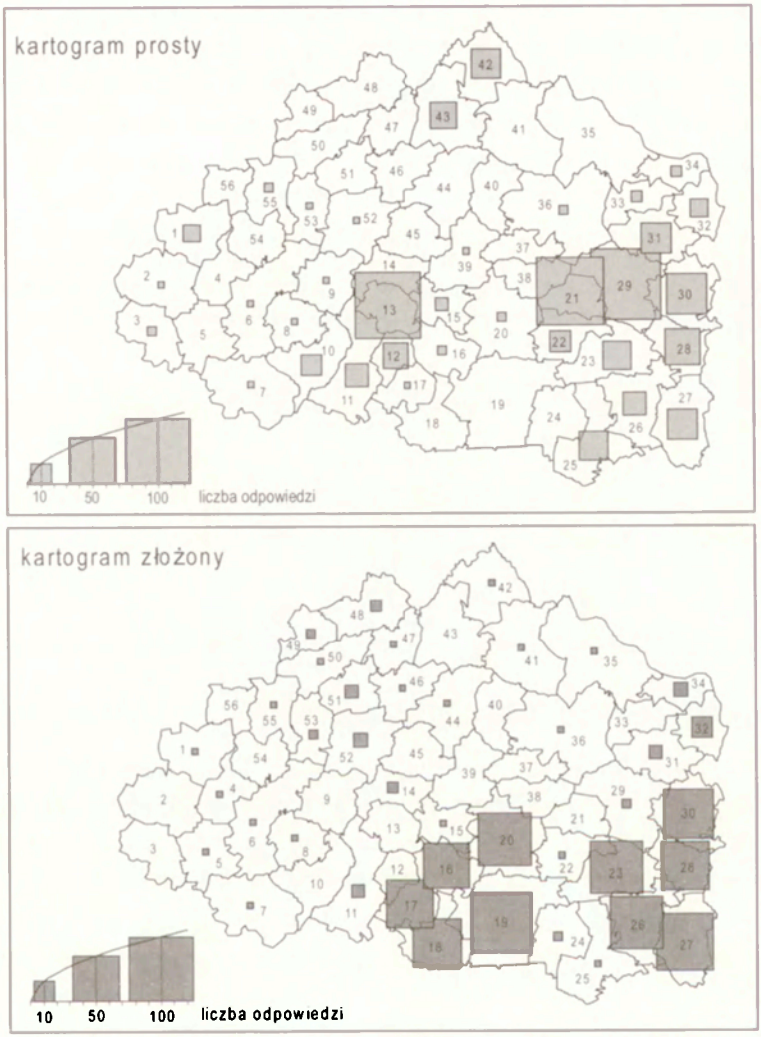
Wskaźnik poprawności (*Wp*) odpowiedzi uzyskanych w drugiej części zadania obliczałam według wzoru:

$$Wp = \frac{\text{suma różnic klas jednostek zaznaczonych przez respondenta}}{\text{maksymalna suma różnic klas}} \times 100\% \qquad (8)$$

Takimi samymi wskaźnikami posługiwał się w swoich badaniach L.W. Carstensen (1986b).

Nie wszyscy respondenci stosowali się ściśle do tego, w jaki sposób należało rozwiązywać omawiane zadanie. W przypadku, gdy respondent zaznaczył mniej jednostek niż było to określone w poleceniu, uznawano tą odpowiedź za niekompletną i, zgodnie z założeniem przyjętym dla wszystkich zadań testowych, nie brano jej pod uwagę w analizie wyników. W przypadku, gdy respondent zaznaczył więcej niż pięć jednostek w jednej z części zadania, odpowiedź uznawano za kompletną, konieczne było jednak zmodyfikowanie sposobu obliczania wskaźnika poprawności. W liczniku ułamka podstawiano wówczas sumę różnic klas wszystkich jednostek zaznaczonych przez respondenta, zaś w mianowniku maksymalną sumę różnic klas, jaką mógł uzyskać respondent przy takiej liczbie jednostek, jaką zaznaczył. Tym sposobem nawet wtedy, gdy zaznaczonych było więcej niż pięć jednostek, ale wszystkie były poprawne, rozwiązanie zadania mogło zostać ocenione jako w pełni poprawne.

Omawiane zadanie okazało się dość trudne dla uczestników badań. W przypadku kartogramu prostego zaledwie 5 osób spośród 125 uczestników rozwiązało całe zadanie bezbłędnie, w przypadku kartogramu złożonego udało się to 51 osobom (spośród 120 uczestników). Średnia poprawności odpowiedzi w tym zadaniu nie była jednak wyraźnie niższa niż w pozostałych zadaniach testowych. Dla kartogramu prostego wynosi ona 83,16%, a dla kartogramu złożonego 91,51%. Oznacza to, że badani popełniali wprawdzie wiele błędów, zwłaszcza w przypadku kartogramu prostego, ale były to głównie drobne pomyłki. Niewiele było odpowiedzi zupełnie niepoprawnych. Lepsze rezultaty uzyskano dla kartogramu złożonego. Najniższa poprawność uzyskana w za-



Ryc. 37. Odpowiedzi respondentów w zadaniu Zp3a
Students responses in task Zp3a

daniu Zp3 wyniosła dla kartogramu prostego 42,8%, dla kartogramu złożonego 31,6%. Odpowiedzi całkowicie niepoprawne (poprawność 0%) zdarzyły się w przypadku obu form prezentacji tylko w drugiej części zadania (Zp3b). Warto również zwrócić uwagę na to, że różnica w średniej poprawności odpowiedzi dla dwóch badanych form prezentacji jest znacznie większa w pierwszej części zadania (Zp3a) niż w drugiej (Zp3b). W przypadku obu form prezentacji w obu częściach zadania Zp3 bardziej poprawne odpowiedzi uzyskano w drugiej turze badań niż w pierwszej. Ponieważ poprawność uzyskanych odpowiedzi znacznie się różniła w dwóch częściach omawianego zadania, zdecydowano się przeprowadzić niezależną analizę obu części.

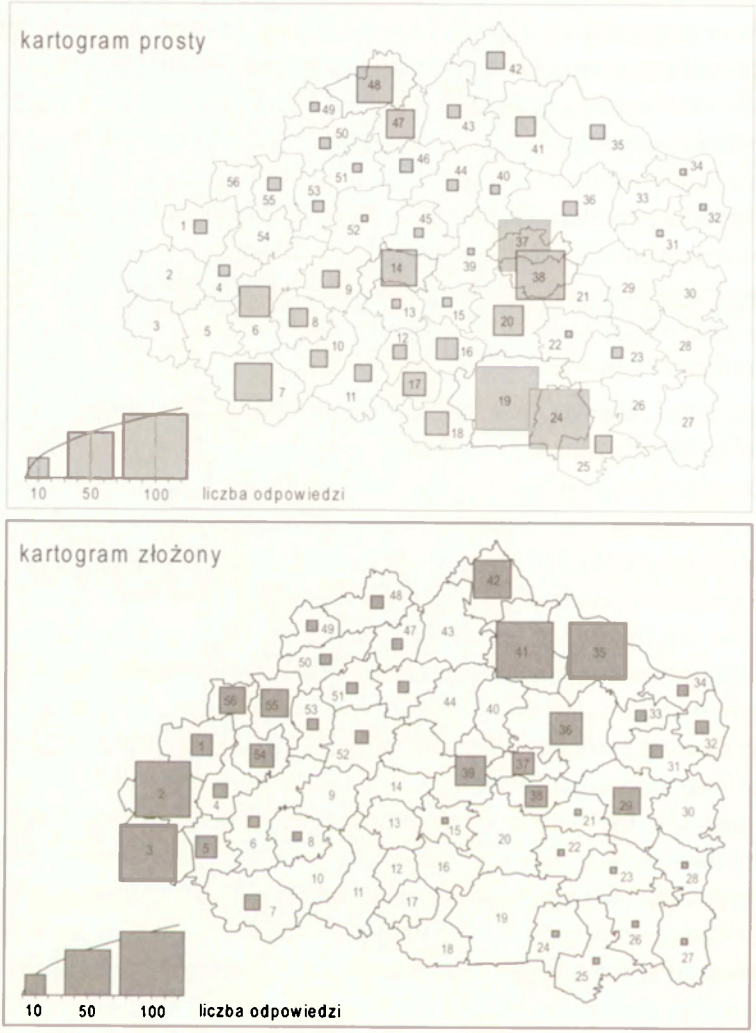
Tabela 8. Liczba odpowiedzi respondentów w zadaniu Zp3 przypadająca na poszczególne różnice klas kartogramów

Różnica klas	Liczba odpowiedzi	
	Zp3a	Zp3b
kartogram prosty		
0	415	38
1	211	116
2	4	158
3	0	298
Razem	630	610
kartogram złożony		
0	698	50
1	11	205
2	2	305
Razem	711	560

W przypadku kartogramu prostego uczestnicy badań udzielili w sumie 630 odpowiedzi, wybierając co najmniej raz 35 (spośród 56) jednostek odniesienia kartogramu (ryc. 37). Najwięcej, bo ponad połowa wszystkich udzielonych odpowiedzi przypadła na trzy jednostki należące do najwyższej (5) klasy wartości obu kartogramów (ryc. 37) – numery 29, 21 i 13. Wybór ten był w pełni poprawny, zgodny z zasadą poszukiwania jednostek o jak najmniejszych różnicach klas obu kartogramów. Dokonując wyboru kolejnych jednostek, większość badanych zaznaczała również jednostki o wysokich wartościach, jednakże różniące się pod względem przynależności do klas wartości – najczęściej wybierano jednostki należące do czwartej klasy plonów zbóż i piątej klasy zużycia nawozów (jednostki oznaczone numerami 30, 28, 27, 25) lub piątej klasy plonów zbóż i czwartej klasy zużycia nawozów (jednostki 31, 23, 10, 11). Nie był to wybór optymalny (tab. 8). Niewiele osób zauważyło, że o zależności przedstawionych zjawisk mogą świadczyć również jednostki należące do klas wartości niskich lub średnich. W tym przypadku najczęściej wybierano jednostki z najniższej klasy wartości na obu mapach; były to najczęściej jednostki oznaczone numerami 42 i 43 (ryc. 37).

W przypadku kartogramu złożonego w tej części zadania uczestnicy badań udzielili 711 odpowiedzi, wybierając co najmniej raz 40 (spośród 56) jednostek odniesienia kartogramu. Prawie wszystkie udzielone odpowiedzi były poprawne i przypadły na klasy leżące na przekątnej legendy; oznaczono je jako różnice klas wartości równe 0 (tab. 8). Na pozostałe różnice klas (1 i 2) przypadło zaledwie 13 odpowiedzi. Poprawność odpowiedzi była więc znacznie wyższa niż w przypadku kartogramu prostego; wyniosła 99,01%. W drugiej turze badań wszyscy uczestnicy udzielili odpowiedzi bezbłędnych (wartość wskaźnika poprawności 100%). Studenci najczęściej wybierali jednostki oznaczone na rycinie 37 numerami 19, 27, 26, 20, 23. Niewielu respondentów, podobnie jak w przypadku kartogramów prostych, zwróciło uwagę na to, że również jednostki o niskich lub średnich wartościach zjawisk mogą świadczyć o zależności zjawisk.

Druga części zadania (Zp3b) okazała się dla studentów trudniejsza niż pierwsza. Rycina 38 pokazuje, które jednostki wybierane były najczęściej. W przypadku kartogramu prostego poprawność udzielanych odpowiedzi wyniosła 78,08%, a więc mniej niż w pierwszej części zadania, gdzie wyniosła 87,74%. Respondenci udzielili 610 odpowiedzi, wybierając co najmniej raz 44 jednostki kartogramu, czyli więcej niż w pierwszej części zadania. Dla uczestników badań nie było więc tak oczywiste, jak w pierwszym poleceniu, które jednostki należy zaznaczyć. Do najczęściej zaznaczanych jednostek, które miały świadczyć o braku zależności plonów i nawożenia, należały jednostki o największej (równej 3) różnicy klas wartości (tab. 8). Najwięcej odpowiedzi przypadło na jednostki oznaczone na rycinie 36 numerami 19 i 24 (179 odpowiedzi). Jednostki te były łatwiejsze do zauważenia niż dwie pozostałe o tej samej różnicy klas wartości – oznaczone numerami 37 i 38. Na te jednostki przypadło 119 odpowiedzi. Odpowiedzi przypadające na cztery jednostki o najwyższej różnicy klas kartogramów, które były optymalnym rozwiązaniem tej części zadania, stanowią jednak mniej niż połowę wszystkich odpowiedzi. Wielu respondentów zaznaczało jednostki o niższych różnicach klas – 1 i 2 (tab. 8). Prawdopodobnie trudno było na podstawie wizualnego porównywania dwóch kartogramów odnaleźć jednostki o największych różnicach wartości, tym bardziej, że czas na rozwiązanie testu był ograniczony. Większość popełnionych błędów polegała więc na braku trafności odpowiedzi. Zdarzały się jednak przypadki, i to zarówno przy czytaniu kartogramów prostych jak i złożonych, zupełnie błędnego rozwiązania tej części zadania – nieliczna grupa uczestników uznała, że o słabej zależności świadczą jednostki o niskich wartościach obu przedstawionych na mapach zjawisk.



Ryc. 38. Odpowiedzi respondentów w zadaniu Zp3b
Students responses in task Zp3b

Lepsze rezultaty uzyskano dla kartogramu złożonego, mimo, że również tutaj poprawność odpowiedzi była niższa niż w pierwszej części zadania (wyniosła 83,57%). Respondenci udzielili 560 odpowiedzi, wybierając co najmniej raz 41 (spośród 56) jednostek kartogramu, czyli podobnie jak w pierwszej części zadania. Najczęściej prawidłowo wybierano jednostki z klas o największych różnicach wartości, a więc tych leżących w lewym górnym i prawym dolnym rogu legendy (o barwie czerwonej i niebieskiej, na rycinie 38 oznaczone numerami 2, 3, 35, 41) – na te jednostki przypadła ponad połowa wszystkich udzielonych odpowiedzi. Często jednak zdarzało się, że respondenci zaznaczali jednostki pochodzące tylko z jednej części legendy (powyżej lub poniżej przekątnej), a w związku z tym zamiast wybrać wszystkie cztery jednostki o najwyższych różnicach wartości, wybierali jednostki o mniejszych odchyleniach od przekątnej (różnica klas równa 1 – tab. 8). Błąd taki popełniło 45 osób. Taki wybór jednostek nie świadczy o zupełnie błędnej interpretacji mapy; może być on wynikiem nieuwagi lub niepełnego zrozumienia pojęcia zależności zjawisk.

STATYSTYCZNA ANALIZA WYNIKÓW ZADAŃ ZP1, ZP2, ZP3

Czytelność informacji o zależności zjawisk jest drugą zmienną zależną, badaną w eksperymencie. Statystyczna analiza wpływu kolejności rozwiązywania zadań oraz formy prezentacji kartograficznej na uzyskane wyniki przeprowadzona została w ten sam sposób, jak w przypadku wcześniej omówionej pierwszej zmiennej zależnej – czytelności informacji o rozmieszczeniu zjawisk.

Kolejność rozwiązywania zadań. Do oceny istotności różnic w wynikach uzyskanych od respondentów pracujących z daną formą prezentacji w pierwszej oraz w drugiej turze badań posłużono się tymi samymi dwoma testami nieparametrycznymi, które wykorzystano do analizy wcześniej omówionych zadań – testem chi-kwadrat oraz testem Manna-Whitneya. Aby wykorzystać test chi-kwadrat, wyniki uzyskane w każdym z zadań podzielono na dwie rozłączne kategorie. W przypadku dwóch pierwszych zadań Zp1 i Zp2 oraz w zadaniu Zp3a w przypadku kartogramu złożonego, w których to zadaniach duża część studentów udzielała bezbłędnie wszystkich odpowiedzi (uzyskiwała wskaźnik poprawności o wartości 100%), wszystkie wyniki zakwalifikowano do dwóch kategorii: wyników bezbłędnych (poprawność odpowiedzi =100%) oraz wyników nie w pełni poprawnych (poprawność odpowiedzi <100%). W pozostałych zadaniach – Zp3a w przypadku kartogramu prostego oraz Zp3b w przypadku obu form prezentacji – uzyskane wyniki były bardziej zróżnicowane. Podziału na dwie rozłączne kategorie dokonano za pomocą mediany, a następnie obliczone częstości w takich kategoriach porównano za pomocą

Tabela 9. Różnice poprawności odpowiedzi uzyskanych w dwóch turach badań w zadaniach polegających na czytaniu informacji o zależności zjawisk – wyniki testu chi-kwadrat

Zadanie	Poprawność odpowiedzi	Kartogram prosty					Kartogram złożony				
		liczebności		% odpowiedzi		test chi-kwadrat	liczebności		% odpowiedzi		test chi-kwadrat
		I tura	II tura	I tura	II tura		I tura	II tura	I tura	II tura	
Zp1	<100	50	47	79,4	79,7	p = 0,9677	4	4	6,9	7,3	p = 0,9379
	=100	13	12	20,6	20,3		54	51	93,1	92,7	
Zp2	<100	32	30	56,1	50,0	p = 0,5060	12	6	19,7	11,1	p = 0,2073
	=100	25	30	43,9	50,0		49	48	80,3	88,9	
Zp3a	mediana z obu tur = 85,7										
	<=mediany	50	37	82,0	61,7	**p = 0,0130***	4	0	6,4	0,0	p = 0,1540 (Y)
	> mediany	11	23	18,0	38,3		59	57	93,7	100,0	
Zp3b	mediana z obu tur = 85,7						mediana z obu tur = 78,9				
	<=mediany	38	40	61,3	67,8	p = 0,4548	33	21	61,1	38,9	**p = 0,0209***
	> mediany	24	19	38,7	32,2		21	33	38,9	61,1	

p – poziom istotności; Y – poprawka Yatcsa; * różnice statystycznie istotne na poziomie p<0,05

testu chi-kwadrat (tab. 9). Taki test nazywany jest testem median; weryfikowana jest w nim hipoteza mówiąca, że badane zmienne jakościowe są niezależne, co oznacza, że tyle samo pomiarów powinno się mieścić w odpowiadających sobie kategoriach zarówno powyżej, jak i poniżej mediany (Ferguson, Takane 2003). W przypadku małych liczebności w jednej z tych kategorii stosowano test chi-kwadrat z poprawką Yatesa [14]. Istotność różnic w wynikach uzyskanych w dwóch turach badań sprawdzono również testem Manna-Whitneya (tab. 10).

Żaden z zastosowanych testów nie wykrył statystycznie istotnych różnic w wynikach uzyskanych w dwóch turach badań w zadaniach Zp1 i Zp2, zarówno w przypadku kartogramu prostego jak i kartogramu złożonego. Oznacza to, że nie stwierdzono statystycznie istotnej zależności między kolejnością rozwiązywania zadań a czytelnością informacji o zależności zjawisk na szczegółowym i pośrednim poziomie percepcji. W przypadku tych dwóch zadań kolejność nie powinna więc mieć wpływu na uzyskane wyniki eksperymentu dla żadnej z badanych form prezentacji.

Inaczej jest w przypadku zadania Zp3 dotyczącego czytelności informacji o zależności zjawisk na ogólnym poziomie percepcji. Dla kartogramu prostego wykryto statystycznie istotne różnice w wynikach uzyskanych w dwóch turach badań w pierwszej części omawianego zadania (Zp3a), która polegała na wskazaniu jednostek świadczących o istnieniu zależności między przedstawionymi na mapach zjawiskami. Bardziej poprawne odpowiedzi uzyskane zostały w drugiej turze badań, gdy kartogram prosty interpretowany był jako druga z kolei forma prezentacji (świadczy o tym liczba wyników poniżej i powyżej mediany – tab. 9 oraz średnie rang – tab. 10). Statystyczną istotność tych różnic na poziomie $p<0,0131$ wykazał test chi-kwadrat (w teście Manna-Whitneya stwierdzono różnice na wyższym poziomie istotności $p<0,12$). Należy więc przyjąć, że w przypadku kartogramów prostych kolejność miała wpływ na poprawność odpowiedzi udzielanych w pierwszej części zadania Zp3, a tym samym, że wpływa ona na czytelność informacji o zależności zjawisk na ogólnym poziomie percepcji. O tym, że respondenci w sposób bardziej poprawny interpretowali zależność zjawisk na kartogramach prostych w drugiej turze badań, prawdopodobnie zadecydowało doświadczenie zdobyte w trakcie pierwszej części eksperymentu.

W przypadku kartogramu prostego nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic w wynikach dwóch tur badań w drugiej części zadania Zp3, a więc wtedy, gdy zadaniem respondentów było wskazanie takich jednostek, które świadczą o braku zależności między przedstawianymi na mapach

[14] Poprawkę tę wprowadzano, gdy najmniejsza z liczebności oczekiwanych była <5.

Tabela 10. Różnice poprawności odpowiedzi uzyskanych w dwóch turach badań w zadaniach polegających na czytaniu informacji o zależności zjawisk – wyniki testu Manna-Whitneya

Zadanie	Kartogram prosty				Kartogram złożony			
	Srednia rang		N	Test Manna-Whitneya	Średnia rang		N	Test Manna-Whitneya
	I tura	II tura			I tura	II tura		
Zp1	61,63	61,36	122	p = 0,9505	57,03	56,96	113	p = 0,9783
Zp2	59,23	58,78	117	p = 0,9386	55,52	60,80	115	p = 0,1807
Zp3a	56,53	65,54	121	**p = 0,1121**	58,69	62,50	120	**p = 0,0541**
Zp3b	59,77	62,30	121	p = 0,6882	47,53	61,47	108	**p = 0,0104***

N – liczebność próby; p – poziom istotności; * różnice statystycznie istotne na poziomie p<0,05; pogrubioną czcionką oznaczono różnice istotne na poziomie p<0,15

Tabela 11. Różnice poprawności odpowiedzi uzyskanych dla kartogramu prostego (KP) i złożonego (KZ) w zadaniach polegających na czytaniu informacji o zależności zjawisk

Zadanie	Srednia rang		N	Test Wilcoxona	Srednia		N1	N2	Test Kołmogorowa-Smirnowa
	KP	KZ			KP	KZ			
Zp1	110,45	126,15	110	p = **0,0222***	94,92	97,88	122	113	p > 0,10
Zp2	98,88	134,43	106	**p = 0,0001***	86,29	94,83	117	115	**p < 0,001****
Zp3a	74,56	167,83	113	**p < 0,0001***	87,74	99,01	121	120	**p < 0,001****
Zp3b	106,55	124,46	101	p = **0,1451**	78,08	83,57	121	108	p < **0,001****

N – liczebność próby; p – poziom istotności; różnice statystycznie istotne: * na poziomie p<0,05; ** na poziomie p<0,01; pogrubioną czcionką oznaczono różnice istotne na poziomie p<0,15

zjawiskami. W tej części zadania Zp3 kolejność nie powinna mieć wpływu na uzyskane w eksperymencie wyniki.

W przypadku kartogramu złożonego w obu częściach zadania Zp3 uzyskano wyższą poprawność odpowiedzi w drugiej turze badań, gdy kartogram złożony interpretowany był jako druga z kolei forma prezentacji. W zadaniu Zp3a różnice te są istotne na poziomie $p<0,0541$, a więc na granicy istotności statystycznej (test Manna-Whitneya – tab. 10). W zadaniu Zp3b oba zastosowane testy wykazały istnienie różnic statystycznie istotnych. Należy więc przyjąć, że kolejność miała wpływ na poprawność odpowiedzi udzielanych na podstawie kartogramu złożonego w tej części zadania Zp3. Podobnie więc, jak w przypadku kartogramu prostego, prawdopodobnie doświadczenie zdobyte w trakcie rozwiązywania zadań w pierwszej turze badań spowodowało, że respondenci poprawniej interpretowali zależność zjawisk na ogólnym poziomie percepcji w drugiej turze badań.

Forma prezentacji kartograficznej. Drugim etapem analizy wyników uzyskanych w zadaniach polegających na czytaniu informacji o zależności zjawisk było sprawdzenie, czy istnieje wpływ formy prezentacji kartograficznej na czytelność informacji o zależności zjawisk. Do oceny, czy w powyższych zadaniach poprawność odpowiedzi respondentów udzielonych na podstawie kartogramów prostych jest istotnie różna od poprawności odpowiedzi respondentów udzielonych na podstawie kartogramu złożonego, posłużono się dwoma testami – testem kolejności par Wilcoxona oraz testem Kołmogorowa-Smirnowa (tab. 11). W tabeli tej podane są również wartości średnich rang oraz średnich poprawności odpowiedzi (na ich podstawie można ocenić, dla której formy prezentacji uzyskano wyższą poprawność odpowiedzi).

Ponieważ stwierdzono, że kolejność miała wpływ na poprawność udzielanych przez respondentów odpowiedzi w jednym z zadań polegających na czytaniu ogólnej informacji o zależności zjawisk, przeprowadzono również analizę wyników uzyskanych dla obu form prezentacji w przypadku każdej z kolejności rozwiązywania zadań – KP/KZ oraz KZ/KP. Istotność badanych różnic sprawdzono tymi samymi dwoma testami (tab. 12).

Zadanie Zp1 polegało na czytaniu zależności zjawisk i dotyczyło szczegółowego poziomu percepcji. W zadaniu tym statystyczną istotność różnic wyników uzyskanych na podstawie kartogramu prostego i złożonego wykazał test kolejności par Wilcoxona. Poprawność uzyskanych odpowiedzi jest więc zależna od formy prezentacji kartograficznej. Różnice te są istotne na poziomie $p<0,0223$. Na tej podstawie można twierdzić, że istnieje wpływ formy prezentacji kartograficznej na czytelność informacji o zależności zjawisk na szczegółowym poziomie percepcji. Jednocześnie w zadaniu tym większą po-

prawnością charakteryzują się odpowiedzi respondentów udzielane na podstawie kartogramu złożonego. W przypadku tej formy prezentacji szczegółowa informacja o zależności zjawisk jest więc lepiej czytelna.

Wyniki uzyskane na podstawie kartogramu złożonego charakteryzują się wyższymi wartościami zarówno wtedy, gdy ta forma prezentacji interpretowana była przez respondentów jako pierwsza (kolejność KZ/KP), jak i wtedy, gdy była interpretowana jako druga (kolejność KP/KZ), (tab. 12). Gdy każdą z kolejności analizuje się niezależnie, różnice te nie są istotne statystycznie. Nie wykazał ich żaden z zastosowanych testów (tab. 12). Można to wytłumaczyć w ten sposób, że wówczas, gdy przeprowadzono oddzielną analizę dla każdej kolejności, porównywane próby były zbyt małe (w teście Wilcoxona N=54 i N=56), aby potwierdzić statystyczną istotność różnic. Nie przeszkadza to jednak przyjąć twierdzenia, że poprawność odpowiedzi zależy od formy prezentacji kartograficznej, ponieważ różnice statystycznie istotne można wykryć, jeżeli porównywane próby są większe – tak jak wtedy, gdy obie kolejności rozpatrywane były łącznie (w teście Wilcoxona N=110).

Warto również zwrócić uwagę na to, że różnice w wynikach uzyskanych dla kartogramu prostego i złożonego są większe, gdy kartogram złożony czytany był jako druga forma prezentacji. Widoczne jest to w wynikach testu Wilcoxona – w przypadku kolejności KP/KZ różnice te są na granicy istotności ($p<0,0597$); w przypadku kolejności odwrotnej test nie wykazał różnic istotnych.

W zadaniu Zp2, które polegało na czytaniu zależności zjawisk i dotyczyło pośredniego poziomu percepcji, wyższymi wartościami charakteryzują się również wyniki uzyskane dla kartogramu złożonego. Zarówno test kolejności par Wilcoxona jak i test Kołmogorowa-Smirnowa wykazały, że różnice te są istotne statystycznie na poziomie $p<0,001$ (tab. 11). Oznacza to, że forma prezentacji kartograficznej ma wpływ na czytelność informacji o zależności zjawisk na pośrednim poziomie percepcji. Ponieważ wyższą poprawnością charakteryzują się odpowiedzi udzielane na podstawie kartogramu złożonego, można również przyjąć, że ta forma prezentacji umożliwia czytelnikowi bardziej poprawną ocenę zależności zjawisk.

Wyniki uzyskane w tym zadaniu na podstawie kartogramu złożonego charakteryzują się wyższymi wartościami zarówno w kolejności KP/KZ jak i KZ/KP. Oba zastosowane testy wykazały, że różnice te są istotne statystycznie w przypadku każdej z tych kolejności na poziomie $p<0,01$. Można więc twierdzić, że forma prezentacji wpływa na czytelność informacji o zależności na pośrednim poziomie szczegółowości niezależnie od kolejności, w jakiej czytane były mapy. Jednocześnie w każdej z tych kolejności kartogram złożony okazał się lepiej czytelną formą prezentacji.

Zadanie Zp3 dotyczyło czytania ogólnej informacji o zależności zjawisk. W pierwszej części zadania – Zp3a, która polegała na wskazaniu jednostek odniesienia kartogramu świadczących o istnieniu zależności między przedstawionymi na mapach zjawiskami, wyższymi wartościami charakteryzują się wyniki uzyskane na podstawie kartogramu złożonego. Zarówno test Wilcoxona jak i test Kołmogorowa-Smirnowa wykazały, że różnice te są istotne statystycznie na poziomie $p<0,001$ (tab. 11). Oznacza to, że w tej części zadania poprawność odpowiedzi zależna była od formy prezentacji, którą interpretowali respondenci. Wyniki uzyskane na podstawie kartogramu złożonego charakteryzują się wyższą poprawnością również w każdej z dwóch kolejności rozwiązywania zadań – zarówno w kolejności KP/KZ jak i KZ/KP, a różnice te są istotne statystycznie na poziomie $p<0,001$ (tab. 12). W przypadku tej części zadania Zp3 stwierdzono więc wpływ formy prezentacji kartograficznej na czytelność informacji o zależności zjawisk; związek ten istnieje niezależnie od tego, w jakiej kolejności czytane są obie badane formy prezentacji. Zarówno wówczas, gdy kartogram złożony czytany jest jako pierwsza forma prezentacji jak i wówczas, gdy czytany jest jako druga forma prezentacji, umożliwia on czytelnikowi bardziej poprawną ocenę, czy przedstawione na mapie zjawiska są od siebie zależne.

Interpretacja wyników drugiej części omawianego zadania – Zp3b – nie jest tak jednoznaczna. Ta część zadania Zp3 polegała na wskazaniu takich jednostek kartogramu, które świadczą o tym, że nie ma zależności między przedstawionymi zjawiskami. Jeżeli obie kolejności rozwiązywania zadań rozpatruje się łącznie, wyższymi wartościami charakteryzują się wyniki uzyskane dla kartogramu złożonego, a jeden z zastosowanych testów (test Kołmogorowa-Smirnowa) wykazał statystyczną istotność tych różnic na poziomie $p<0,001$ (tab. 11). Należałoby więc przyjąć, że forma prezentacji kartograficznej wpływa na czytelność tego rodzaju informacji. Wnioski te nie są jednak tak oczywiste, jeżeli rozpatruje się niezależnie wyniki uzyskane w każdej z kolejności KP/KZ i KZ/KP. Warto przypomnieć, że wyniki uzyskane dla kartogramu złożonego w dwóch turach badań różnią się w sposób istotny (różnice statystycznie istotne na poziomie $p<0,0105$ wykazał test Manna-Whitneya, tab. 10) i że wyższą poprawnością charakteryzują się odpowiedzi respondentów udzielane w drugiej turze badań, a więc wtedy, gdy kartogram złożony był drugą spośród interpretowanych form prezentacji. Zależności między kolejnością rozwiązywania zadań a poprawnością odpowiedzi w zadaniu Zp3b nie stwierdzono natomiast w przypadku kartogramu prostego.

Ten wpływ kolejności rozwiązywania zadań na różnice w wynikach uzyskanych dla kartogramu prostego i złożonego jest widoczny, gdy wyniki obu kolejności rozpatruje się niezależnie (tab. 12). W przypadku kolejności

Tabela 12. Różnice poprawności odpowiedzi uzyskanych dla kartogramu prostego (KP) i złożonego (KZ) w zadaniach Zp1, Zp2 i Zp3, w zależności od kolejności rozwiązywania zadań

Zadanie	Średnia rang		N	Test Wilcoxona	Srednia		N1	N2	Test Kołmogorowa--Smirnowa
	KP	KZ			KP	KZ			
KP/KZ									
Zp1	55,76	63,78	54	**p = 0,0597**	95,24	98,55	63	55	p > 0,10
Zp2	46,91	65,59	47	**p = 0,0012****	84,28	97,43	57	54	**p < 0,01****
Zp3a	34,74	86,00	53	**p < 0,0001****	86,64	100,00	61	57	**p < 0,001****
Zp3b	49,52	68,81	51	**p = 0,0048****	77,04	90,13	62	54	**p < 0,005****
KZ/KP									
Zp1	55,20	62,86	56	p = 0,1852	94,58	97,24	59	58	p > 0,10
Zp2	52,67	69,20	59	**p = 0,0188***	88,20	92,53	60	61	**p < 0,01****
Zp3a	40,61	82,37	60	**p < 0,0001****	88,86	98,11	60	63	**p < 0,001****
Zp3b	58,24	55,65	50	p = 0,4551	79,17	77,01	59	54	**p < 0,005****

N – liczebność próby; p – poziom istotności; różnice statystycznie istotne: * na poziomie p<0,05; ** na poziomie p<0,01; pogrubioną czcionką oznaczono różnice istotne na poziomie p<0,15; KP/KZ – kolejność rozwiązywania zadań

KP/KZ, a więc, gdy kartogram złożony czytany był jako druga forma prezentacji, wyższymi wartościami charakteryzują się wyniki uzyskane na podstawie kartogramu złożonego. W przypadku kolejności odwrotnej (KZ/KP), gdy kartogram złożony interpretowany był jako pierwsza z dwóch form prezentacji, nieco większą poprawność odpowiedzi uzyskano dla kartogramów prostych. Oba testy, które zastosowano do porównania wyników kartogramów prostych i kartogramu złożonego wykazały, że w przypadku kolejności KP/KZ różnice są istotne statystycznie na poziomie $p<0,01$. Można więc twierdzić, że nie powstały one przypadkowo i że kartogram złożony umożliwia poprawniejszą interpretację zależności zjawisk, jeżeli interpretowany jest jako druga forma prezentacji. Test Wilcoxona nie wykazał natomiast różnic statystycznie istotnych w przypadku kolejności KZ/KP, czyli wtedy, gdy kartogram złożony był pierwszą spośród czytanych form prezentacji, a kartogram prosty – drugą. Istotność tych różnic na poziomie $p<0,01$ stwierdzono jednak w teście Kołmogorowa-Smirnowa, a wyższymi wartościami w przypadku tej kolejności charakteryzują się wyniki dla kartogramów prostych. Należy więc przyjąć, że również kartogram prosty, tak samo jak kartogram złożony, umożliwia poprawniejszą interpretację zależności zjawisk, gdy jest czytany jako druga forma prezentacji. Zależność ta jest więc odwrotna niż w kolejności KP/KZ. Wyniki te mogą świadczyć o tym, że w przypadku zadania Zp3b na poprawność uzyskanych odpowiedzi wpływała raczej kolejność rozwiązywania zadań, a nie forma prezentacji. Oznaczałoby to, że po pierwszej turze badań respondenci nabrali doświadczenia w czytaniu kartogramów lub nabyli umiejętność interpretowania zależności zjawisk i dlatego uzyskiwali lepsze wyniki dla tej formy prezentacji, którą interpretowali w drugiej turze badań.

Aby wyjaśnić, jaki wpływ na poprawność odpowiedzi w tej części zadania Zp3b miała rzeczywiście forma prezentacji, porównano dodatkowo wyniki uzyskane dla kartogramu prostego i kartogramu złożonego osobno w każdej turze badań. Porównanie to nie dotyczyło więc par wyników uzyskanych od tych samych osób w dwóch turach badań, tak jak w poprzedniej analizie; tym razem porównano wyniki uzyskane przez różne osoby, ale w tej samej turze badań. Tak dobrane próby są więc próbami niezależnymi, dlatego do sprawdzenia istotności różnic posłużono się testem Manna-Whitneya, a dodatkowo sprawdzono je również testem Kołmogorowa-Smirnowa (tab. 13). Żaden z zastosowanych testów nie wykrył różnic statystycznie istotnych w wynikach uzyskanych na podstawie kartogramów prostych i kartogramu złożonego w pierwszej turze badań. Nie stwierdzono więc wpływu formy prezentacji na czytelność informacji o zależnościach na ogólnym poziomie percepcji wtedy, gdy respondenci interpretowali każdą z tych form prezentacji jako pierwszą, a więc nie mieli jeszcze żadnego doświadczenia w czytaniu tych map i inter-

Tabela 13. Różnice poprawności odpowiedzi uzyskanych dla kartogramu prostego (KP) i złożonego (KZ) w zadaniu Zp3b w każdej z dwóch tur badań

Tura	Srednia rang		N1	N2	Test Manna--Whitneya	Srednia		N1	N2	Test Kołmogorowa--Smirnowa
	KP	KZ				KP	KZ			
I	57,5	59,7	62	54	p = 0,7176	77,04	77,01	62	54	**p < 0,10**
II	49,0	65,8	59	54	**p = 0,0049****	79,17	90,13	59	54	**p < 0,001****

N – liczebność próby; p – poziom istotności; ** różnice statystycznie istotne na poziomie p<0,01; pogrubioną czcionką oznaczono różnice istotne na poziomie p<0,15

pretowaniu zależności. Związek taki istnieje natomiast w przypadku wyników uzyskanych w drugiej turze badań. Wyższą poprawnością charakteryzują się wyniki uzyskane na podstawie kartogramu złożonego. Oba zastosowane testy wykazały statystyczną istotność tych różnic na poziomie $p<0,01$. W drugiej turze badań kartogram złożony okazał się więc lepiej czytelną formą prezentacji. Warto przypomnieć również, że różnice w poprawności odpowiedzi dla kartogramu prostego i złożonego w drugiej turze badań (a także w kolejności KP/KZ) były na tyle duże, że w przypadku, gdy analizowano wyniki obu tur badań jednocześnie, również stwierdzono różnice statystycznie istotne, a odpowiedzi dla kartogramu złożonego charakteryzowały się wyższą poprawnością, mimo że w przypadku kolejności KZ/KP zależność ta była odwrotna.

Wyniki zadania Zp3b można zinterpretować w ten sposób, że na poprawność udzielanych odpowiedzi oddziaływały tu oba czynniki eksperymentalne – zarówno kolejność rozwiązywania zadań jak i forma prezentacji kartograficznej. Dopiero w wyniku ich łącznego wpływu wystąpiły różnice w poprawności odpowiedzi uzyskanych na podstawie kartogramu prostego i złożonego. Dlatego też kartogram złożony był lepiej czytelną formą prezentacji tylko w drugiej turze eksperymentu. Można zatem przyjąć, że w przypadku tej części zadania Zp3 (a więc wtedy, gdy chodziło o stwierdzenie braku związku między zjawiskami przedstawionymi na mapie) forma prezentacji ma wpływ na czytelność ogólnej informacji o zależności zjawisk, ale tylko wtedy, gdy czytelnicy mają pewne doświadczenie w czytaniu map lub nauczyli się interpretować na mapie zależności zjawisk. Nie stwierdzono natomiast wpływu formy prezentacji na czytelność tej informacji wtedy, gdy czytelnicy map nie posiadają takich umiejętności.

Podsumowanie. W odniesieniu do pierwszej z hipotez badawczych, dotyczącej czytelności informacji o rozmieszczeniu zjawisk, statystycznie istotne różnice w poprawności odpowiedzi udzielanych na podstawie kartogramów prostych i złożonych stwierdzono tylko w przypadku jednego zadania, które polegało na czytaniu informacji na ogólnym poziomie percepcji. Różnice poprawności odpowiedzi w dwóch pozostałych zadaniach, polegających na czytaniu informacji na szczegółowym i pośrednim poziomie percepcji, nie są statystycznie istotne. Forma prezentacji kartograficznej wpływa wiec na czytelność tylko ogólnej informacji o rozmieszczeniu zjawisk. Kartogram prosty jest tym sposobem prezentacji, który stwarza czytelnikowi możliwość bardziej poprawnej interpretacji ogólnej informacji o rozmieszczeniu przedstawionych zjawisk.

W przypadku drugiej części eksperymentu, której celem było sprawdzenie hipotezy dotyczącej czytelności informacji o zależności zjawisk, statystycznie istotne różnice w poprawności odpowiedzi udzielanych na podstawie kar-

togramów prostych i złożonych, stwierdzono we wszystkich trzech zadaniach. Forma prezentacji kartograficznej wpływa na czytelność informacji o zależności na każdym z trzech poziomów percepcji – szczegółowym, pośrednim i ogólnym, a kartogram złożony umożliwia bardziej poprawną interpretację informacji o zależności zjawisk. Wyjątkiem od tej reguły jest przypadek percepcji na poziomie ogólnym, gdy zadaniem czytelników jest stwierdzenie braku związku między zjawiskami przedstawionymi na mapie. Kartogram złożony jest czytelniejszą formą prezentacji tylko wtedy, gdy czytelnik posiada pewne doświadczenie w czytaniu map i potrafi interpretować zależności zjawisk.

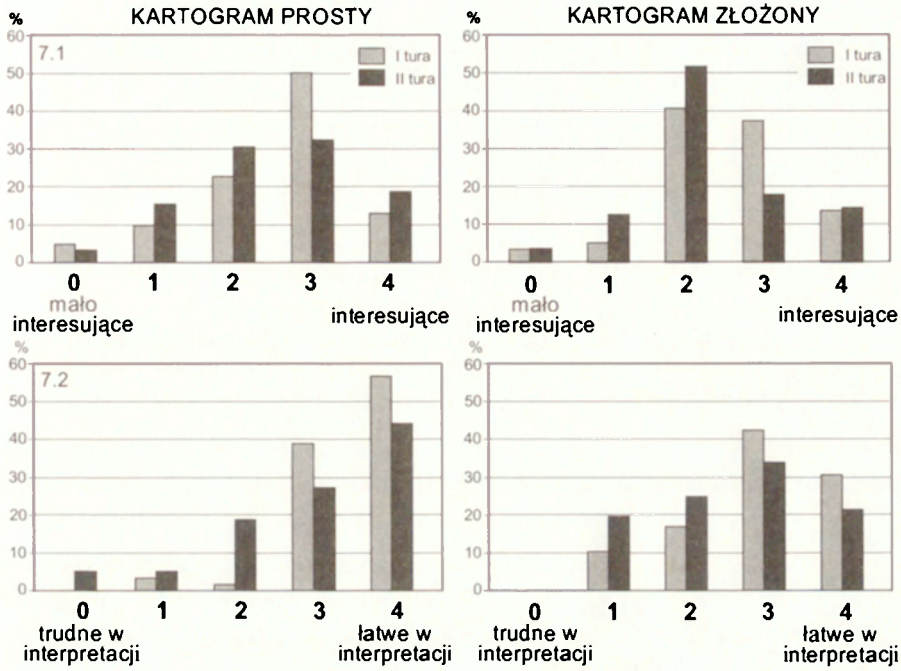
6.9.2. WYNIKI ANKIETY DOTYCZĄCEJ MAP

W ankiecie, która stanowiła III część kwestionariusza badawczego (zał. 1, 2), respondenci wyrażali swoje opinie na temat map, na podstawie których rozwiązywali zadania testowe. Na opinie wyrażone przez respondentów mogły mieć wpływ, podobnie jak w testowej części eksperymentu, zarówno forma prezentacji kartograficznej jak i kolejność, w której rozwiązywali oni zadania dotyczące obu form prezentacji.

Pytania 7.1, 7.2. Pierwsze dwa kryteria, pod względem których uczestnicy badań oceniali mapy, dotyczyły ogólnej opinii na temat map. Respondenci oceniali tu, czy mapy, z którymi pracowali w części testowej eksperymentu, wydały im się mało interesujące lub interesujące oraz trudne w interpretacji bądź łatwe w interpretacji (ryc. 39; zał. 6). Większość respondentów w obu turach badań oceniła obie formy prezentacji jako średnio interesujące lub interesujące, niewiele natomiast było ocen zdecydowanie negatywnych. Niskie oceny (0 i 1) stanowiły od 8 do 19% (zależnie od formy prezentacji i tury badań) wszystkich udzielonych odpowiedzi. Kartogram prosty w obu turach badań oceniony został jako interesujący lub raczej interesujący (oceny 3 i 4, a więc wyższe od średnich) przez ponad połowę respondentów (57%); takie oceny dla kartogramu złożonego przyznało nieco ponad 40% studentów. Kartogram złożony najczęściej oceniany był jako średnio interesujący (46% badanych); takie oceny były rzadsze w przypadku kartogramu prostego (26%).

Większe różnice w ocenie obu form prezentacji wystąpiły w drugim z omawianych kryteriów. Zdecydowanie częściej jako łatwy lub raczej łatwy w interpretacji oceniany był kartogram prosty – oceny 3 lub 4 przyznało 84% respondentów. Kartogramowi złożonemu oceny wyższe od średnich przyznało 64% badanych. Warto również zauważyć, że w przypadku obu form prezentacji pozytywne oceny były liczniejsze w pierwszej niż w drugiej turze badań. Niewiele osób oceniło mapy jako trudne lub raczej trudne w interpretacji, częściej zdarzało się to w przypadku kartogramu złożonego (15% respondentów) niż kartogramu prostego (7% respondentów).

Mapy oceniam jako:



Ryc. 39. Opinie respondentów na temat map – pytania 7.1, 7.2

Students judgments on one-variable and two-variable choropleth maps – questions 7.1, 7.2

Aby sprawdzić, czy istniała zależność między kolejnością rozwiązywania zadań na podstawie obu form prezentacji a opinią respondentów na temat map, wyniki uzyskane w obu turach badań porównane zostały za pomocą testu chi-kwadrat (χ^2). Test ten umożliwia ocenę istotności różnic dla prób wtedy, gdy dane wyrażone są w postaci częstości występowania, a każda próba podzielona jest na rozłączne kategorie. Osobno przeanalizowano wyniki uzyskane dla kartogramu prostego i kartogramu złożonego. Wyniki testu chi-kwadrat dla opinii respondentów wyrażonych w dwóch turach badań dla wszystkich pytań ankiety zawiera tabela 14. W przypadku pytań 7.1 i 7.2 test ten nie wykazał statystycznie istotnych różnic w ocenach zebranych w obu turach badań dla kartogramu złożonego. W przypadku kartogramu prostego istnieją natomiast statystycznie istotne różnice pomiędzy ocenami zebranymi w pierwszej i drugiej turze badań w drugim pytaniu 7.2 (ocena, czy mapy są trudne czy łatwe w interpretacji). Różnice te są istotne na poziomie $p<0,01$. Można więc uznać, że kolejność ma wpływ na ocenę kartogramu prostego pod względem trudności interpretacji. Ponieważ w drugiej turze badań mniej było zdecydowanie pozytywnych ocen kartogramu prostego, a więcej ocen średnich i niskich, oznacza to, że w drugiej turze ta metoda prezentacji oceniona została jako trudniejsza w interpretacji niż w pierwszej turze badań. Nie stwierdzono nato-

Tabela 14. Wyniki testu chi-kwadrat badającego różnice opinii respondentów wyrażonych w dwóch turach badań

Pytanie	Test chi-kwadrat	
	KP	KZ
7.1	p = 0,3329	p = 0,1649
7.2	**p = 0,0061****	p = 0,2530
7.3	p = 0,7735	**p = 0,0497***
7.4	p = 0,5133	p = 0,5712
7.5	**p = 0,1187**	p = 0,6728
7.6	**p = 0,0030****	**p = 0,0975**
8	p = 0,6833	**p = 0,0002****

p – poziom istotności; różnice statystycznie istotne: * na poziomie p<0,05; ** na poziomie p<0,01; pogrubioną czcionką oznaczono różnice istotne na poziomie p<0,15

miast statystycznie istotnego związku między kolejnością i opinią wyrażoną przez studentów na temat kartogramów złożonych, a także kolejnością i oceną kartogramu prostego pod względem pierwszego z rozpatrywanych pytań (7.1).

Wyniki oceny dwóch badanych form prezentacji – kartogramu prostego i kartogramu złożonego – porównywano innym testem statystycznym. Wykorzystano tu test znaków, który jest testem nieparametrycznym, przeznaczonym do porównywania dwóch prób zależnych. Opiera się on na porównaniu ze sobą par pomiarów, przy czym do obliczenia statystyki testu wykorzystuje się tylko znak różnicy między parami pomiarów, a nie wielkość tej różnicy. W związku z tym test ten można stosować wtedy, gdy dane mierzone są na porządkowej skali pomiaru (tak jak oceny, które wyrażali studenci); nie jest konieczne, aby miały one charakter ilościowy. W teście znaków badana jest hipoteza, która mówi, że dwie badane zmienne nie różnią się między sobą. Przy założeniu hipotezy zerowej oczekuje się, że połowa różnic par pomiarów będzie miała wartość dodatnią, a połowa ujemną. Hipotezę tę można odrzucić wtedy, gdy liczba różnic dodatnich i ujemnych znacznie się różni (Ferguson, Takane 2003). W celu potwierdzenia wyników testu znaku, opinie respondentów na temat obu form prezentacji porównano również za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa.

Średnie rang policzone na podstawie ocen kartogramu prostego i kartogramu złożonego, wyniki testu znaków oraz testu Kołmogorowa-Smirnowa zawiera tabela 15. Na podstawie średnich z rang oraz kolumny v<V widać, że w przypadku obu pytań 7.1 i 7.2 ocena kartogramu prostego charakteryzuje się wyższymi wartościami niż ocena kartogramu złożonego. Żaden z testów nie wykazał różnic statystycznie istotnych w przypadku pierwszego pytania (7.1). Wyniki obu testów wskazują natomiast, że różnice w opiniach wyrażone w drugim z pytań (7.2) są statystycznie istotne na poziomie p<0,01. Obie

formy prezentacji różnią się więc, zgodnie z opinią respondentów, pod względem trudności interpretacji.

Warto jednak przyjrzeć się również wynikom podobnej analizy przeprowadzonej niezależnie dla dwóch kolejności rozwiązywania zadań na podstawie obu form prezentacji. Wyniki testu znaków i testu Kołmogorowa-Smirnowa zawiera tabela 16. W pierwszym kryterium oceny (mapy mało interesujące lub interesujące), kartogram prosty uzyskał wyższe oceny wtedy, gdy czytany był jako pierwsza forma prezentacji (kolejność KP/KZ), a statystyczną istotność tych różnic wykazały oba zastosowane testy. W przypadku, gdy kartogram prosty czytany był jako drugi, uzyskał niższe oceny od kartogramu złożonego, różnice te są jednak niewielkie i nieistotne statystycznie. Trzeba więc przyjąć, że kolejność rozwiązywania zadań miała wpływ na opinie wyrażone przez respondentów, mimo że nie stwierdzono różnic statystycznie istotnych między wynikami obu tur badań (test chi-kwadrat, tab. 14).

W podobny sposób ocenione zostały obie formy prezentacji w przypadku pytania 7.2 (mapy trudne lub łatwe w interpretacji). Kartogram prosty uzyskał wyższe oceny tylko wtedy, gdy był czytany jako pierwszy i te różnice są istotne statystycznie. W przypadku kolejności odwrotnej (kartogram złożony czytany jako pierwszy) różnice te nie są istotne statystycznie, a więc opinie respondentów na temat obu form prezentacji były podobne. Warto przypomnieć, że w tym pytaniu stwierdzono statystycznie istotną zależność między oceną kartogramu prostego i kolejnością rozwiązywania zadań – kartogram prosty w drugiej turze oceniony został mniej pozytywnie niż w pierwszej. Ta zależność spowodowała, że różnice opinii o kartogramie prostym i złożonym pochodzące od osób, które rozwiązywały zadania w kolejności KZ/KP, nie okazały się istotne statystycznie.

Odpowiedzi na oba powyższe pytania ankiety można zinterpretować w ten sposób, że na opinie studentów miały jednocześnie wpływ oba czynniki – zarówno kolejność jak i forma prezentacji. Warto również zauważyć, że kartogram prosty oceniony został jako bardziej interesujący i łatwiejszy w interpretacji tylko przez tych studentów, którzy z tymi mapami pracowali w pierwszej turze badań. Wyrażając swoje opinie o kartogramie prostym, osoby te nie miały więc jeszcze porównania z kartogramem złożonym. Kartogram prosty uzyskał tak pozytywne oceny prawdopodobnie dlatego, że studenci nie zdawali sobie jeszcze sprawy, że niektóre informacje mogą być łatwiejsze w interpretacji na podstawie kartogramu złożonego. Ci uczestnicy badań natomiast, którzy mogli porównać obie formy prezentacji, ocenili kartogram prosty podobnie jak kartogram złożony – obie formy prezentacji wydały im się tak samo interesujące i podobne pod względem trudności interpretacji.

Tabela 15. Różnice opinii respondentów dotyczących kartogramu prostego (KP) i kartogramu złożonego (KZ)

Pytanie	Srednia rang		Test znaków			N1	N2	Test Kołmogorowa--Smirnowa
	KP	KZ	non-ties	v<V	p			
7.1	124,0	112,7	58	37,9	**p = 0,0878**	121	115	p > 0,10
7.2	135,5	100,6	76	31,6	**p = 0,002****	121	115	**p < 0,005****
7.3	80,9	158,0	88	93,2	**p < 0,0001****	121	115	**p < 0,001****
7.4	105,8	131,0	70	68,6	**p = 0,0028****	121	114	**p < 0,025***
7.5	131,5	104,8	70	30,0	**p = 0,0013****	121	115	**p < 0,025***
7.6	97,6	140,5	72	75,0	**p < 0,0001****	121	115	**p < 0,001****
8	test chi-kwadrat **p<0,0001****							

non-ties – liczba par pomiarów, których różnica jest różna od zera; v<V – % przypadków, w którym ocena kartogramu złożonego jest wyższa od oceny kartogramu prostego, p – poziom istotności; różnice statystycznie istotne: * na poziomie p<0,05; ** na poziomie p<0,01; pogrubioną czcionką oznaczono różnice istotne na poziomie p<0,15

Tabela 16. Różnice opinii respondentów dotyczących kartogramu prostego (KP) i kartogramu złożonego (KZ) w zależności od kolejności rozwiązywania zadań

Pytanie	Srednia rang		Test znaków			N1	N2	Test Kołmogorowa--Smirnowa
	KP	KZ	non-ties	V < V	p			
KP/KZ								
7.1	65,6	52,8	31	25,8	**p = 0,0119***	62	56	**p < 0,01****
7.2	73,5	43,9	39	12,8	**p < 0,0001****	62	56	**p < 0,001****
7.3	40,5	80,6	41	95,1	**p < 0,0001****	62	56	**p < 0,001****
7.4	54,0	64,7	35	68,6	**p = 0,0425***	62	55	p > 0,10
7.5	63,9	54,7	36	36,1	p = 0,1336	62	56	p > 0,10
7.6	49,0	71,1	37	78,4	**p = 0,0010****	62	56	**p < 0,01****
8	test chi-kwadrat **p < 0,0001****							
KZ/KP								
7.1	58,9	60,1	27	51,9	p = 1	59	59	p > 0,10
7.2	62,0	57,0	37	51,4	p = 1	59	59	p > 0,10
7.3	41,1	77,9	47	91,5	**p < 0,0001****	59	59	**p < 0,001****
7.4	52,3	66,7	35	68,6	**p = 0,0425***	59	59	p > 0,10
7.5	68,4	50,6	34	23,5	**p = 0,0036****	59	59	**p < 0,005****
7.6	48,0	71,0	35	71,4	**p = 0,0180***	59	59	**p < 0,01****
8	test chi-kwadrat **p < 0,0001****							

non-ties – liczba par pomiarów, których różnica jest różna od zera; v<V – % przypadków, w którym ocena kartogramu złożonego jest wyższa od oceny kartogramu prostego; N – liczebność próby; p – poziom istotności; różnice statystycznie istotne: * na poziomie p<0,05; ** na poziomie p<0,01

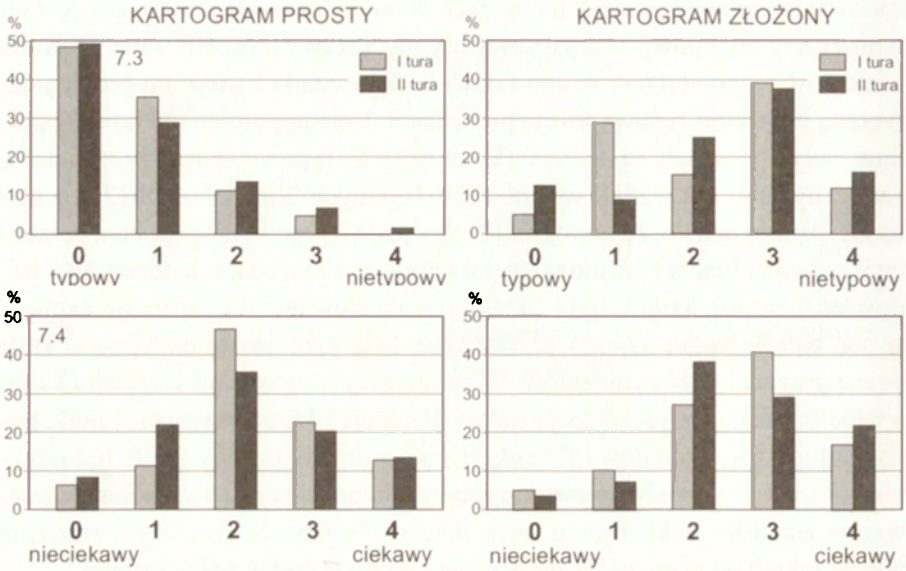
Pytania 7.3, 7.4. Kolejne dwa pytania ankiety dotyczyły opinii na temat sposobu prezentacji zjawisk na mapach. Respondenci oceniali tu, czy jest on typowy czy nietypowy oraz ciekawy czy nieciekawy (ryc. 40). Zdecydowana większość respondentów w obu turach badań oceniła kartogram prosty jako typową lub raczej typową formę prezentacji. Prawie połowa (49%) uczestników badań przyznała tu ocenę 0 (która oznacza typowy sposób prezentacji), zaś oceny 0 lub 1 przyznało w sumie 81% badanych. Niewiele osób (7% w obu turach badań) uznało, że kartogram prosty jest nietypowym sposobem prezentacji zjawisk. Inaczej oceniony został kartogram złożony, a jednocześnie odpowiedzi respondentów były bardziej zróżnicowane. Ta forma prezentacji w obu turach badań najczęściej oceniana była jako raczej nietypowa. Taką ocenę przyznało 38% studentów. W sumie oceny wyższe od średnich (3 i 4), a więc oznaczające prezentację raczej nietypową i nietypową, przyznała ponad połowa respondentów (52% uczestników obu tur badań). Sporo było również osób, które uznały, że jest to typowy lub raczej typowy sposób przedstawiania zjawisk – takie opinie wyraziło 28% badanych, przy czym znacznie więcej takich ocen pojawiło się w pierwszej turze badań niż w drugiej.

Różnice w ocenie dwóch badanych form prezentacji wystąpiły również w pytaniu 7.4. Kartogram prosty najczęściej oceniany był jako średnio ciekawy (41% respondentów). 35% uczestników badań uznało, że jest to raczej ciekawy lub ciekawy sposób prezentacji, a 24% osób – raczej nieciekawy lub nieciekawy. Bardziej pozytywne oceny zebrano dla kartogramu złożonego – dwie najczęściej wyrażane opinie to: raczej ciekawy sposób prezentacji (35% respondentów) oraz średnio ciekawy sposób prezentacji (32% respondentów). Więcej było ocen pozytywnych niż negatywnych. Ponad połowa uczestników badań (54%) uznała, że jest to ciekawy lub raczej ciekawy sposób przedstawienia zjawisk (oceny 3 i 4), a zaledwie 9% badanych wyraziła opinię, że ta forma prezentacji jest nieciekawa lub raczej nieciekawa (oceny 0 i 1).

Istotność różnic w ocenach uzyskanych w obu turach badań sprawdzono za pomocą testu chi-kwadrat (tab. 14). Różnice statystycznie istotne stwierdzono tylko w przypadku kartogramu złożonego w pytaniu 7.3. Kolejność rozwiązywania zadań miała więc wpływ na ocenę, czy kartogram złożony jest typowym czy nietypowym sposobem przedstawiania zjawisk. Został on oceniony jako bardziej nietypowy w drugiej turze badań. W przypadku pytania 7.3 dla kartogramu prostego i pytania 7.4 dla obu form prezentacji nie stwierdzono statystycznie istotnego związku między ocenami respondentów i kolejnością rozwiązywania zadań.

Zarówno w przypadku pytania 7.3, jak i 7.4 oceny kartogramu złożonego charakteryzują się wyższymi wartościami, a różnice te są istotne statystycznie na poziomie $p<0,001$ (tab. 15). Są one istotne również wówczas, gdy obie

Sposób przedstawienia zjawisk na mapach jest:



Ryc. 40. Opinie respondentów na temat sposobu przedstawienia zjawisk na mapach – pytania 7.3, 7.4

Students judgments on presentation methods – questions 7.3, 7.4

kolejności rozwiązywania zadań rozpatrywane są oddzielnie (tab. 16). Można więc przyjąć, że kartogram złożony oceniany jest jako bardziej nietypowy i jednocześnie ciekawszy sposób przedstawiania zjawisk. Różnice w ocenach są takie same w przypadku obu istniejących w eksperymencie kolejności rozwiązywania zadań. Ważny jest również wniosek, że wówczas, gdy kartogram złożony czytany był jako druga z form prezentacji, oceniany był jako bardziej nietypowy sposób przedstawiania zjawisk niż wtedy, gdy czytany był jako pierwszy. Wynika to prawdopodobnie z tego, że respondenci rozwiązujący zadania w kolejności KP/KZ w momencie, gdy wyrażali swoje opinie na temat kartogramu złożonego, mogli już porównać tę formę prezentacji z kartogramem prostym (z którym pracowali w poprzedniej turze badań). Na tym tle kartogram złożony wydał się im bardziej nietypowy niż tym osobom, które rozwiązywały zadania w odwrotnej kolejności, a więc nie miały możliwości porównania.

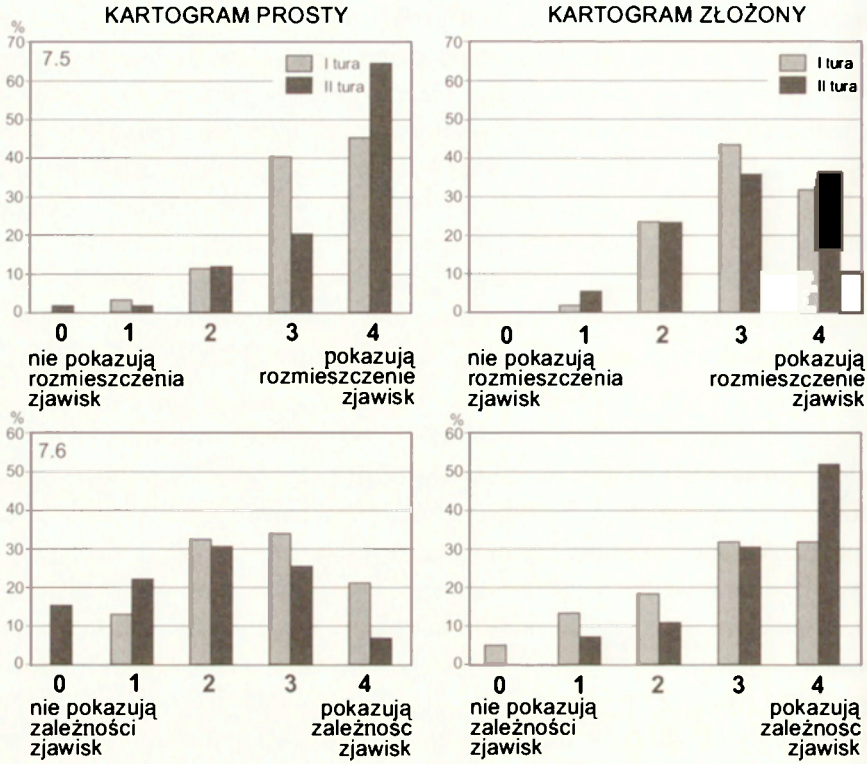
Pytania 7.5, 7.6. W kolejnych dwóch pytaniach ankiety respondenci oceniali, czy dana forma prezentacji pokazuje lub nie pokazuje dwóch rodzajów informacji – o rozmieszczeniu zjawisk oraz o ich zależności (ryc. 41). Zdecydowana większość respondentów nie miała wątpliwości, że kartogram prosty pokazuje rozmieszczenie zjawisk – w pytaniu 7.5 w przypadku tej formy prezentacji oceny 3 lub 4, w obu turach badań, przyznało 85% respondentów.

Ponad połowa studentów (54%) wybrała ocenę najwyższą (4). Ocen tych było znacznie więcej w drugiej turze badań (64% respondentów) niż w pierwszej (45% respondentów). Oceny niższe od średnich (0 i 1) były bardzo nieliczne (wybrało je tylko 3% respondentów). Oceny dla kartogramu złożonego nie są tak jednoznaczne. Studenci najczęściej uznawali, że ta forma prezentacji raczej pokazuje rozmieszczenie – a więc wybierali ocenę 3 (40% respondentów) lub pokazuje rozmieszczenie zjawisk – ocena 4 (34% respondentów). Więcej osób niż w przypadku kartogramu prostego wybierało ocenę środkową (2), co oznacza, że nie były one przekonane, czy ta forma prezentacji pokazuje rozmieszczenie zjawisk, czy nie. Ocen zdecydowanie niskich (0 lub 1), podobnie jak w przypadku kartogramu prostego, było niewiele (3% respondentów).

Znacznie więcej wątpliwości uczestników badań wzbudziło pytanie o zależność zjawisk (pytanie 7.6), zwłaszcza w przypadku kartogramu prostego, dla którego najczęściej wybieraną odpowiedzią (31% odpowiedzi) była ocena środkowa (2). Świadczy ona o tym, że respondenci nie byli przekonani, czy ta forma prezentacji pokazuje, czy nie pokazuje taką informację. Podobną ilość razy (30% odpowiedzi) wybrano ocenę 3. Dość częste były oceny niskie (0 i 1), a więc opinie o tym, że kartogram prosty nie pokazuje lub raczej nie pokazuje zależności zjawisk – takie oceny wybrało w sumie 25% respondentów. Warto również zauważyć, że w drugiej turze badań oceny kartogramu prostego były niższe niż w pierwszej turze. Bardziej jednoznacznie oceniony został kartogram złożony. Studenci najczęściej uznawali, że ta forma prezentacji pokazuje zależność zjawisk (41% badanych), przy czym ocena ta była znacznie częstsza w drugiej turze badań niż w pierwszej. W sumie oceny 3 lub 4 wybrało 72% badanych, a więc znacznie więcej niż w przypadku kartogramu prostego (44% badanych). Mniej liczne niż w przypadku kartogramu prostego były natomiast oceny niskie (0 i 1), a więc opinie o tym, że kartogram złożony nie pokazuje lub raczej nie pokazuje zależności zjawisk. Odpowiedzi takich udzieliło 13% respondentów.

Tabela 14 zawiera wyniki testu chi-kwadrat, za pomocą którego porównano oceny uzyskane w dwóch turach badań. W przypadku pytania 7.5 nie istnieje statystycznie istotna zależność między oceną żadnej z form prezentacji i kolejnością rozwiązywania zadań. W przypadku kartogramu prostego można jednak zauważyć, że oceny w drugiej turze były wyraźnie wyższe niż pierwszej. Różnice te są istotne na poziomie $p<0,15$. W pytaniu 7.6 natomiast różnice w ocenie kartogramu prostego w dwóch turach badań są statystycznie istotne na poziomie $p<0,01$. Oznacza to, że kolejność miała wpływ na ocenę respondentów, czy kartogram prosty pokazuje, czy nie pokazuje zależności zjawisk. W przypadku kartogramu złożonego różnice ocen pierwszej i drugiej tury badań są istotne na poziomie $p<0,1$. Nie można ich uznać za statystycznie istot-

Twoim zdaniem, mapy:



Ryc. 41. Opinie respondentów na temat informacji pokazanej na mapach – pytania 7.5, 7.6

Students judgments on information shown on the maps – questions 7.5, 7.6

ne, istnieje jednak spore prawdopodobieństwo (>90%), że kolejność miała wpływ na ocenę, czy kartogram złożony pokazuje czy nie pokazuje zależności zjawisk.

Różnice, jakie wystąpiły w ocenach kartogramu prostego i złożonego w omawianych pytaniach 7.5 i 7.6, można ocenić na podstawie uzyskanych wyników (tab. 15). W pytaniu 7.5 wyższymi wartościami charakteryzuje się ocena kartogramu prostego, a różnice te są istotne statystycznie na poziomie $p<0,01$. Warto jednak zwrócić uwagę, jak kształtują się te różnice wówczas, gdy dwie kolejności rozwiązywania zadań rozpatrywane są niezależnie (tab. 16). Różnice statystycznie istotne stwierdzono tylko w przypadku kolejności KZ/KP, a więc wtedy, gdy kartogram prosty czytany był jako druga z form prezentacji. Różnice te nie są istotne w przypadku kolejności odwrotnej, a więc wtedy, gdy kartogram prosty czytany był jako pierwsza forma prezentacji. Potwierdza to fakt istnienia zależności między kolejnością rozwiązywania zadań a oceną kartogramu prostego. Ocena kartogramu prostego pod względem pokazywania rozmieszczenia zjawisk jest więc wyższa, ale tylko

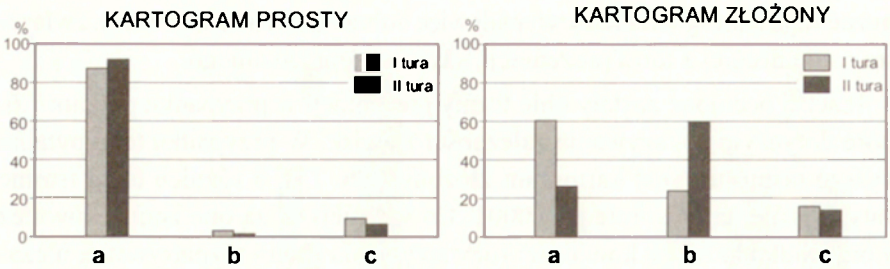
w przypadku tych respondentów, którzy mieli możliwość porównania obu form prezentacji. Kartogram prosty wypadł więc dobrze w oczach studentów, zwłaszcza na tle drugiej z form prezentacji – kartogramu złożonego.

Inaczej ocenione zostały obie formy prezentacji w przypadku pytania 7.6, które dotyczyło pokazywania zależności zjawisk. W przypadku tego pytania wyższe oceny uzyskał kartogram złożony (tab. 15), a różnice te są istotne statystycznie na poziomie $p<0,0001$. Co ważniejsze, są one istotne również w przypadku każdej z kolejności rozwiązywania zadań rozpatrywanej niezależnie (tab. 16). Można więc przyjąć, że pod względem pokazywania zależności zjawisk kartogram złożony jest oceniany przez studentów wyżej niż kartogram prosty.

Pytanie 8. Ostatnie pytanie ankiety dotyczyło opinii respondentów o tym, czy na mapach wykorzystanych w eksperymencie łatwiej jest czytać rozmieszczenie zjawisk czy zależność zjawisk (ryc. 42). W przypadku kartogramu prostego zdecydowana większość respondentów (89% w obu turach badań) uznała, że łatwiej jest czytać rozmieszczenie zjawisk niż zależność. Odwrotne opinie były bardzo nieliczne – wyraziło je 2% respondentów. Również niewiele osób (8%) uznało, że podobną trudność sprawia im czytanie tych dwóch rodzajów informacji. Wyniki uzyskane dla kartogramu złożonego nie są tak jednoznaczne. Występują tu duże różnice między ocenami wyrażonymi w dwóch turach badań. W pierwszej turze większość respondentów (60%) uznała, że na kartogramie złożonym łatwiej jest czytać rozmieszczenie zjawisk, a odwrotną opinię wyraziło 24% badanych. W drugiej turze opinie te były zupełnie inne: 60% respondentów uznało, że na kartogramie złożonym łatwiej jest czytać zależność zjawisk, zaś 26% osób wyraziło opinię odwrotną. W obu turach podobna liczba studentów (15%) uznała, że taką samą trudność sprawia im czytanie zarówno rozmieszczenia jak i zależności zjawisk.

Różnice w wynikach obu tur badań w przypadku kartogramu prostego nie są statystycznie istotne (tab. 14). Istotność na poziomie $p<0,001$ stwierdzono natomiast w przypadku wyników dla kartogramu złożonego, co oznacza, że istnieje zależność opinii na temat czytelności dwóch rodzajów informacji na kartogramie złożonym od kolejności, w jakiej czytane były obie formy prezentacji. Stwierdzono również statystycznie istotne różnice między opiniami respondentów wyrażonymi na temat kartogramu prostego i kartogramu złożonego (tab. 15 i 16). Opinie respondentów o dwóch formach prezentacji różnią się w sposób istotny w przypadku obu kolejności rozwiązywania zadań – zarówno wówczas, gdy jako pierwszy czytany był kartogram prosty, jak i wtedy, gdy był to kartogram złożony. Różnice te są istotne statystycznie na poziomie $p<0,0001$.

Czy Twoim zdaniem na mapach:



a – łatwiej jest czytać rozmieszczenie zjawisk

b – łatwiej jest czytać zależność zjawisk

c – taką samą trudność sprawia czytanie rozmieszczenia jak i zależności zjawisk

Ryc. 42. Opinie respondentów na temat czytelności informacji o rozmieszczeniu i zależności zjawisk – pytanie 8

Students judgments on readability of distribution and relationship information on maps – question 8

W omawianym 8 pytaniu ankiety respondenci poproszeni zostali również o uzasadnienie swojego wyboru jednej z trzech możliwych odpowiedzi. Większość uczestników badań udzieliła mniej lub bardziej wyczerpujących wyjaśnień na temat powodów swojej oceny kartogramów prostych i złożonych pod względem czytelności informacji o rozmieszczeniu i zależności zjawisk. Spośród 245 wypełnionych przez studentów kwestionariuszy, tylko 19 nie zawierało uzasadnienia odpowiedzi na to pytanie.

W przypadku kartogramu prostego przeważająca większość respondentów uzasadniała opinię, że na mapach tych łatwiej jest czytać rozmieszczenie zjawisk. Najczęściej przytaczany argument był taki, że rozmieszczenie zjawisk można ocenić na podstawie tylko jednej mapy (każda mapa przedstawia tylko jedno zjawisko), zaś czytanie zależności wymaga porównywania dwóch map. Powszechnie uznawano, że odczytywanie informacji z jednej mapy jest prostsze niż porównywanie dwóch map. Ta druga czynność, zdaniem studentów, sprawia trudności, wymaga myślenia, skupienia uwagi i dużego nakładu pracy, zajmuje dużo czasu, potrzeba do tego wyobraźni. Ponadto, aby porównać dwie mapy, trzeba „*przeskakiwać wzrokiem z jednej mapy na drugą*", a wówczas „*istnieje większe prawdopodobieństwo, że popełnimy błąd, np. pominiemy jakąś informację*". Rozmieszczenie zjawisk natomiast, zdaniem respondentów, pokazane jest na kartogramie prostym jasno i wyraziście, jest bardziej przejrzyste, „*widoczne na pierwszy rzut oka*", nie wymaga koncentracji i zastanawiania się. Legenda kartogramu prostego jest łatwa do zapamiętania, a zastosowanie skali barw pozwala łatwo zorientować się w zróżnicowaniu natężenia zjawiska na mapie. Cenna była również uwaga, że ułatwieniem w porównywaniu kartogramów prostych są te same jednostki odniesienia za-

stosowane na obu mapach. Czynność tę utrudnia natomiast zastosowanie różnych kolorów na obu mapach. Niektóre osoby wyrażały również opinię, że zależności zjawisk z zasady trudniej jest interpretować niż rozmieszczenie zjawisk, ponieważ wymagają „*głębszej analizy*", „*potrzeba do tego szerszej wiedzy*" i „*zależy to od tematu mapy*". Rozmieszczenie zjawisk można przeczytać bezpośrednio z mapy, zaś zależności trzeba „*samemu zaobserwować*" lub „*interpretować przedstawione treści, co nie zawsze jest oczywiste w pierwszej chwili*". Ciekawe jest również spostrzeżenie, że zależność jest widoczna na kartogramie prostym tylko w odniesieniu do najwyższych lub najniższych wartości, porównując natomiast ze sobą klasy środkowe, łatwo jest się pomylić. Czytanie zależności, zdaniem niektórych uczestników badań, utrudnia również fakt, że nie są one wyraźne, a miejscami w ogóle nie występują. Można więc przypuszczać, że gdyby zależność przedstawionych zjawisk była silniejsza, stałaby się ona łatwiejsza w interpretacji dla czytelników.

Niektóre spośród osób, które rozwiązywały zadania na podstawie kartogramu prostego w drugiej turze badań, w swoich uzasadnieniach nawiązywały do wcześniej (tzn. w pierwszej turze badań) poznanej metody kartogramu złożonego. Zdarzały się opinie, że kartogram prosty czyta się łatwiej i szybciej niż kartogram złożony. Ta druga forma prezentacji jest jednak ciekawsza lub bardziej interesująca, mimo, że „*wymaga większego wysiłku intelektualnego przy analizie*". Niektóre osoby wyjaśniały również, że zależności zjawisk łatwiej jest czytać wtedy, gdy zestawione są one na jednej mapie.

Osoby, które uznały, że na kartogramach prostych taką samą trudność sprawia czytanie rozmieszczenia, jak i zależności zjawisk, uzasadniały swoje opinie na dwa sposoby. Mapy te wydawały im się tak łatwe w interpretacji, że nie zauważały żadnych trudności w czytaniu zarówno rozmieszczenia, jak i zależności zjawisk, lub przeciwnie – dużą trudność sprawiały im obie te czynności. Trudności w czytaniu obu rodzajów informacji wynikały, ich zdaniem, z tego, że barwy poszczególnych klas wartości zbyt mało różniły się od siebie. Warto przytoczyć również opinię, że trudności w czytaniu kartogramu sprawia fakt, że mapy te nie przedstawiają dokładnych wartości, a tylko przedziały. Niektóre osoby zwracały również uwagę na to, że wartości natężenia zjawisk są uśrednione dla każdego pola odniesienia, co „*zakłóca informację o rozmieszczeniu*".

Opinie wypowiadane przez studentów na temat kartogramu złożonego były znaczenie bardziej zróżnicowane. Wypowiedzi o tym, że łatwiej jest czytać rozmieszczenie zjawisk, dominowały w pierwszej turze badań, a więc wtedy, gdy kartogram złożony czytany był jako pierwsza forma prezentacji. Swoje zdanie studenci najczęściej uzasadniali w ten sposób, że czytanie rozmieszenia ułatwiają zastosowane na mapie barwy, które są czytelnie objaśnione w le-

gendzie. Łatwo jest więc odczytać, jakie wartości zjawiska odpowiadają barwie konkretnej jednostki na mapie. Przykładowo, formułowane były następujące opinie: „*mapa jest przejrzysta*", „*kolory sprzyjają szybkiemu czytaniu mapy*", rozmieszczenie jest „*czytelne, wyraźne, łatwe do odczytania*", „*łatwo jest je odczytać z legendy*", „*wystarczy skupić się na kolorach w legendzie i odnaleźć to, co nas interesuje*", czytanie rozmieszczenia „*wymaga mniej pracy*". Nikt nie zwrócił jednak uwagi na to, że zorientowanie się w ogólnym rozmieszczeniu zjawiska na całej mapie nie jest już takie proste. W bardziej wyczerpujących uzasadnieniach zdarzały się stwierdzenia, że rozmieszczenie czyta się łatwiej dlatego, ponieważ wystarczy patrzeć tylko na jedno zjawisko (jedną oś wykresu w legendzie) i nie trzeba porównywać wartości obu zjawisk. Czytanie zależności oceniano jako trudniejsze, gdyż „*wymaga większego wysiłku umysłu*", „*trzeba poświecić na nie więcej czasu*", „*trzeba było powracać kilka razy do legendy, żeby się nie pogubić*", zależności „*nie są widoczne na pierwszy rzut oka*", wymaga to „*konfrontowania wartości i wyciągania wniosków*", a poza tym „*trzeba zrozumieć cały system (tzn. legendę)*" podczas gdy przy czytaniu rozmieszczenia „*wystarczy przyłożyć kolor do legendy i odczytać wartości*". Częste były opinie, wyrażane również w przypadku kartogramu prostego, że analiza zależności z zasady jest trudniejsza niż czytanie rozmieszczenia zjawisk. Wymaga ona szerszej geograficznej wiedzy, ponieważ na zależności składa się wiele różnych czynników. Trudnością przy interpretacji zależności był również fakt, że, zdaniem niektórych respondentów, nie ma zależności między przedstawionymi na tych mapach zjawiskami. Zdarzały się również osoby, które otwarcie przyznawały, że nie stać je na żadne sensowne argumenty uzasadniające udzieloną odpowiedź.

Opinie o tym, że na kartogramie złożonym łatwiej jest czytać zależność zjawisk, były raczej rzadkie w pierwszej turze, natomiast dominowały w drugiej turze badań. Zdecydowanie częściej wypowiadały je więc osoby, które najpierw czytały kartogram prosty i w momencie czytania kartogramu złożonego mogły już porównać łatwość interpretacji tych dwóch form prezentacji. Osoby te swój wybór najczęściej uzasadniały w ten sposób, że kolory na mapie przedstawiają oba zjawiska na raz, a więc ich zależność, zaś odczytywanie rozmieszczenia jest trudniejsze dlatego, że jednemu przedziałowi wartości przypisane są aż trzy wydzielenia barwne. Ze względu na czytelność informacji o zależności, z bardzo pozytywną oceną spotkał się sposób konstrukcji legendy katogramu złożonego i zastosowany system barw. Przykładowo, wyrażane były następujące opinie: „*połączenie dwóch barw daje ciekawy efekt*", „*zależności są bardzo czytelne dzięki mieszance barw*", „*zestawienie kolorów jest nadzwyczaj udane, po jednym zerknięciu w legendę zapamiętałem, co oznacza jaki kolor*", „*wyraźnie widać, jak nakładają się na siebie wartości obu zjawisk*", „*z legendy można przeczytać wzajemne stosunki zjawisk*", „*przemy-*

ślana legenda ułatwia zauważenie dwóch zjawisk jednocześnie", „*po zapoznaniu się z legendą, czytanie mapy nie sprawia żadnych trudności*", „*nad zależnościami nie trzeba się zastanawiać – zastosowanie dwóch kolorów (w legendzie) w czytelny sposób to ilustruje*". Powszechne było twierdzenie, że legenda dobrze objaśnia zależności i jest przystosowana do czytania właśnie takiej informacji. Taka konstrukcja legendy utrudnia natomiast czytanie rozmieszczenia – „*trzeba oddzielić kolory od siebie, co jest bardziej pracochłonne*", „*trudno jest objąć wzrokiem cale zjawisko*".

Studenci, którzy uznali, że na kartogramie złożonym taką samą trudność sprawia czytanie rozmieszczenia jak i zależności zjawisk, uzasadniali swoje opinie, podobnie jak w przypadku kartogramu prostego, na dwa sposoby. Jedni twierdzili, że mapy są mało czytelne, łatwo jest się pomylić, kolory są mało interesujące i trudne do interpretacji, a w związku z tym informacja zarówno o rozmieszczeniu jak i o zależności jest słabo czytelna. Inni natomiast uznawali, że mapy są nieskomplikowane, ich czytanie nie „*nastręcza żadnych problemów*", dzięki odpowiedniej legendzie zarówno rozmieszczenie jak i zależności „*przedstawione są w łatwy i czytelny sposób*". Czasem studenci przyznawali, że „*z początku sposób przedstawienia może być szokujący*", potem jednak „*czytanie rozmieszczenia i zależności nie było trudne*".

Osoby, które wcześniej (w pierwszej turze badań) zapoznały się z kartogramem prostym, w swoich opiniach często porównywały obie formy prezentacji. Najczęściej przyznawały, że kartogram prosty jest bardziej odpowiedni do czytania rozmieszczenia, ponieważ każde zjawisko przedstawione jest na osobnej mapie, zależności natomiast łatwiej jest czytać wtedy, gdy oba zjawiska przedstawione są na jednej mapie (a więc na kartogramie złożonym). Respondenci, którzy w przypadku kartogramu prostego mieli problemy z rozróżnieniem zbyt dużej liczby odcieni tej samej barwy, przyznawali, że bardziej odpowiada im rozwiązanie zastosowane na kartogramie złożonym – „*kontrast między kolorami ułatwia czytanie mapy; lepiej, jeżeli kolory – nawet kontrastowe – różnią się od siebie*". Zdarzały się również opinie, że kartogram złożony „*czyta się dłużej i wymaga to większego skupienia*", ale mimo to „*mapa ta w łatwiejszy sposób przedstawia zależności między zjawiskami*". Niektórzy natomiast twierdzili, że legenda kartogramu złożonego jest „*niby czytelna*", ale „*trzeba się dłużej zastanowić, na jakiej zasadzie to działa, co zajmuje więcej czasu*" niż w przypadku kartogramu prostego. Trudniej było im przede wszystkim czytać rozmieszczenie zjawisk.

Przy okazji uzasadnienia wyboru, czy łatwiej jest czytać rozmieszczenie czy zależność zjawisk, niektórzy respondenci formułowali również bardziej ogólne opinie na temat kartogramu złożonego. Warto je przytoczyć w tym miejscu:

– „*przedstawienie na pierwszy rzut oka wydaje się chaotyczne; myślę, że osoby na co dzień nie związane z geografią mogą mieć problemy z czytaniem tej mapy, np. uczniowie gimnazjów i szkół średnich*";

– „*łatwiej jest czytać zależność; trzeba się mocno skoncentrować, żeby czytać tą mapę, jest mało czytelna, nie podoba mi się*";

– „*mapy są trochę niekonwencjonalne, trzeba się wpatrzeć w legendę, żeby poprawnie odszukać wymagane informacje; mimo to mapa jest ciekawa, zmusza do myślenia*";

– „*trudność sprawiło mi czytanie zależności zjawisk; prawdopodobnie spowodowane jest to nietypowym ich przedstawianiem; nie spotkałem się jeszcze z mapami tego rodzaju, ale myślę, że są dość ciekawe*";

– „*rozmieszczenie przedstawione jest jasno i przejrzyście; czytanie zależności też do najtrudniejszych nie należy; tego typu mapki są w porządku*";

– „*zarówno rozmieszczenie jak i zależność zaznaczone są na mapach w sposób jasny; szkoda, że niezbyt często spotyka się mapy tego typu*".

Wyniki ostatniego pytania ankiety, w przypadku kartogramu prostego, są jednoznaczne – respondenci byli prawie jednomyślni i uznali, że łatwiej jest im czytać rozmieszczenie niż zależność zjawisk. Warto podkreślić, że większość z nich uznała porównywanie kartogramów za czynność znacznie trudniejszą niż czytanie pojedynczej mapy i jednocześnie za potencjalne źródło błędów w interpretacji zależności. Trudno o tak jednoznaczną ocenę odpowiedzi uzyskanych dla kartogramu złożonego. W dużym stopniu były one zależne od tego, czy respondenci mogli porównać czytanie tej formy prezentacji z czytaniem kartogramu prostego. Jeżeli takiego porównania nie mieli, w swoich odpowiedziach nie zwracali raczej uwagi na korzyści, jakie wynikają z zestawienia obrazu dwóch zjawisk na jednej mapie, a ich uwagę przyciągało raczej to, że za pomocą barw, którymi zostały pokryte jednostki odniesienia na mapie, mogą łatwo odczytać wartości zjawisk w legendzie. Natomiast osoby, które w pierwszej kolejności czytały kartogram prosty, bez problemu rozszyfrowały korzyści, jakie daje kartogram złożony pod względem interpretacji zależności; łatwo również zauważyły, że na tej mapie bez porównania trudniej czyta się informację o rozmieszczeniu zjawisk. Kolejność czytania dwóch rozpatrywanych form prezentacji nie była jednak jedyną przyczyną tak różnorodnych opinii wypowiadanych na temat kartogramu złożonego. Wydaje się, że mogło mieć na nie wpływ również kilka innych czynników. Po pierwsze, kartogram złożony to forma prezentacji, która z założenia umożliwia czytanie zarówno rozmieszczenia jak i zależności zjawisk. W związku z tym nie jest dziwne, że różne osoby zwracały uwagę na różne aspekty czytania takiej mapy. Opinie mogły więc być zróżnicowane. Poza tym większość respondentów, o ile nie wszyscy, spotkała się z taką formą prezentacji po raz pierwszy

i być może nie wszystkim udało się w tak krótkim czasie dobrze zrozumieć, na czym ona polega. Mogło to być powodem tego, że nie wszystkie osoby zdążyły się zorientować, jak łatwo jest na tej mapie interpretować zależności. Poza tym kartogram złożony mógł budzić kontrowersje, ponieważ postrzegany był przez respondentów jako nowa i niekonwencjonalna forma prezentacji. Takich problemów na pewno nie było w przypadku kartogramu prostego, który jest metodą powszechnie znaną i często stosowaną w podręcznikach i atlasach szkolnych.

Podsumowanie. Opinie respondentów wyrażone w dwóch pierwszych pytaniach ankiety nie są jednoznaczne. Miała na nie wpływ nie tylko forma prezentacji kartograficznej, ale również kolejność rozwiązywania zadań. W przypadku, gdy kartogram prosty czytany był jako pierwszy, oceniony został jako bardziej interesujący i łatwiejszy w interpretacji niż kartogram złożony. W przypadku, gdy czytany był jako drugi, oceniany był podobnie jak kartogram złożony.

Bardziej nietypowym i jednocześnie ciekawszym sposobem przedstawienia zjawisk na mapie jest, zdaniem studentów, kartogram złożony. Respondenci, którzy czytali kartogram złożony jako drugą formę prezentacji i w związku z tym mogli go porównać z kartogramem prostym, ocenili go jako bardziej nietypowy niż ci respondenci, którzy czytali go jako pierwszą formę prezentacji, a więc nie mieli porównania z kartogramem prostym.

Na wyniki oceny obu form prezentacji pod względem możliwości pokazywania rozmieszczenia zjawisk również miała wpływ kolejność rozwiązywania zadań – wyżej oceniony został kartogram prosty, ale tylko przez tę grupę studentów, która oceniała go jako drugą z kolei formę prezentacji. Pod względem możliwości pokazania zależności zjawisk wyżej oceniony został kartogram złożony. Oceny kartogramu prostego pod względem tego kryterium były niższe w drugiej turze badań niż w pierwszej.

Opinie o tym, czy łatwiej jest czytać informację o rozmieszczeniu zjawisk czy o ich zależności, zdecydowanie różniły się w przypadku obu porównywanych form prezentacji. Lepiej czytelną informacją na kartogramie prostym jest na pewno rozmieszczenie zjawisk. Opinie na temat kartogramu złożonego były bardziej zróżnicowane i zależne od tego, czy respondenci mogli porównać tę formę prezentacji z kartogramem prostym. Zdaniem osób, które czytały go w pierwszej kolejności, na takiej mapie lepiej czytelna jest informacja o rozmieszczeniu zjawisk, natomiast ci studenci, którzy w pierwszej kolejności czytali kartogram prosty, a w drugiej kartogram złożony, wyrażali opinie przeciwne – że na kartogramie złożonym lepiej czytelna jest informacja o zależności zjawisk.

6.10. DYSKUSJA

Wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych dają podstawę do tego, aby częściowo potwierdzić dwie hipotezy badawcze, które mówią, że forma prezentacji kartograficznej wpływa na czytelność informacji o rozmieszczeniu i o zależności zjawisk. Rezultaty tych badań różnią się zasadniczo od wyników uzyskiwanych we wcześniejszych eksperymentach, w których sprawdzano czytelność kartogramów złożonych (rozdz. 5). Niektóre spośród uzyskanych wyników są dość nieoczekiwane.

Słuszność pierwszej hipotezy badawczej, mówiącej o wpływie formy prezentacji kartograficznej (kartogramu prostego lub kartogramu złożonego) na czytelność informacji o rozmieszczeniu zjawisk, potwierdzają wyniki tylko jednego zadania testowego, które polegało na czytaniu ogólnej informacji o rozmieszczeniu zjawisk. Wyniki tego zadania były właśnie takie, jakich można się było spodziewać, znając właściwości obu porównywanych form prezentacji. Przygotowując te badania zakładano, że główną funkcją kartogramu prostego jest informowanie o przestrzennym rozmieszczeniu pojedynczych zjawisk, zaś informacja ta jest trudniej czytelna na kartogramie złożonym. Wyniki zadania Rp3 w pełni potwierdzają te przypuszczenia. Respondenci nie mieli większych problemów z rozwiązaniem tego zadania na podstawie kartogramów prostych, natomiast czytając kartogram złożony popełniali wiele błędów, które wynikały z trudności, jakie sprawiało im niezależne postrzeganie ogólnego rozmieszczenia pojedynczego zjawiska.

Zastanawiające jest natomiast, że powyższej hipotezy nie potwierdzają wyniki żadnego z dwóch pozostałych zadań dotyczących czytania rozmieszczenia zjawisk. W zadaniu Rp1, polegającym na odczytywaniu wartości pojedynczych zjawisk w poszczególnych jednostkach odniesienia kartogramów (czytanie informacji szczegółowej), wyniki uzyskane dla obu form prezentacji są bardzo podobne, przy czym nieco bardziej poprawne odpowiedzi udzielane były na podstawie kartogramu złożonego. Wynik taki był raczej nieoczekiwany. Warto przypomnieć, że uczestnicy eksperymentu H. Weinera i C.M. Francoliniego (1980), który również polegał na odczytywaniu wartości w wyznaczonych polach kartogramów, znacznie więcej błędów popełnili w przypadku kartogramu złożonego. Brak istotnych różnic w wynikach eksperymentu przeprowadzonego przez autorkę pracy można wytłumaczyć jedynie tym, że para kartogramów prostych i kartogram złożony były tak samo łatwe pod względem interpretacji szczegółowej informacji o rozmieszczeniu zjawisk. O dobrej czytelności kartogramu złożonego zadecydowało zapewne ograniczenie liczby klas do 9 (3×3) i zastosowanie dobrze skonstruowanej skali barw, dzięki czemu respondenci nie mieli trudności w odnalezieniu odpowiedniego wy-

dzielenia barwnego w legendzie mapy. Z drugiej zaś strony, w przypadku kartogramu prostego, który z zasady nie powinien sprawiać trudności w czytaniu tego rodzaju informacji, błędy pojawiały się prawdopodobnie dlatego, że studenci mieli trudności z prawidłowym rozróżnieniem wydzieleń w środkowej części skal barwnych (środkowe klasy wartości), o czym wspominali w komentarzach do ostatniego pytania ankiety. Błędów takich możnaby uniknąć, stosując skale, w których lepiej rozróżnialne byłyby poszczególne odcienie barw. O tym, że takie rozwiązanie wpływa na lepszą czytelność kartogramów prostych, świadczą wyniki eksperymentów przeprowadzonych przez J. Mersey (1990) oraz C.A. Brewer i współautorów (1997).

Hipotezy o wpływie formy prezentacji na czytelność informacji o rozmieszczeniu zjawisk nie potwierdzają również wyniki zadania Rp2, polegającego na czytaniu rozmieszczenia na pośrednim poziomie szczegółowości. Zadanie to polegało na zaznaczeniu regionów o określonych wartościach jednego z przedstawionych zjawisk. Wydawało się ono znacznie trudniejsze w przypadku kartogramu złożonego, ponieważ na tej mapie każdemu przedziałowi wartości jednego zjawiska odpowiadają aż trzy różne wydzielenia barwne. Tak, jak można było oczekiwać, sprawiało to kłopot uczestnikom badań i miało wpływ na poprawność udzielanych odpowiedzi; w tym zadaniu była ona niższa w przypadku kartogramu złożonego, niż w przypadku kartogramu prostego. Różnice te nie są jednak istotne statystycznie i nie mogą być podstawą do potwierdzenia hipotezy badawczej. Stwierdzono jedynie, że istnieje tendencja do tego, że kartogram prosty interpretowany jest bardziej poprawnie niż kartogram złożony, nie jest to jednak udowodniona zależność. Można sądzić, że na taki rezultat miała wpływ, podobnie jak w zadaniu Rp1, mała liczba klas i poprawna skala barwna kartogramu złożonego, dzięki czemu ta forma prezentacji okazała się dość dobrze czytelna dla uczestników badań. Drugą przyczyną braku istotnych różnic w odpowiedziach była spora liczba pomyłek popełnianych w przypadku kartogramu prostego. Dość niespodziewanie źródłem błędów okazało się polecenie, w którym respondenci byli proszeni o zaznaczenie regionu składającego się z jednostek należących do dwóch najwyższych klas kartogramu. Wizualne sumowanie sąsiednich klas wartości kartogramu prostego wydaje się dość naturalnym sposobem interpretowania tej formy prezentacji i dlatego zdecydowno się uwzględnić takie zadania w eksperymencie. Nie wszyscy respondenci rozwiązali je prawidłowo, co świadczy o tym, że również ta forma prezentacji może być przez niektórych czytelników interpretowana niepoprawnie.

Hipotezę mówiącą, że forma prezentacji ma wpływ na czytelność informacji o rozmieszczeniu zjawisk, w pewnym stopniu potwierdzają również opinie zebrane od respondentów w ankiecie na temat obu kartogramów. Część uczest-

ników badań (ci, którzy rozwiązywali zadania w kolejności KZ/KP) wyżej oceniła kartogram prosty pod względem możliwości pokazywania rozmieszczenia zjawisk. Opinia ta dobrze świadczy o tej formie prezentacji, ponieważ pochodzi od tej części respondentów, którzy mogli porównać ją z kartogramem złożonym (zapoznali się z nim w pierwszej turze badań). Ponadto zdecydowana większość respondentów uznała, że na kartogramie prostym łatwiej jest czytać rozmieszczenie niż zależność zjawisk, a opinie te istotnie różniły się od tych formułowanych w przypadku kartogramu złożonego.

Wyniki ankiety tylko częściowo potwierdzają omawianą hipotezę badawczą, ponieważ również kartogram złożony oceniony został dość pozytywnie pod względem pokazywania rozmieszczenia zjawisk (w grupie respondentów rozwiązujących zadania w kolejności KP/KZ nie było istotnych różnic w ocenie map pod względem tego kryterium). Sporo było również opinii, zwłaszcza wśród tych studentów, którzy oceniając kartogram złożony nie mieli jeszcze porównania z kartogramem prostym, że lepiej czytelną informacją na kartogramie złożonym jest rozmieszczenie zjawisk, a więc podobnie jak w przypadku kartogramu prostego. Uzasadniając powyższe twierdzenie studenci zwracali uwagę na to, że mapa ta była dla nich łatwo czytelna na poziomie szczegółu. Przytoczone opinie świadczą o tym, że nie wszyscy studenci dostrzegali różnice w czytelności rozmieszczenia w przypadku obu badanych form prezentacji. Prawdopodobnie przyczyną takiej oceny była podobna łatwość interpretacji obu kartogramów na szczegółowym (i być może również na pośrednim) poziomie percepcji. Wyniki ankiety dość dobrze pokrywają się więc z wynikami zadań testowych. Są one dowodem na to, że ograniczenie liczby klas i zastosowanie odpowiedniej skali barw umożliwia poprawną interpretację kartogramu złożonego pod względem rozmieszczenia zjawisk na szczegółowym i pośrednim poziomie percepcji. Pod względem czytelności ogólnej informacji o rozmieszczeniu lepszą formą prezentacji jest na pewno kartogram prosty.

Słuszność drugiej hipotezy badawczej, mówiącej o wpływie formy prezentacji kartograficznej (kartogramu prostego lub kartogramu złożonego) na czytelność informacji o zależności zjawisk, potwierdzają wyniki wszystkich trzech zadań testowych, dotyczących szczegółowego, pośredniego i ogólnego poziomu percepcji mapy. We wszystkich tych zadaniach wyższą poprawność odpowiedzi uzyskano w przypadku kartogramu złożonego. Takie rezultaty eksperymentu są zgodne z oczekiwaniami, ponieważ przygotowując te badania zakładano, że kartogram złożony umożliwia bardziej poprawną interpretację zależności niż kartogram prosty. Mogą się one jednak wydać nieco zaskakujące, jeżeli porówna się je z wynikami pierwszej części testu, w której sprawdzano czytelność informacji o rozmieszczeniu zjawisk na obu kartogramach;

hipoteza mówiąca o wpływie formy prezentacji na czytelność informacji o rozmieszczeniu została bowiem potwierdzona tylko w przypadku jednego z trzech zadań. Zastanawiające jest więc, dlaczego drugą z badanych hipotez (dotyczącą informacji o zależności zjawisk) potwierdza większość zebranych wyników – również te, które pochodzą z tak łatwych zadań, jak czytanie zależności na szczegółowym poziomie percepcji.

Zadanie Zp1, polegające na porównaniu wartości dwóch zjawisk w poszczególnych jednostkach odniesienia kartogramów, wydawało się zadaniem bardzo łatwym i spodziewano się, że w przypadku obu form prezentacji nie sprawi ono uczestnikom badań żadnych trudności. Respondenci popełnili jednak więcej błędów rozwiązując to zadanie na podstawie kartogramu prostego. Źródłem tych błędów były prawdopodobnie trudności, jakie sprawiało studentom rozróżnienie poszczególnych stopni skal barw (zwłaszcza w ich środkowej części). Na niższą poprawność odpowiedzi w przypadku kartogramów prostych wpływał również fakt, że na każdym z pary kartogramów zastosowana została inna skala barw. W swoich wypowiedziach w ankietowej części badań respondenci zwracali uwagę, że porównywanie map, na których zastosowano różne barwy, sprawia im trudności. Porównywanie kartogramów prostych na pewno ułatwiłoby zastosowanie takiej samej skali barw na obu mapach, trudno jednak oczekiwać, aby takie rozwiązanie można było stosować w praktyce.

Istotne różnice w poprawności odpowiedzi stwierdzono również w zadaniu Zp2, polegającym na zaznaczeniu regionów o określonych wartościach, którymi charakteryzują się jednocześnie oba przedstawione zjawiska. Taki rezultat był oczekiwany, ponieważ zadanie to było znacznie trudniejsze, jeżeli rozwiązywało się je na podstawie kartogramów prostych. O trudnościach, jakie mieli uczestnicy eksperymentu z poprawnym zaznaczeniem wymaganych regionów, świadczy również fakt, że nie wszyscy poprawnie zrozumieli treść tego zadania. Wydaje się, że wymagany w tym zadaniu sposób interpretacji map nie jest odpowiedni dla takiej formy prezentacji jak para kartogramów prostych. Stąd też wynikały trudności z interpretacją treści map. Kłopoty z właściwym zrozumieniem tego zadania nie wystąpiły wtedy, gdy odpowiedzi udzielane były na podstawie kartogramu złożonego; interpretacja tej mapy nie sprawiała respondentom większych trudności.

Więcej niejasności, niż w omówionych powyżej dwóch pierwszych zadaniach tej części testu, pojawia się w trakcie interpretacji zadania Zp3, które dotyczyło czytania zależności na ogólnym poziomie percepcji. Zadanie to okazało się dla uczestników badań trudniejsze od pozostałych zadań testowych; znaczenie mniej było tu odpowiedzi zupełnie bezbłędnych. Trudności w prawidłowym rozwiązaniu tego zadania wynikały z tego, że respondenci

musieli nie tylko prawidłowo odczytywać z mapy określone informacje, ale również poprawnie interpretować zależności. Przyczyną niektórych błędów było niezupełnie poprawne zrozumienie tego pojęcia. Przykłady takich błędów przytoczono omawiając wyniki testu w paragrafie 6.9.1 niniejszego rozdziału. Wyniki tego zadania świadczą więc nie tylko o samym procesie czytania map, ale również o możliwościach prawidłowej interpretacji ich treści. Forma tego zadania wynikała bezpośrednio z przyjętego w badaniach założenia, że na czytelność mapy składa się nie tylko mechaniczne odczytywanie informacji zawartej na mapie, ale również jej zrozumienie i właściwa interpretacja.

Zadanie to składało się z dwóch poleceń, które analizowane były oddzielnie, ponieważ ich wyniki znacznie się różniły. Wyniki pierwszej części tego zadania (Zp3a), która polegała na zaznaczeniu pięciu jednostek świadczących o ścisłej zależności przedstawionych zjawisk, są dość jednoznaczne. Świadczą one o wpływie formy prezentacji na czytelność ogólnej informacji o zależności, a lepiej czytelny pod tym względem jest kartogram złożony. Zdecydowana większość respondentów poprawnie i z łatwością rozwiązywała tę część zadania na podstawie kartogramu złożonego. Można więc powiedzieć, że ta forma prezentacji dobrze uwidacznia obszary o ścisłej zależności przedstawionych zjawisk. Wydaje się, że czytanie tej informacji było tak łatwe dla respondentów dzięki zastosowaniu odpowiedniego układu barw w legendzie. Zastosowanie barw dopełniających do oznaczenia obu zmiennych sprawia, że dobrze rozróżnialne są klasy leżące na przekątnej legendy (barwa szara), a więc świadczące o ścisłej zależności zjawisk. Uzyskane wyniki potwierdzają, jak łatwo jest interpretować tę informację na tak opracowanym kartogramie złożonym. Wyróżnienie obszarów o ścisłej zależności zjawisk okazało się natomiast znacznie trudniejsze na podstawie kartogramów prostych.

Dość dziwne i nieoczekiwane były duże różnice w poprawności odpowiedzi uzyskanych w dwóch częściach zadania Zp3. Poprawność odpowiedzi w drugiej części zdania (Zp3b), która polegała na zaznaczeniu pięciu jednostek świadczących o braku zależności przedstawionych zjawisk, była niższa niż w pierwszej (Zp3a) w przypadku obu form prezentacji. Ta cześć zadania okazała się więc dla respondentów trudniejsza. Zastanawiająca jest jednak przede wszystkim mała poprawność odpowiedzi udzielanych na podstawie kartogramu złożonego (zwłaszcza w pierwszej turze badań). Wydawać się mogło, że skala barw zastosowana w legendzie kartogramu złożonego równie dobrze wyróżnia klasy leżące na przekątnej legendy (które okazały się dobrze czytelne w pierwszej części zadania Zp3), jak i klasy świadczące o dużych odchyleniach od zależności, położone w rogach legendy. Bliższa analiza błędów, jakie popełniali respondenci w tej części zadania, przekonuje o tym, że

uzyskane wyniki nie przeczą dobrej czytelności zastosowanego układu barw na kartogramie złożonym. Respondenci nie popełniali bowiem błędów polegających na niepoprawnym czytaniu legendy. O małej poprawności odpowiedzi w przypadku kartogramu złożonego zadecydowała niewłaściwa interpretacja pojęcia zależności. Duża część respondentów zaznaczała w tej części zadania jednostki o barwach pochodzących tylko z jednej części legendy (powyżej lub poniżej przekątnej), a więc o dodatnich lub ujemnych odchyleniach od ścisłej zależności zjawisk. Nie zauważyli oni, że o braku zależności zjawisk świadczą przede wszystkim klasy wartości leżące w obu rogach legendy.

Aby właściwie zinterpretować wyniki uzyskane w tym zadaniu, należy zwrócić uwagę na różnice poprawności odpowiedzi udzielanych na podstawie kartogramu złożonego w dwóch turach badań. Dużo błędów popełnianych było zwłaszcza przez respondentów pracujących z kartogramem złożonym w pierwszej turze; w drugiej turze poprawność odpowiedzi była znacznie wyższa. Jednocześnie wyniki drugiej tury badań dla kartogramu złożonego charakteryzują się wyższą poprawnością niż wyniki uzyskane dla kartogramu prostego. W tej części eksperymentu potwierdzona została hipoteza mówiąca o wpływie formy prezentacji na czytelność informacji o zależności zjawisk.

Wniosek, jakim można podsumować powyższe wyniki jest taki, że na poprawną interpretację ogólnej informacji o zależności zjawisk, zwłaszcza wtedy, gdy zadaniem czytelnika jest stwierdzenie braku takiej zależności, ma wpływ nie tylko forma prezentacji, ale również umiejętność interpretowania zależności. Taką umiejętność uczestnicy eksperymentu prawdopodobnie nabyli w pierwszej turze badań i dlatego poprawniej interpretowali tę informację na kartogramie złożonym w drugiej turze. To doświadczenie nie miało natomiast wpływu na wyniki uzyskiwane na podstawie kartogramu prostego. Podobne błędy popełniali respondenci w obu turach badań; wynikały one głównie z trudności szybkiego odnalezienia na tych mapach właściwych jednostek.

Hipotezę mówiącą o wpływie formy prezentacji na czytelność informacji o zależności dość dobrze potwierdzają wyniki ankiety. Są one pod tym względem zbieżne z wynikami zadań testowych. Pod względem możliwości pokazania zależności zjawisk wyżej oceniony został kartogram złożony. Jednocześnie większość studentów, którzy oceniając kartogram złożony mieli już porównanie z kartogramem prostym, oceniła, że na kartogramie złożonym lepiej czytelna jest informacja o zależności zjawisk. Opinie te znacznie różniły się od tych wyrażanych w przypadku kartogramu prostego.

Interpretując wyniki uzyskane w zadaniach dotyczących czytelności informacji o zależności zjawisk warto przypomnieć (rozdz. 5), że eksperyment polegający na czytaniu ogólnej informacji o zależności na kartogramach prostych i złożonych przeprowadziła w latach 80. J. Olson (1981). Wyniki tamte-

go eksperymentu znacznie różnią się od tych uzyskanych w omawianych tutaj badaniach. Istnieją dwie przyczyny tych różnic. Po pierwsze w eksperymencie J. Olson zastosowano zupełnie inne zadanie testowe, polegające na ocenie względnego podobieństwa map (lub rozmieszczenia zjawisk w przypadku kartogramu złożonego), które nie było rozwiązywane na podstawie map, lecz siatki regularnych kwadratów. Rozwiązanie takiego zadania wymaga od respondentów oceny stopnia podobieństwa takich map, trzeba było więc w pewien sposób oszacować siłę związku przedstawionych zjawisk. W eksperymencie omówionym w tej pracy zastosowano zupełnie inne zadania. Polegały one na czytaniu przestrzennego zróżnicowania zależności i wymagały zrozumienia treści mapy. Drugą ważną przyczyną różnic w wynikach obu eksperymentów są mapy, które były przedmiotem badań. Można sądzić, że lepsza czytelność kartogramów złożonych wykorzystanych w badaniach autorki tej pracy jest przede wszystkim skutkiem dobrej czytelności układu barw zastosowanego w legendzie.

Wyniki ankiety, w której zebrano opinie respondentów na temat obu badanych form prezentacji, wymagają nieco szerszego komentarza. W znacznym stopniu miała na nie wpływ kolejność, w jakiej czytane były przez respondentów obie formy prezentacji. Ważnym czynnikiem, jaki wpływał na ocenę obu kartogramów było to, czy respondenci, wyrażając swoje opinie, mieli porównanie z drugą formą prezentacji, z którą zapoznali się w poprzedniej turze badań. Bardzo prawdopodobne jest również to, że do udziału w drugiej turze badań respondenci podchodzili z mniejszym zainteresowaniem, ponieważ wymagano od nich ponownego rozwiązania tych samych zadań i udzielenia odpowiedzi na te same pytania. To również mogło wpływać na wyniki ankiety. O ile w przypadku zadań testowych kolejność miała niewielki wpływ na uzyskane wyniki (ten wpływ stwierdzono tylko w jednym zadaniu), o tyle wyniki części ankietowej zależne były w dość dużym stopniu od tego, w której turze badań zostały zebrane. Z tego względu opinie studentów trudno jest interpretować w sposób jednoznaczny. Lepszym rozwiązaniem byłoby takie przygotowanie eksperymentu, aby uczestnicy mogli porównać obie formy prezentacji i dopiero wtedy wypowiedzieć swoje opinie na ich temat. Dodatkową korzyścią, wynikającą z takiego planu, byłaby również możliwość postawienia bezpośredniego pytania o to, która z dwóch form prezentacji wydaje się respondentom łatwiejsza pod względem czytania rozmieszczenia i zależności zjawisk. Możliwość porównania obu form prezentacji zaistniałaby na pewno wtedy, gdyby przeprowadzono tylko jedną turę badań, w której rozwiązywane byłyby zadania dotyczące zarówno kartogramów prostych jak i kartogramów złożonych. Taki plan eksperymentu wymagałby jednak znacznego ograniczenia liczby zadań testowych, ponieważ zbyt długi test mógłby spowodować

zmęczenie respondentów, a tym samym wpłynąć na wyniki uzyskiwane pod koniec badań. Z tego względu zdecydowano się przeprowadzić ten eksperyment w dwóch częściach.

Pytania w ankietowej części kwestionariusza badawczego tylko częściowo dotyczyły dwóch omówionych wcześniej hipotez, mówiących o wpływie formy prezentacji na czytelność informacji o rozmieszczeniu i zależności zjawisk. Pierwsze cztery pytania ankiety miały na celu poznanie bardziej ogólnych opinii uczestników badań na temat map i sposobów prezentacji kartograficznej. Na podstawie zebranych wyników można stwierdzić, że kartogram złożony jest postrzegany przez studentów jako bardziej nietypowy i jednocześnie ciekawszy sposób przedstawienia zjawisk. Jednocześnie bardziej nietypowy wydał się on respondentom w drugiej turze badań, a więc wtedy, gdy mogli porównać go z kartogramem prostym, czytanym w pierwszej turze badań. Wpływ kolejności czytania obu form prezentacji widoczny jest również w ocenie trudności interpretacji obu kartogramów. Zostały one ocenione podobnie przez tych respondentów, którzy najpierw oceniali kartogram złożony, a później kartogram prosty. Możliwość porównania obu form prezentacji wpłynęła więc na niższe oceny kartogramu prostego. Był on oceniany wyżej niż kartogram złożony tylko przez tych respondentów, którzy czytali go w pierwszej turze badań. Nie wystąpiły natomiast różnice w ocenie kartogramu złożonego w obu turach badań.

Najwięcej wątpliwości wzbudzają wyniki pierwszego pytania ankiety, w którym należało ocenić, czy mapy wykorzystane w badaniach są interesujące czy mało interesujące. Istotne różnice w odpowiedziach wystąpiły tu tylko u tych osób, które w pierwszej kolejności oceniały kartogram prosty, w drugiej – kartogram złożony. Wydaje się, że obie formy prezentacji oceniane były w sumie dość podobnie. Z tego powodu można sądzić, że na wyniki tej oceny w większym stopniu miała wpływ tematyka map niż sama forma prezentacji kartograficznej. Sposób przedstawienia zjawisk w niewielkim stopniu wpłynął na zainteresowanie się respondentów tematem mapy. Warto natomiast zauważyć, że oba rodzaje kartogramów w drugiej turze oceniane były mniej pozytywnie niż w pierwszej. Przyczyną tego mogło być znużenie uczestników badań, którzy po raz drugi rozwiązywali te same zadania testowe. W związku z tym nie dziwi mniejsze zainteresowanie oglądanymi mapami, niezależnie od zastosowanego sposobu prezentacji.

Przytoczone powyżej wyniki ankiety są do pewnego stopnia podobne do rezultatów jednego z eksperymentów, które przeprowadziła J. Olson (1981). W tamtym eksperymencie, podobnie jak i w tych badaniach, kartogram złożony oceniony został jako trudniej czytelna, ale jednocześnie ciekawsza forma prezentacji.

Na zakończenie tego komentarza do rezultatów przeprowadzonego eksperymentu należy również wspomnieć, że oprócz kolejności, która była jedną ze zmiennych niezależnych, w trakcie badań kontrolowano również kilka innych czynników, które mogły mieć wpływ na uzyskiwane wyniki. Uwzględniono to w trakcie przygotowywania kwestionariusza badawczego opracowując treść zadań oraz mapy, z którymi pracowali respondenci. Wykorzystane w eksperymencie kartogramy miały podobną, dość niską złożoność graficzną oraz przedstawiały zjawiska o tej samej dodatniej korelacji, która mieści się w zakresie średnich wartości współczynnika korelacji. Wnioski, jakie można sformułować na podstawie wyników tego eksperymentu, są więc słuszne tylko w przypadku kartogramów o takich właściwościach. Gdyby opracowane na potrzeby badań mapy charakteryzowały się inną (np. wyższą) złożonością lub łączyła je inna zależność (np. słaba lub negatywna), być może uzyskanoby inne wyniki. Wpływ złożoności oraz wielkości korelacji na czytelność kartogramów złożonych jest zagadnieniem dotychczas bliżej nie poznanym.

Na wyniki uzyskane w badaniach czytelności kartogramów znaczący wpływ może mieć również doświadczenie odbiorców w posługiwaniu się mapami statystycznymi. Różnice w wynikach uzyskanych w dwóch turach badań, które wystąpiły w jednym z zadań testowych, świadczą o słuszności tego przypuszczenia. Prawdopodobnie inaczej kształtowałyby się wyniki eksperymentu w przypadku innych grup użytkowników, np. uczniów szkół średnich, osób nie związanych z naukami geograficznymi lub, wręcz przeciwnie, użytkowników posiadających doświadczenie geograficzne i posługujących się na co dzień mapami statystycznymi.

6.11. WNIOSKI Z BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Wyniki uzyskane w badaniach eksperymentalnych świadczą o tym, że forma prezentacji kartograficznej (kartogram prosty lub kartogram złożony) ma wpływ na czytelność zarówno informacji o rozmieszczeniu jak i o zależności zjawisk. Lepiej czytelną formą prezentacji pod względem ogólnej informacji o rozmieszczeniu zjawisk jest kartogram prosty. Ta forma prezentacji jest lepiej oceniana przez użytkowników pod względem możliwości pokazania rozmieszczenia zjawisk niż kartogram złożony. Możliwości poprawnego czytania szczegółowej informacji o rozmieszczeniu są natomiast podobne w przypadku obu porównywanych rodzajów kartogramu.

Z kolei kartogram złożony jest lepiej czytelną formą prezentacji pod względem zależności zjawisk na każdym z poziomów uogólnienia tej informacji – szczegółowym, pośrednim i ogólnym. Jest on również lepiej oceniany przez samych użytkowników pod względem możliwości pokazania tej informacji

niż kartogram prosty. Trzeba jednak pamiętać, że poprawność czytania zależności na ogólnym poziomie percepcji może być zależna nie tylko od formy prezentacji, ale również od umiejętności i doświadczenia użytkowników w zakresie interpretowania zależności zjawisk.

Wyniki eksperymentu dają podstawę do potwierdzenia wniosków z teoretycznej części pracy (rozdziały 3 i 4), dotyczących zakresu zastosowania kartogramów prostych i złożonych. Kartogram prosty jest formą prezentacji odpowiednią do przedstawiania rozmieszczenia pojedynczych zjawisk, proces porównywania kartogramów prostych może być zaś źródłem błędów w ocenie zależności zjawisk. Bardziej odpowiednią formą przedstawiania zależności jest kartogram złożony, w przypadku tej formy prezentacji trudno natomiast o poprawną percepcję ogólnej informacji o rozmieszczeniu.

Uzyskane wyniki świadczą również o tym, że warunkiem dobrej czytelności kartogramów złożonych jest stosowanie poprawnie skonstruowanej skali barw i ograniczenie liczby klas. Na tak opracowanych mapach szczegółowa informacja o rozmieszczeniu zjawisk jest interpretowana równie poprawnie jak na kartogramach prostych, zaś informacja o zależności jest nawet lepiej czytelna. Takie wyniki weryfikują dotychczasowe poglądy kartografów na temat kartogramu złożonego, który za sprawą niefortunnych od strony graficznej opracowań amerykańskiego Biura Spisowego uznawany był za trudno czytelną formę prezentacji.

Do częstszego stosowania kartogramów złożonych w praktyce mogą zachęcić również opinie wyrażane przez użytkowników. Część z nich uznała je za trudniejsze w interpretacji od kartogramów prostych; większość oceniała je jako bardziej nietypową i jednocześnie ciekawszą formę prezentacji.

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W niniejszej pracy podjęto próbę określenia możliwości i ograniczeń dwóch rodzajów kartogramów – prostych i złożonych, w zakresie przedstawiania zależności zjawisk. Na podstawie literatury kartograficznej oraz własnej analizy określono podstawowe właściwości obu metod. Metoda kartogramu prostego służy przede wszystkim do przedstawiania informacji o rozmieszczeniu pojedynczych zjawisk geograficznych. Możliwości jej wykorzystania do przedstawiania zależności zjawisk są dość ograniczone. Nie zawsze możliwe jest opracowanie kartogramów prostych w pełni porównywalnych – problem stwarza przede wszystkim wyznaczenie porównywalnych klas wartości. Również sam proces wizualnego porównywania tych map jest źródłem błędów w ocenie zależności. Na ocenę stopnia podobieństwa dwóch kartogramów może bowiem wpływać nie tylko podobieństwo w rozmieszczeniu przedstawionych zjawisk, ale również takie czynniki, jak jasność i złożoność mapy oraz układ znaków na mapie.

Sposobem na to, aby odbiorca mógł poprawnie interpretować zależności zjawisk, jest metoda kartogramu złożonego, która pozwala przedstawiać wartości dwóch zjawisk geograficznych na jednej mapie. Jej podstawową zaletą w porównaniu z kartogramami prostymi jest możliwość odczytywania informacji o zależności zjawisk bezpośrednio z mapy, bez konieczności porównywania dwóch niezależnych obrazów ich rozmieszczenia. Jednakże w latach 70., za sprawą dość niefortunnych opracowań amerykańskiego Biura Spisowego, ugruntowała się opinia, że jest to trudno czytelna forma prezentacji oraz że samo zrozumienie jej sensu może stanowić problem dla przeciętnego użytkownika. Taka opinia stawiała pod znakiem zapytania sens stosowania tej metody w praktyce.

Aby sprawdzić, czy rzeczywiście kartogramy złożone są trudniejsze do interpretacji niż kartogramy proste, przeprowadzono opisany w tej pracy eksperyment z udziałem potencjalnych użytkowników map. Jego celem było porównanie czytelności dwóch rodzajów kartogramów – prostych i złożonych. Wyniki tego eksperymentu świadczą o tym, że warunkiem dobrej czytelności kartogramów złożonych jest stosowanie poprawnych rozwiązań graficznych i ograniczenie liczby klas. Kartogram złożony okazał się lepiej czytelną formą prezentacji pod względem informacji o zależności zjawisk, natomiast na kartogramie prostym łatwiej jest interpretować rozmieszczenie zjawisk na ogól-

nym poziomie percepcji. Z tymi wynikami dość dobrze pokrywają się opinie użytkowników. Kartogramy złożone ocenione zostały jako mapy nieco trudniejsze w interpretacji tylko przez część uczestników badań; jednocześnie ten sposób przedstawienia zjawisk (czyli sama forma prezentacji) wydawał się bardziej oryginalny i ciekawszy. Opinie czytelników wskazują również na to, że kartogramy proste lepiej pokazują rozmieszczenie zjawisk, natomiast kartogramy złożone – zależność zjawisk.

Wyniki tego eksperymentu potwierdziły przypuszczenie, sformułowane w teoretycznej części pracy, że kartogram złożony jest dobrą alternatywą dla kartogramów prostych wtedy, gdy celem prezentacji jest uwidocznienie zależności przedstawianych zjawisk. Stwarza on możliwość bardziej poprawnej interpretacji przestrzennego zróżnicowania zależności zjawisk.

Badania przeprowadzone w ramach tej pracy nie wyczerpują problematyki wykorzystania metody kartogramu do prezentacji zależności zjawisk. W odniesieniu do kartogramów prostych brak jest wciąż jednoznacznego rozwiązania problemu wyznaczania porównywalnych granic klas. Wiele można się jeszcze dowiedzieć o zasadach opracowywania kartogramów złożonych. Warto byłoby również poświęcić więcej uwagi zagadnieniom ich funkcjonowania, na przykład określić, jaki wpływ ma wielkość korelacji przedstawianych zjawisk oraz złożoność graficzna na czytelność tych map. W procesie interpretacji duże znaczenie może mieć również doświadczenie użytkowników w posługiwaniu się mapą (różne możliwości mają zapewne uczniowie szkół średnich i profesjonalni geografowie).

Spośród innych sposobów przedstawiania zależności na uwagę zasługuje wykorzystanie trójkąta Ossanna w legendzie kartogramu. Ta forma prezentacji bywa stosowana w praktyce, niewiele jednak wiadomo na temat zasad jej opracowywania (np. zasad wyznaczania klas). Duże wątpliwości budzą również możliwości poprawnej interpretacji tych map. Potrzebne wydaje się także poznanie właściwości innych form prezentacji (nie tylko kartogramu) w zakresie przedstawiania zależności zjawisk i możliwości wykorzystania różnych zmiennych graficznych do opracowywania tzw. map „dwuzmiennych".

Problematyka kartograficznych form prezentacji zasługuje na zainteresowanie, zwłaszcza wobec nowych możliwości, jakie przyniosła technologia komputerowa, zarówno od strony procesu opracowywania mapy, jak i wykorzystywania jej w procesie wizualizacji danych przestrzennych.

LITERATURA

Andrienko G., Andrienko N., 1999, *Interactive maps for visual data exploration*, International Journal of Geographic Information Science, 13, 4, s. 355–374.

Armstrong R.W., 1969, *Standardized class intervals and rate computation in statistical maps of mortality*, Annals of the Association of American Geographers, 59, 2, s. 382–390.

Atlas Rzeczypospolitej Polskiej, 1993–1997, Warszawa, Główny Geodeta Kraju.

Berlant A.M., 1973, *Mapy wzajemnego powiązania zjawisk i ich zastosowanie w badaniach geograficznych*, Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej, 3/4, s. 51–63.

Bertin J., 1967, *Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes*, Paris, Gauthier-Villars.

Blalock H.M., 1975, *Statystyka dla socjologów*, Warszawa, PWN.

Boczarow M.K., 1966, *Osnowy tieorii projektirowanija sistiem kartograficzeskich znakow*, Moskwa, Izdatielstwo Niedra.

Bonin S., 1989, *Poziomv czytania mapy*, Polski Przegląd Kartograficzny, 21, 2, s. 49–62.

Brewer C.A., 1994, *Color use guidelines for mapping and visualization*, [w:] A.M. MacEachren, D.R.F. Taylor (red.), *Visualization in modern cartography*, s. 123–147, Oxford, Elsevier.

– 2001, *Reflections on mapping Census 2000*, Cartography and Geographic Information Science, 28, 4, s. 213–235.

Brewer C.A., Hatchard G.W., Harrower M.A., 2003, *ColorBrewer in print: a catalog of color schemes for maps*, Cartography and Geographic Information Science, 30, 1, s. 5–32.

Brewer C.A., McMaster R.B., 1999, *The state of academic cartography*, Cartography and Geographic Information Science, 26, 3, s. 215–234.

Brewer C.A., MacEachren A.M., Pickle L.W., Hermann D., 1997, *Mapping mortality: evaluating color schemes for choropleth maps*, Annals of the Association of American Geographers, 87, 3, s. 411–438.

Brewer C.A., Pickle L., 2002, *Evaluation of methods for classifying epidemiological data on choropleth maps in series*, Annals of the Association of American Geographers, 92, 4, s. 662–681.

Brzeziński J., 2002, *Metodologia badań psychologicznych*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.

Carr D.B., Olsen A.R., White D., 1992, *Hexagon mosaic maps for display of univariate and bivariate geographical data*, Cartography and Geographic Information Systems, 19, 4, s. 228–236, 271.

Carstensen L.W., 1982, *A continuous shading scheme for two-variable mapping*, Cartographica, 19, 3/4, s. 53–70.

– 1984, *Perception of variable similarity on bivariate choropleth maps*, The Cartographic Journal, 21, 1, s. 23–29.

– 1986a, *Bivariate choropleth mapping: the effects of axis scaling*, The American Cartographer, 13, 1, s. 27–42.

– 1986b, *Hypothesis testing using univariate and bivariate choropleth maps*, The American Cartographer, 13, 3, s. 231–251.

Choynowski M., 1971, *Podstawy i zastosowania teorii rzetelności testów psychologicznych*, [w:] J. Kozielecki, *Problemy psychologii matematycznej*, s. 66–118, Warszawa, PWN.

Coulson M.R., 1987, *In the matter of class intervals for choropleth maps: with particular reference to the work of George Jenks*, Cartographica, 24, 2, s. 16–39.

Cromley R.G., 1995, *Classed versus unclassed choropleth maps: a question of how many classes,* Cartographica, 32, 4, s. 15–27.

Czuba M., Pasławski J., 1995, *O pomiarze graficznej złożoności kartogramów*, Polski Przegląd Kartograficzny, 27, 3, s. 128–134.

Dąbrowski A., 1980, *Zagadnienie porównywalności kartogramów na przykładzie atlasu województwa płockiego*, Praca magisterska wykonana w Katedrze Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego.

Dixon O.M., 1972, *Methods and progress in choropleth mapping of population density*, The Cartographic Journal, 9, 1, s. 19–29.

Dobson M.W., 1985, *The future of perceptual cartography*, Cartographica, 22, 2, s. 27–43.

Evans I.S., 1977, *The selection of class intervals*, Transactions, Institute of British Geographers, New Series, 2, 1, s. 98–124.

Eyton J.R., 1984, *Complementary-color, two-variable maps*, Annals of the Association of American Geographers, 74, 3, s. 477–490.

Feinberg S.E., 1979, *Graphical methods in statistics,* The American Statistician, 33, 4, s.165–178.

Ferguson G.A., Takane Y., 2003, *Analiza statystyczna w psychologii i pedagogice,* Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Garmiz I.W., 1990, *Kaczestwo kart*, Leningrad, Izdatielstwo Leningradskogo Uniwiersitieta.

Gilmartin P., 1981, *The interface of cognitive and psychophisical research in cartography*, Cartographica, 18, 3, s. 9–20.

– 1992, *Twenty-five years of cartographic research: a content analysis*, Cartography and Geographic Information Systems, 19, 1, s. 37–47.

Gruszczyński L. A., 1999, *Kwestionariusze w socjologii. Budowa narzędzi do badań surveyowych,* Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.

Grygorenko W., 1973, *Postać informacji kartograficznej i jej ocena,* Polski Przegląd Kartograficzny, 5, 2, s. 56–61.

Guilford J. P., 1964, *Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice*, Warszawa, PWN.

Hammond R., McCullagh P.S., 1974, *Quantitative techniques in geography: an introduction*, Oxford, Clarendon Press.

Jenks G.F., 1963, *Generalization in statistical mapping*, Annals of the Association of American Geographers, 53, 1, s. 15–26.

Jenks G.F., Caspall F.C., 1971, *Error on choroplethic maps: definition, measurement, reduction,* Annals of the Association of American Geographers, 61, 2, s. 217–244.

Kałamucki K., 1998, *Kryteria kompleksowej oceny map,* Polski Przegląd Kartograficzny, 30, 2, s. 89–96.

Kendall M., 1975, *Rank correlation methods,* 4th edition, London, Griffin.

Kocimowski K., Kwiatek J., 1977, *Wykresy i mapy statystyczne*, Warszawa, Główny Urząd Statystyczny.

Kraak M.-J., 1998, *The cartographic visualization process: from presentation to exploration*, The Cartographic Journal, 35, 1, s. 11–15.

Kraak M.-J., Ormeling F., 1998, *Kartografia. Wizualizacja danych przestrzennych*, Warszawa, PWN.

Lavin S., Archer J.C., 1984, *Computer-produced unclassed bivariate choropleth maps*, The American Cartographer, 11, 1, s. 49–57.

Leonowicz A., 2002a, *Z problematyki porównywalności kartogramów*, Polski Przegląd Kartograficzny, 34, 1, s.22–33.

– 2002b, *Prezentacja zależności zjawisk metodą kartogramu złożonego*, Polski Przegląd Kartograficzny, 34, 4, s. 273–285.

– 2003a, *Kartogram w programie CommonGIS*, Polski Przegląd Kartograficzny, 35, 3, s. 199–203.

– 2003b, *Research on two-variable choropleth maps as a method for portraying geographical relationship*, Proceedings of 21th International Cartographic Conference „Cartographic Renaissance", Durban, South Afrika: International Cartographic Association.

– 2005, *Redagowanie kartogramów prostych i złożonych a preferencje ich użytkowników*, [w:] W. Pawlak, W. Spallek (red.), *Główne problemy współczesnej kartografii 2005. Projektowanie i redakcja map*, Wrocław, Uniwersytet Wrocławski, s. 157–166.

– 2006a, *Czytelność kartogramów prostych i złożonych – badania eksperymentalne*, Polski Przegląd Kartograficzny, 38, 1, s. 5–23.

– 2006b, *Two-variable choropleth maps as a useful tool for visualization of geographical relationship*, Geografija, 42 (1), s. 33–37.

Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2001 (erster Band), 2002 (zweiter Band), Herausgeber J. Bollman, W.G. Koch, Heidelberg–Berlin: Spectrum Akademischer Verlag.

Lloyd R., Steinke T., 1976, *The decisionmaking process for judging the similarity of choropleth maps,* The American Cartographer, 3, 2, s. 177–184.

– 1977, *Visual and statistical comparison of choropleth maps,* Annals of the Association of American Geographers, 67, 3, s. 429–436.

McCarty H.H., Salisbury N.E., 1961, *Visual comparison of isopleth maps as a means of determining correlations between spatially distributed phenomena*, Iowa Studies in Geography, 3, Iowa City: State University of Iowa.

MacEachren A.M., 1982, *The role of complexity and symbolization method in thematic map effectiveness,* Annals of the Association of American Geographers, 72, 4, s. 495–513.

– 1994, *Visualization in modern cartography: setting the agenda,* [w:] A.M. MacEachren, D.R.F. Taylor (red.), *Visualization in modern cartography*, s. 1–12, Oxford, Elsevier.

– 1995, *How maps work: representation, visualization and design*, New York, Guilford Press.

MaeEachren A.M., Brewer C.A., Pickle L.W., 1998, *Visualizing georeferenced data: representing reliability of health statistics*, Environment and Planning A, 30, 9, s. 1547–1561.

MacEachren A.M., Kraak M.-J., 2001, *Research challenges in geovisualization*, Cartography and Geographic Information Science, 28, 1, s. 3–12.

MacEachren A.M., Monmonier M., 1992, *Geographic visualization: introduction*, Cartography and Geographic Information Systems, 19, 4, s. 197–200.

Mersey J.E., 1990, *Colour and thematic map design: the role of colour sheme and map complexity in choropleth map communication*, Cartographica, 27, 3, s. 1–157.

Meyer M.A., Broome F.R., Schweizer R.H., 1975, *Color statistical mapping by the U. S. Bureau of the Census*, The American Cartographer, 2, 2, s. 100–117.

Monmonier M.S., 1972, *Contiguity-biased class-interval selection: a method of simplifying patterns on statistical maps*, Geographical Review, 62, 2, s. 203–228.

– 1974, *Measures of pattern complexity for choroplethic maps*, The American Cartographer, 1, 2, s. 159–169.

– 1975, *Class intervals to enhance the visual correlation of choropleth maps*, The Canadian Cartographer, 12, 2, s. 161–178.

– 1976, *Modifying objective functions and constraints for maximizing visual correspondence of choropleth maps*, The Canadian Cartographer, 13, 1, s. 21–34.

– 1979, *An alternative isomorphism for mapping correlation*, International Yearbook of Cartography, 19, s.79–88.

– 1992, *Authoring graphic scripts: experiences and principles*, Cartography and Geographic Information Systems, 19, 4, s. 247–260, 272.

– 1996, *How to lie with maps*, Chicago, The University of Chicago Press.

Montello D.R., 2002, *Cognitive map-design research in the twentieth century: theoretical and empirical approaches*, Cartography and Geographic Information Science, 29, 3, s. 283–304.

Muller J.-C., 1976a, *Objective and subjective comparison in choroplethic mapping*, The Cartographic Journal, 13, 2, s. 156–166.

– 1976b, *Number of classes and choropleth pattern characteristics*, The American Cartographer, 3, 2, s. 169–175.

– 1980, *Visual comparison of continuously shaded maps*, Cartographica, 17, 1, s. 44–52.

Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland. Bildung und Kultur (2002), Band 6, Herausgeber Institut für Länderkunde, Leipzig. Heidelberg–Berlin: Spectrum Akademischer Verlag.

Nelson E.S., 1996, *An evaluation of multivariate, quantitative point symbols for maps*, [w:] C.H.Wood, C.P.Keller (red.), *Cartographic design: theoretical and practical perspectives*, New York, John Wiley & Sons, s. 91–210.

– 1999, *Using selective attention theory to design bivariate point symbolsm*, Cartographic Perspectives, 32, s. 6–28.

– 2000a, *Designing effective bivariate symbols: the influence of perceptual grouping processes,* Cartography and Geographic Information Science, 27, 4, s. 261–278.

– 2000b, *The impact of bivariate symbol design on task performance in a map setting,* Cartographica, 37, 4, s. 61–78.

Norcliffe G.B., 1986, *Statystyka dla geografów,* Warszawa, PWN.

Nowak S., 1985, *Metodologia badań społecznych,* Warszawa, PWN.

Olson J., 1972a, *The effect of class interval systems on choropleth map correlation,* The Canadian Cartographer, 9, 1, s. 44–49.

– 1972b, *Class interval systems on maps of observed correlated distributions,* The Canadian Cartographer, 9, 2, s. 122–131.

– 1975, *The organization of color on two-variable maps,* [w:] Proceedings of the International Symposium on Computer-assisted Cartography, Auto-Carto II, s. 289–294.

– 1981, *Spectrally encoded two-variable maps,* Annals of the Association of American Geographers, 71, 2, s. 259–276.

– 1984, *Cognitive issues in map use,* International Yearbook of Cartography, 24, s. 151–157.

Osowski F., Brokman L., 1984, *Elementy kartografii,* Wyd. 5, Warszawa, PPWK.

Parysek J., Wojtasiewicz L., 1979, *Metody analizy regionalnej i metody planowania regionalnego,* Studia Komitetu Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, 69, Warszawa, PWN.

Pasławski J., 1982, *Reflections on choropleth presentation as a map of regional atlas,* Geographia Polonica, 48, s. 131–140.

– 1986, *Kartogramy w atlasach regionalnych,* [w:] *Polskie atlasy regionalne,* Materiały Ogólnopolskich Konferencji Kartograficznych, 12, s. 95–101.

– 1992, *Kartogram jako forma prezentacji kartograficznej,* Warszawa, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.

– 2003, *Jak opracować kartogram,* Wyd. 2, Warszawa, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych.

Peterson M.P., 1979, *An evaluation of unclassed crossed-line choropleth mapping,* The American Cartographer, 6, 1, s. 21–37.

Przewoźnik A., 1989, *Zasady redagowania kartogramu złożonego,* Praca magisterska wykonana w Katedrze Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego.

Racine J.B., Reymond H., 1977, *Analiza ilościowa w geografii,* Warszawa, PWN.

Ratajski L., 1970, *Kartologia,* Polski Przegląd Kartograficzny, 2, 3, s. 97–110.

– 1989, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej,* Wyd. 2. Warszawa, PPWK.

Robinson A.H., 1952, *The look of maps: an examination of cartographic design,* Madison, University of Wisconsin Press.

Robinson A.H., Morrison J.L., Muehrcke P.C., Kimerling A.J., Guptill S.C., 1995, *Elements of cartography,* 6th ed., New York, John Wiley & Sons.

Robinson A.H., Sale R., Morrison J.L., 1978, *Elements of cartography.* 4th ed., New York, John Wiley & Sons. (Tłum. polskie: *Podstawy kartografii,* Warszawa, PWN, 1988).

Saliszczew K.A., 1998, *Kartografia ogólna,* Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.

Słownik języka polskiego, 1998, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.

Stegena L., Csillag F., 1987, *Statistical determination of class intervals for maps*, The Cartographic Journal, 24, 2, s. 142–145.

Steinke T., Lloyd R., 1981, *Cognitive integration of objective choropleth map attribute information*, Cartographica, 18, 1, s. 13–23.

– 1983, *Judging the similarity of choropleth map images*, Cartographica, 20, 4, s. 35–42.

Sułek A., 1979, *Eksperyment w badaniach społecznych*, Warszawa, PWN.

Trumbo B.E.,1981, *A theory for coloring bivariate statistical maps*, American Statistician, 35, 4, s. 220–226.

Weiner H., Francolini C.M., 1980, *An empirical inquiry concerning human understanding of two-variable map*, The American Statistician, 34, 2, s. 81–93.

Zimbardo Ph. G., 1999, *Psychologia i życie*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.

Żyszkowska W., 1993, *Złożoność jako właściwość obrazu kartograficznego i jej wpływ na odbiór mapy*, Polski Przegląd Kartograficzny, 25, 3, s. 116–125.

– 2000, *Semiotyczne aspekty wizualizacji kartograficznej*, Studia Geograficzne, 73, Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.

CHOROPLETH MAPS AS A METHOD OF REPRESENTING GEOGRAPHICAL RELATIONSHIP

Summary

Choropleth mapping is a common cartographic technique used by cartographers and geographers to visualize enumeration data. The most popular one-variable choropleth method allows depicting single geographic feature on a separate map. Such maps are readable and well understood by their users, so the information about distribution is easy to access. This simple form of visualization is however not sufficient in more complex studies, when different phenomena and their interrelationships must be considered. Making a series of complementary one-variable choropleth maps is not an easy task – e.g. the issue of the appropriate class selection still remains unsolved. Also the perception of such maps often becomes a serious problem. Reading relationship i.e. discovering similarity or difference between map patterns is possible only when individual maps are read separately and than compared with each other. As it has been proved in many experiments, the human vision is misleading in this process (McCarty, Salisbury 1961; Muller 1976a, 1980; Lloyd, Steinke 1976; Steinke, Lloyd 1981, 1983; Peterson 1979). Visual judgment of map similarity does not always confirm the correlation calculated for particular maps. The bias can result from such factors like: map complexity, similarity of blackness, similarity of maps pattern, correlation rate (positive or negative), degree of association (certain levels of correlation may be more difficult to judge), user's experience in map reading. Further, areal units can gain relative significance due to their size, shape, location (central, peripheral), data class they belong to (extreme or middle) and geographical knowledge of the map reader. Because it is difficult to produce easily comparable one-variable choropleth maps, it seems necessary to find more efficient ways of visualizing geographic relationship. Two-variable maps seem to be a reasonable solution.

Two-variable choropleth technique can be defined as a variation of simple choropleth map that enables to portray two phenomena simultaneously. It is achieved by covering each aerial unit by tone (or pattern) representing combination of values of two variables. Most often two-variable maps arc used to show casual relationship between two phenomena, e.g. the use of fertilizers and yields, farm size and production value. They can also be used for presentation of two independent variables: the superimposition of such variables is often meaningful for the main map topic, e.g. density of road network and railroad network. Data classification for two-variable maps is most often performed on a statistical scattergram. The number of classes, that is possible to deal with by the reader, is limited to: 4 (2×2) or 9 (3×3) classes. Maps with more than 9 classes (e.g. 16 (4×4) classes) are too complex for the users – this was proved experimentally (Olson 1981).

During the class selection a distinction between two kinds of observations is made. Observations whose values confirm strong relationship between variables are grouped in classes of the main diagonal line of the legend box, other units which values are not expected – these are values of positive and negative deviations from a linear relationship, are grouped in off-diagonal classes (fig. 24). Such classification can be performed only when the line of best fit is placed on the legend diagonal. J. Olson (1975) suggested using the line of equal standard deviations. To place diagonal class-

es on that line, class intervals should be selected at standardized values. Figure 13 illustrates one of the classification methods that meets this requirement. 9 (3×3) classes were selected, data set division is based on the line of equal standard deviations, class intervals are placed symmetrically to the arithmetical means at standardized values – middle class intervals are equal with one standard deviation unit; class frequency, especially diagonal classes, does not vary greatly.

Two-dimensional colour schemes are normally used as a graphic representation for two-variable choropleth maps. Such colour scheme is constructed as a combination of two sets of colours. Each distribution is represented by value differences; hue separates variables from each other (Brewer 1994). Interesting graphic solution, showed on figure 21, was proposed by J.R. Eyton (1984). This two-variable scheme uses complementary hues (cyan and red) for representing each of the variables. The mixture of complementary colour progressions produces shades of grey on the legend diagonal. The whole colour scheme is logically ordered – grey indicate the strong relationship between variables, reddish hues – values above the diagonal, bluish hues – values below the diagonal. The distinction between observations confirming strong linear relationship and observations of positive and negative residuals can be made easily.

The quality of readers' perception is considered to be an important limitation of two-variable choropleth maps. The negative opinion about their effectiveness is based mainly on maps published in the 1970s by the U. S. Bureau of the Census. It was evidenced experimentally that these maps were difficult to deal with by the map reader (Weiner, Francolini 1980; Olson 1981). Two-variable maps were found less effective then one-variable ones in reading specific as well as general information. They appeared hard to understand; especially the use of two-variable legend was found demanding for the users. Therefore cartographers became sceptical about possibility to use two-variable maps in practice. Poor readability of Census maps does not however result from two-variable method itself but mainly from inappropriate graphic representation developed by U.S. Bureau of the Census (fig. 18). Legend box consisted of too many classes – 16 (4×4), which were difficult to distinguish especially in the map context; two-dimensional spectral colour scheme lacks visual logic – lowest classes, marked in yellow, stand apart from the other ones, violet hues used for higher classes are difficult to discriminate; green hue is intuitively perceived as individual colour not as a combination of blue and yellow. Given this problems it is not surprising that Census maps were difficult to interpret. It can be assumed that two-variable maps could be better understood by their readers, if only they were properly designed – by the use of proper graphic and reduction of the number of classes.

In order to check if properly designed two-variable choropleth maps can be well understood by their readers, an experimental test was conducted, in which the effectiveness of one-variable and two-variable solution was compared. It was hypothesized that one-variable maps are more appropriate to show spatial distribution and two-variable maps, if properly designed, make the geographic relationship easier to interpret. The participants were 128 students of geography at Warsaw University. The students were at the beginning of the first year of studies, so they were not accustomed to cartographic presentation methods. They performed different typical map-reading tasks on one-variable and two-variable choropleth maps. The students were divided into two groups. Each student performed the test twice, each time using other type of maps – the first group worked with one-variable maps first, the second group worked with two-variable maps first. In order to design comprehensive two-variable

maps a complementary color scheme, proposed by J.R. Eyton (1984), was used and number of classes was limited to 9 (3×3). The maps created for experiment looked like the actual census maps (Appendix 1, 2). The test consisted of six tasks. The students were asked to extract from maps information about the distributions (tasks Rp1, Rp2, Rp3) and variables relationship (tasks Zp1, Zp2, Zp3). Questions were asked about specific as well as about general information; they referred to individual enumeration units, regions and whole maps. As a test result percent of correct responses was calculated. At the end of experiment students expressed their opinions and preferences about both types of maps. They were asked to rate the maps on a scale of zero to four for six different criteria, which were formulated as polar word pairs. The students judged: if maps seemed "uninteresting" or "interesting" (question 7.1), "difficult" or "easy to read" (7.2), if the method of presentation is "usual" or "unusual" (7.3), "uninteresting" or "interesting" (7.4), if maps "show" or "do not show spatial distribution" (7.5), "show" or "do not show spatial relationship" (7.6). In the last question (8) students were ask which information was easier to read – about distribution or about relationship – they were also to write commentary about the answer chosen.

Differences in accuracy of responses for one-variable and two-variable maps were checked for significance by the use of Wilcoxon matched pairs test. There were significant differences (at $p<0,05$) in accuracy of reading general pattern of spatial distributions and in reading spatial relationship at every level of perception (Table 6, 11). Students were generally not able to easily read general pattern of univariate distributions on two-variable maps. In opposite, reading spatial relationship appeared more difficult on one-variable maps. The sign test was applied to check for significant differences in students' opinions. There were significant differences (at $p<0,05$) in almost every criterion of rating (except of the question of interest in maps) (Table 15). Students' opinions generally confirmed the results of the test questions. One-variable solution was found more appropriate to read distribution and two-variable solution – to read variables relationship. Two-variable maps were rated as a little bit more difficult to interpret but this form of presentation seemed more unusual and interesting. Almost 90 percent of respondents judged that it is information about distribution that can be more easily perceived on the one-variable maps. In ease of two-variable maps students were not in agreement – almost one half of the respondents judged information about relationship as easier to notice, other half judged it differently.

The results of this experiment verify opinion about poor readability of two-variable choropleth maps. These maps, if properly designed, can be quite properly understood by the map readers and can be useful in visual exploration of geographical data, especially when the relationship between phenomena is of main interest.

Translated by Anna Maria Leonowicz

Adres autora:

Anna Maria Leonowicz
Pracownia Kartografii i Systemów Informacji Geograficznej, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa

E.mail: aleon@twarda.pan.pl

Załącznik 1.

KWESTIONARIUSZ DO BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH, KARTOGRAM PROSTY

INSTRUKCJA

Test, w którym bierzesz udział, jest anonimowy. Jego wyniki zostaną wykorzystane w badaniach naukowych na temat percepcji map.

Celem testu nie jest sprawdzenie Twojej wiedzy geograficznej. Zostaniesz natomiast poproszony(-a) o przyjrzenie się kilku mapom i rozwiązanie, na ich podstawie, zadań testowych.

Test składa się z trzech części. Zadania w pierwszych dwóch częściach należy rozwiązać na podstawie map dołączonych do każdej części. Trzecia część to pytania o twoją opinię na temat map, na podstawie których rozwiązywałeś(-aś) zadania w pierwszych dwóch częściach testu.

Postaraj się rozwiązywać zadania najlepiej jak potrafisz. Ważne jest, abyś udzielił(-a) wszystkich wymaganych w teście odpowiedzi. Niektóre z zadań będą dla Ciebie bardzo łatwe, inne mogą sprawić więcej trudności. W przypadku tych trudniejszych udzielaj odpowiedzi nawet wtedy, gdy nie masz całkowitej pewności, że Twoja odpowiedź jest właściwa.

Nie zatrzymuj się zbyt długo na żadnym z pytań. Na rozwiązanie testu masz około 25 minut. Po upływie każdych 5 minut zostaniesz poinformowany(-a) przez prowadzącego badania, ile czasu pozostało jeszcze do końca testu. Pomoże Ci to właściwie rozłożyć czas – 10 minut na pierwszą część testu, 10 minut na drugą część i 5 minut na trzecią. Udzielaj odpowiedzi w kolejności, nie wracaj do zadań, które już zostały rozwiązane i nie poprawiaj odpowiedzi.

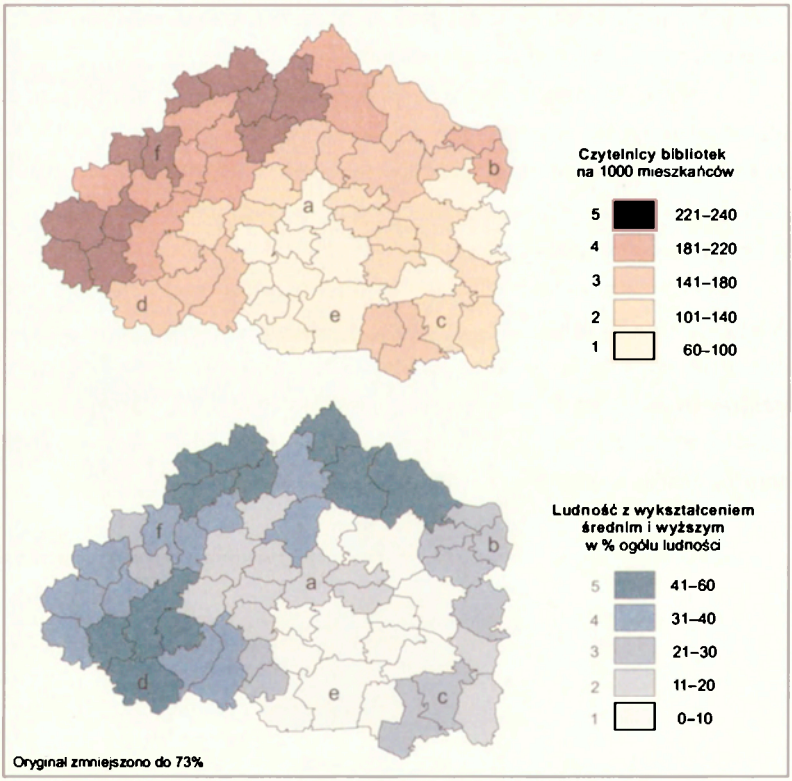
Dziękuję za udział w tym badaniu

Anna Leonowicz

CZĘŚĆ I

Te dwie mapy pochodzą z jednego z państw Unii Europejskiej. Obszar przedstawiony na mapach został podzielony na 56 jednostek administracyjnych, dla których zostały zebrane dane na temat liczby czytelników bibliotek na 1000 mieszkańców oraz odsetka ludności ze średnim i wyższym wykształceniem. Każda mapa pokazuje jedno zjawisko. Dane statystyczne dotyczące każdego ze zjawisk podzielone zostały na pięć klas wartości i przedstawione na mapie za pomocą skali barwnej. Barwy zmieniają się wraz z natężeniem zjawiska – niskim wartościom odpowiadają barwy jasne, wysokim wartościom odpowiadają barwy ciemne.

Przyjrzyj się tym mapom. Na ich podstawie rozwiąż trzy zadania na kolejnych stronach testu.



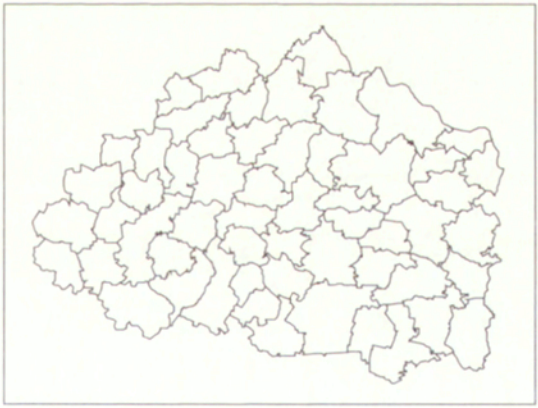
1. Niektóre spośród jednostek na mapach oznaczone zostały literami a–f. Dla każdej z tych jednostek odczytaj klasę wartości (**1**–5) obu przedstawionych zjawisk i wpisz w tabeli odpowiednie cyfry (tak, jak wykonano to w przypadku jednostki oznaczonej literą a).

	Czytelnicy bibliotek klasa wartości (1–5)	Ludność z wykształceniem średnim i wyższym klasa wartości (1–5)
a	1	2
b		
c		
d		
e		
f		

KP.R.p1

2. Na kolorowych mapach znajdź wszystkie takie jednostki, w których liczba **czytelników bibliotek** przypadająca na 1000 mieszkańców mieści się w przedziale **od 101 do 140**. Zaznacz te jednostki na konturowej mapie umieszczonej poniżej wpisując w każdej z nich cyfrę 1.

Znajdź również wszystkie te jednostki, w których udział **ludności z wykształceniem średnim i wyższym** jest większy od **30%**. Zaznacz je na mapie poniżej wpisując w każdej z nich cyfrę 2.



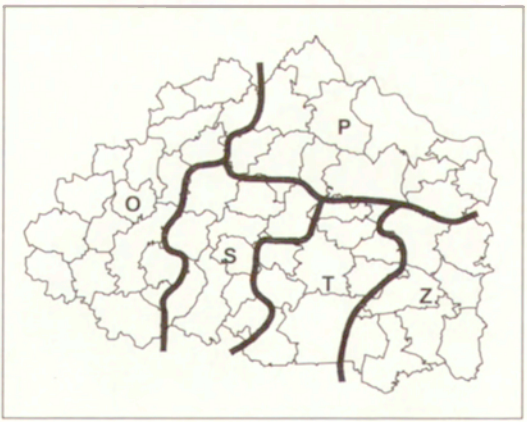
KP.R.p2

3. Na mapie konturowej poniżej wydzielono pięć regionów oznaczonych literami G, H, K, L, M. Uszereguj je według liczby **czytelników bibliotek** na 1000 mieszkańców w ten sposób, aby region oznaczony liczbą 5 charakteryzował się **najwyższymi** wartościami, zaś region oznaczony liczbą 1 – **najniższymi** wartościami.

Czytelnicy bibliotek

5. _____
4. _____
3. _____
2. _____
1. _____

Na mapie konturowej poniżej wydzielono pięć innych regionów oznaczonych literami O, P, S, T, Z. Uszereguj je według udziału **ludności z wykształceniem średnim i wyższym** w ten sposób, aby region oznaczony liczbą 5 charakteryzował się **najwyższymi** wartościami, zaś region oznaczony liczbą 1 – **najniższymi** wartościami.



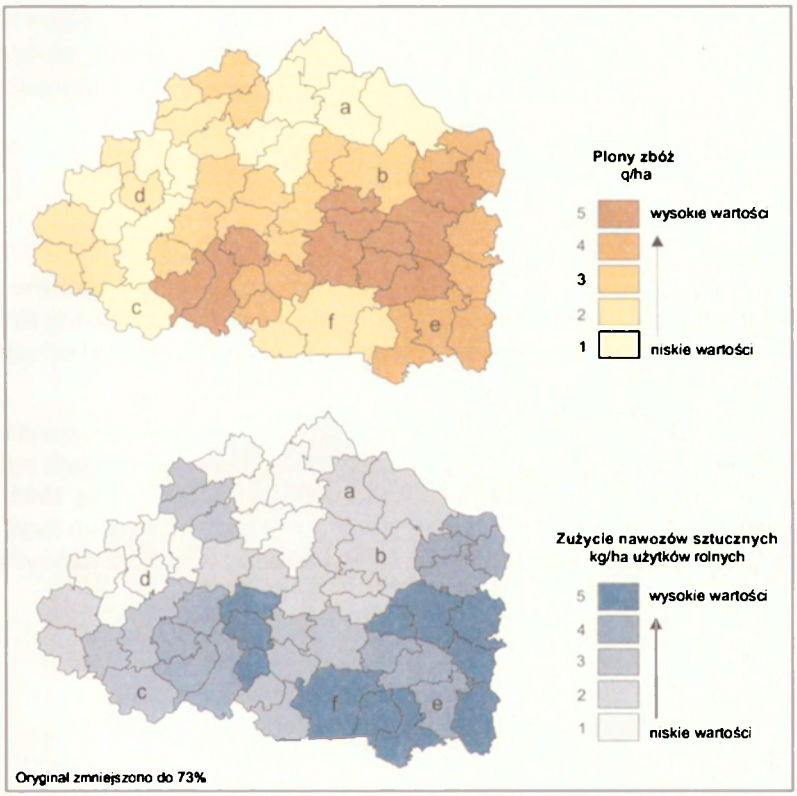
Ludność z wykształceniem średnim i wyższym

5. _____
4. _____
3. _____
2. _____
1. _____

KP.R.p3

CZĘŚĆ II

Na tych dwóch mapach przedstawiono dwa inne zjawiska: plony zbóż oraz zużycie nawozów sztucznych. Sposób przedstawienia danych statystycznych jest taki sam jak na mapach z pierwszej części testu. Przyjrzyj się tym mapom i na ich podstawie rozwiąż trzy kolejne zadania testu.



4. Niektóre spośród jednostek na mapch oznaczone zostały literami a–f. Dla każdej z tych jednostek zaznacz w tabeli znakiem × to zjawisko, które ma **wyższe** wartości (tak, jak wykonano to w przypadku jednostki oznaczonej literą a). Jeżeli wartości obu zjawisk należą do tej samej klasy, zaznacz oba zjawiska.

	Plony zbóż	**Zużycie nawozów sztucznych**
a		×
b		
c		
d		
e		
f		

KP.Z.p1

5. Na kolorowych mapach znajdź wszystkie takie jednostki, w których **zarówno plony zbóż** jak i **zużycie nawozów sztucznych** mają wartości należące do najniższej **(1)** klasy wartości. Zaznacz je na mapie konturowej umieszczonej poniżej wpisując w każdej z nich cyfrę 1.

Klasy wartości oznaczone w legendzie map liczbą 3 grupują jednostki o średnich wartościach zjawiska. W klasach 4 i 5 grupują się jednostki o wartościach wyższych niż średnie. Znajdź wszystkie takie jednostki, w których zarówno **plony zbóż** jaki i **zużycie nawozów sztucznych** przyjmują wartości wyższe od średnich (czyli z klas **4** i **5**). Zaznacz je na mapie konturowej poniżej wpisując w każdej z nich cyfrę 2.

KP.Z.p2

6. Przyjrzyj się raz jeszcze kolorowym mapom. Wyobraź sobie, że jesteś geografem, który szuka przyczyny zróżnicowania plonów zbóż na tym obszarze. Jak sądzisz, czy zależą one od zużycia nawozów sztucznych? Gdyby taka zależność istniała, wówczas tam, gdzie zużywa się więcej nawozów osiąganoby również wyższe plony; tam zaś, gdzie zużywa się mało nawozów, plony byłyby niskie.

Porównaj ze sobą obie mapy. Wybierz **pięć** jednostek, które najbardziej przekonują cię o tym, że wysokość plonów zależy od zużycia nawozów sztucznych. Zaznacz je na mapie poniżej wpisując w nich cyfrę 1.
Wybierz również **pięć** jednostek, które najbardziej przekonują cię o tym, że takiej zależności nie ma. Zaznacz je na mapie poniżej wpisując w nich cyfrę 2.

KP.Z.p3

CZĘŚĆ III

7. Twoja opinia o mapach

Jaka jest Twoja opinia o mapach, na podstawie których rozwiązywałeś(-aś) zadania w poprzednich częściach testu? Oceń je w skali od 0 do 4 pod względem sześciu różnych kryteriów, które sformułowane zostały w postaci par przeciwstawnych określeń. Dla każdej pary zakreśl jedną cyfrę.

Mapy oceniam jako:

	0	1	2	3	4
7.1.	mało interesujące				interesujące
	0	1	2	3	4
7.2.	trudne w interpretacji				łatwe w interpretacji

Sposób przedstawienia zjawisk na mapach jest:

	0	1	2	3	4
7.3.	typowy				nietypowy
	0	1	2	3	4
7.4.	nieciekawy				ciekawy

Twoim zdaniem, mapy

	0	1	2	3	4
7.5.	nie pokazują rozmieszczenia zjawisk				pokazują rozmieszczenie zjawisk
	0	1	2	3	4
7.6.	nie pokazują zależności zjawisk				pokazują zależność zjawisk

8. Wybierz jedną z możliwych odpowiedzi, a następnie uzasadnij swój wybór.

Czy Twoim zdaniem na mapach:

- ☐ łatwiej jest czytać rozmieszczenie zjawisk
- ☐ łatwiej jest czytać zależności zjawisk
- ☐ taką samą trudność sprawia czytanie rozmieszczenia jak i zależności zjawisk

Dlaczego?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Dane osobowe
Płeć: Mężczyzna ☐ Kobieta ☐
Wiek: .....

Załącznik 2.

KWESTIONARIUSZ DO BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH, KARTOGRAM ZŁOŻONY

INSTRUKCJA

Test, w którym bierzesz udział, jest anonimowy. Jego wyniki zostaną wykorzystane w badaniach naukowych na temat percepcji map.

Celem testu nie jest sprawdzenie Twojej wiedzy geograficznej. Zostaniesz natomiast poproszony(-a) o przyjrzenie się kilku mapom i rozwiązanie, na ich podstawie, zadań testowych.

Test składa się z trzech części. Zadania w pierwszych dwóch częściach należy rozwiązać na podstawie map dołączonych do każdej części. Trzecia część to pytania o twoją opinię na temat map, na podstawie których rozwiązywałeś(-aś) zadania w pierwszych dwóch częściach testu.

Postaraj się rozwiązywać zadania najlepiej jak potrafisz. Ważne jest, abyś udzielił(-a) wszystkich wymaganych w teście odpowiedzi. Niektóre z zadań będą dla Ciebie bardzo łatwe, inne mogą sprawić więcej trudności. W przypadku tych trudniejszych udzielaj odpowiedzi nawet wtedy, gdy nie masz całkowitej pewności, że Twoja odpowiedź jest właściwa.

Nie zatrzymuj się zbyt długo na żadnym z pytań. Na rozwiązanie testu masz około 25 minut. Po upływie każdych 5 minut zostaniesz poinformowany(-a) przez prowadzącego badania, ile czasu pozostało jeszcze do końca testu. Pomoże Ci to właściwie rozłożyć czas – 10 minut na pierwszą część testu, 10 minut na drugą część i 5 minut na trzecią. Udzielaj odpowiedzi w kolejności, nie wracaj do zadań, które już zostały rozwiązane i nie poprawiaj odpowiedzi.

Dziękuję za udział w tym badaniu

Anna Leonowicz

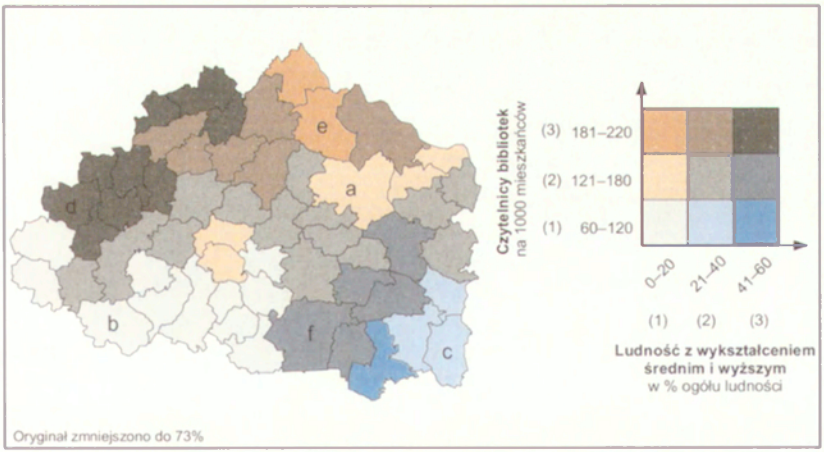
CZĘŚĆ I

Ta mapa pochodzi z jednego z państw Unii Europejskiej. Obszar przedstawiony na mapie został podzielony na 56 jednostek administracyjnych, dla których zostały zebrane dane na temat liczby czytelników bibliotek na 1000 mieszkańców oraz odsetka ludności ze średnim i wyższym wykształceniem. Oba zjawiska przedstawione zostały na jednej mapie.

Przyjrzyj się najpierw legendzie mapy. Czytelników bibliotek reprezentuje pionowa oś legendy, ludność z wykształceniem średnim i wyższym – pozioma oś legendy. Dane statystyczne dotyczące każdego ze zjawisk podzielone zostały na trzy klasy wartości: w pierwszej z klas znajdują się wartości niskie, w drugiej – – średnie, w trzeciej – wysokie. W rezultacie w legendzie powstało dziewięć wydzieleń (3×3=9 możliwych kombinacji klas wartości obu zjawisk).

Zauważ teraz, że na przekątnej legendy znajdują się klasy o barwie szarej, w których oba zjawiska przyjmują podobne wartości, np. niskie–niskie, wysokie– –wysokie. W lewym górnym i prawym dolnym rogu legendy znajdują się klasy o barwie czerwonej i niebieskiej, w których zjawiska przyjmują wartości znacznie różniące się od siebie, na przykład. niskie–wysokie, wysokie–niskie.

Przyjrzyj się teraz mapie. Na jej podstawie rozwiąż trzy zadania na kolejnych stronach testu.



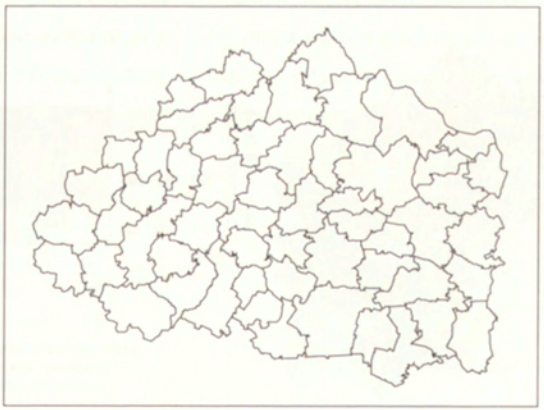
1. Niektóre spośród jednostek na mapie oznaczone zostały literami a–f. Dla każdej z tych jednostek odczytaj klasę wartości (1–3) obu przedstawionych zjawisk i wpisz w tabeli odpowiednie cyfry (tak, jak wykonano to w przypadku jednostki oznaczonej literą a).

	Czytelnicy bibliotek klasa wartości (1–3)	Ludność z wykształceniem średnim i wyższym klasa wartości (1–3)
a	2	1
b		
c		
d		
e		
f		

KZ R.p1

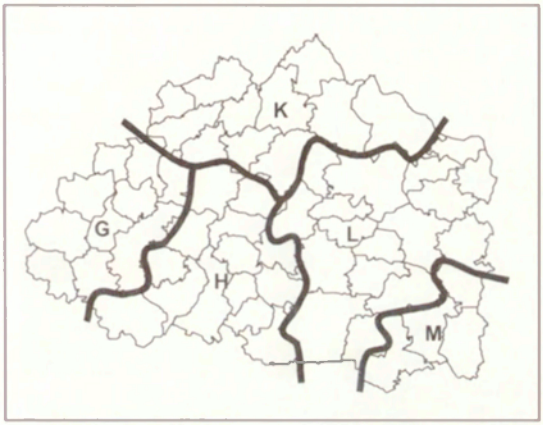
2. Na kolorowej mapie znajdź wszystkie takie jednostki, w których liczba **czytelników bibliotek** mieści się w przedziale **od 60 do 120.** Zaznacz je na mapie konturowej umieszczonej poniżej wpisując w każdej z nich cyfrę 1.

Następnie znajdź wszystkie takie jednostki, w których udział **ludności z wykształceniem średnim i wyższym** mieści się w przedziale **od 41 do 60.** Zaznacz je na mapie poniżej wpisując w każdej z nich cyfrę 2.



KZ.R.p2

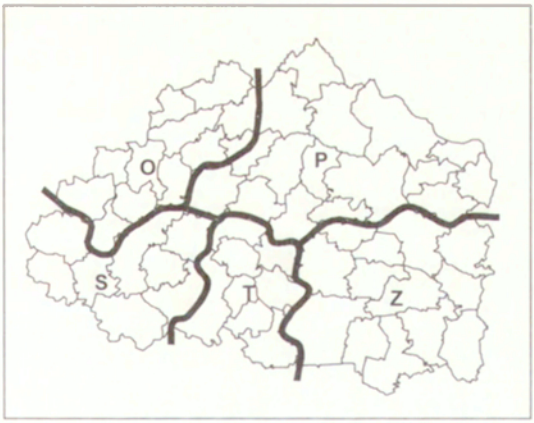
3. Na mapie konturowej poniżej wydzielono pięć regionów oznaczonych literami G, H, K, L, M. Uszereguj je według liczby **czytelników bibliotek** na 1000 mieszkańców w ten sposób, aby region oznaczony liczbą 5 charakteryzował się **najwyższymi** wartościami, zaś region oznaczony liczbą 1 – **najniższymi** wartościami.



Czytelnicy bibliotek

5. _____
4. _____
3. _____
2. _____
1. _____

Na mapie konturowej poniżej wydzielono pięć innych regionów oznaczonych literami O, P, S, T, Z. Uszereguj je według udziału **ludności z wykształceniem średnim i wyższym** w ten sposób, aby region oznaczony liczbą 5 charakteryzował się **najwyższymi** wartościami, zaś region oznaczony liczbą 1 – **najniższymi** wartościami.



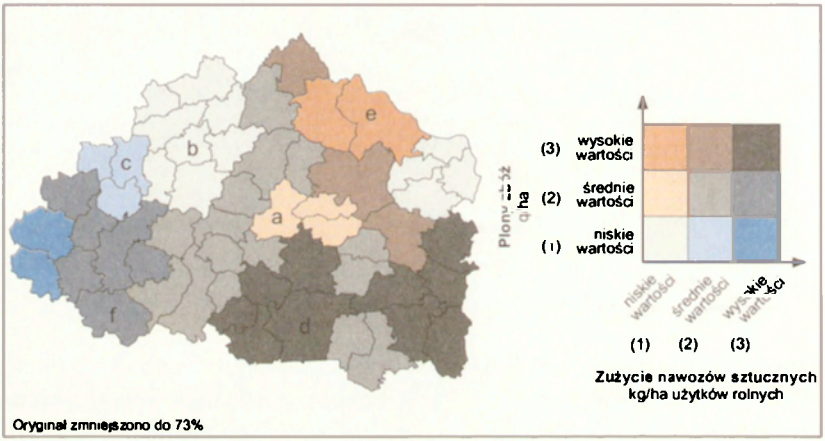
Ludność z wykształceniem średnim i wyższym

5. _____
4. _____
3. _____
2. _____
1. _____

KZ.R.p3

CZĘŚĆ II

Na tej mapie przedstawiono dwa inne zjawiska: plony zbóż oraz zużycie nawozów sztucznych. Sposób przedstawienia danych statystycznych jest taki sam jak na mapie z pierwszej części testu. Przyjrzyj się tej mapie i na jej podstawie rozwiąż trzy kolejne zadania testu.



4. Niektóre spośród jednostek na mapie oznaczone zostały literami a–f. Dla każdej z tych jednostek zaznacz w tabeli znakiem × to zjawisko, które ma **wyższe** wartości (tak, jak wykonano to w przypadku jednostki oznaczonej literą a). Jeżeli wartości obu zjawisk należą do tej samej klasy, zaznacz oba zjawiska.

	Plony zbóż	**Zużycie nawozów sztucznych**
a	×	
b		
c		
d		
e		
f		

KZ.Z.p1

5. Na kolorowej mapie znajdź wszystkie takie jednostki, które charakteryzują się niskimi **plonami zbóż** – klasa wartości niskich **(1)** i jednocześnie niskim **zużyciem nawozów sztucznych** – również klasa wartości niskich **(1)**. Zaznacz je na mapie konturowej umieszczonej poniżej wpisując w każdej z nich cyfrę 1.

Następnie znajdź wszystkie takie jednostki, które charakteryzują się niezbyt wysokimi **plonami zbóż** – klasa wartości średnich **(2)** i wysokim **zużyciem nawozów sztucznych** – – klasa wartości wysokich **(3)**. Zaznacz je na mapie poniżej wpisując w każdej z nich cyfrę 2.

KZ.Z.p2

6. Wyobraź sobie, że jesteś geografem, który zastanawia się nad tym, od czego zależna jest wysokość plonów zbóż. Czy sądzisz, że zależą one od zużycia nawozów sztucznych? Gdyby taka zależność istniała, wówczas tam, gdzie zużywa się więcej nawozów osiąganoby również wyższe plony; tam zaś, gdzie zużywa się mało nawozów, plony byłyby niskie.

Przyjrzyj się jeszcze raz kolorowej mapie. Wybierz **pięć** jednostek, które najbardziej przekonują cię o tym, że wysokość plonów zależy od zużycia nawozów sztucznych. Zaznacz je na mapie konturowej poniżej wpisując w nich cyfrę 1.
Wybierz również **pięć** jednostek, które najbardziej przekonują cię o tym, że takiej zależności nie ma. Zaznacz je na mapie poniżej wpisując w nich cyfrę 2.

KZ.Z.p3

CZĘŚĆ III

7. Twoja opinia o mapach

Jaka jest Twoja opinia o mapach, na podstawie których rozwiązywałeś(-aś) zadania w poprzednich częściach testu? Oceń je w skali od 0 do 4 pod względem sześciu różnych kryteriów, które sformułowane zostały w postaci par przeciwstawnych określeń. Dla każdej pary zakreśl jedną cyfrę.

Mapy oceniam jako:

	0	1	2	3	4
7.1.	mało interesujące				interesujące
	0	1	2	3	4
7.2.	trudne w interpretacji				łatwe w interpretacji

Sposób przedstawienia zjawisk na mapach jest:

	0	1	2	3	4
7.3.	typowy				nietypowy
	0	1	2	3	4
7.4.	nieciekawy				ciekawy

Twoim zdaniem, mapy

	0	1	2	3	4
7.5.	nie pokazują rozmieszczenia zjawisk				pokazują rozmieszczenie zjawisk
	0	1	2	3	4
7.6.	nie pokazują zależności zjawisk				pokazują zależność zjawisk

8. Wybierz jedną z możliwych odpowiedzi, a następnie uzasadnij swój wybór.

Czy Twoim zdaniem na mapach:

- ☐ łatwiej jest czytać rozmieszczenie zjawisk
- ☐ łatwiej jest czytać zależności zjawisk
- ☐ taką samą trudność sprawia czytanie rozmieszczenia jak i zależności zjawisk

Dlaczego?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Dane osobowe
Płeć: Mężczyzna ☐ Kobieta ☐
Wiek: .....

Załącznik 3.

ROZWIĄZANIE ZADAŃ TESTOWYCH, KARTOGRAM PROSTY

KP.R.p1

	Czytelnicy bibliotek	Ludność z wykształceniem średnim i wyższym
a	1	2
b	4	3
c	2	3
d	3	5
e	1	1
f	5	4

KP.Z.p1

	Plony zbóż	Zużycie nawozów sztucznych
a		×
b	×	
c		×
d	×	
e	×	×
f		×

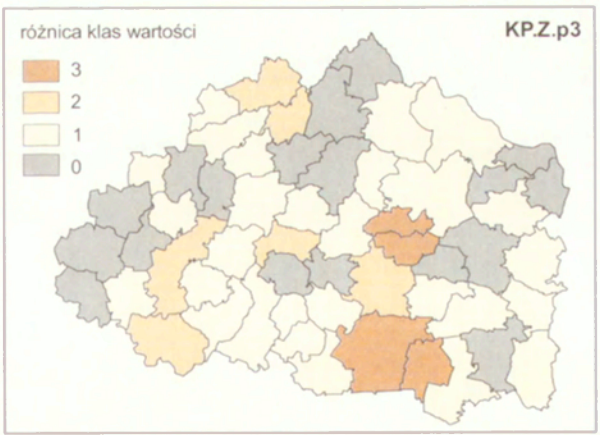
KP.R.p3

Czytelnicy bibliotek:

5. **G**
4. **K**
3. **H**
2. **M**
1. **L**

Ludność z wykształceniem średnim i wyższym:

5. **O**
4. **P**
3. **S**
2. **Z**
1. **T**



Załącznik 4.

ROZWIĄZANIE ZADAŃ TESTOWYCH, KARTOGRAM ZŁOŻONY

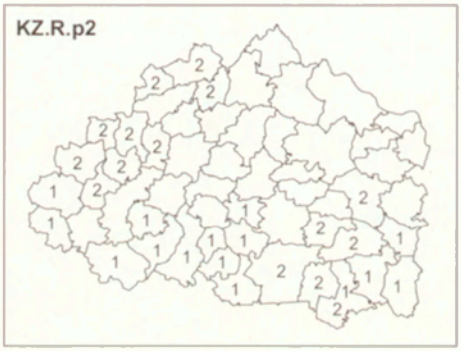
KZ R.p1

	Czytelnicy bibliotek	Ludność z wykształceniem średnim i wyższym
a	2	1
b	1	1
c	1	2
d	3	3
e	3	1
f	2	3

KZ.Z.p1

	Plony zbóż	Zużycie nawozów sztucznych
a	×	
b	×	×
c		×
d	×	×
e	×	
f		×

KZ.R.p2



KZ.Z.p2

KZ.R.p3

Czytelnicy bibliotek:

5. **K**
4. **G**
3. **L**
2. **H**
1. **M**

Ludność z wykształceniem średnim i wyższym:

5. **O**
4. **Z**
3. **P**
2. **S**
1. **T**

różnica klas wartości

KZ.Z.p3

Załącznik 5.

WYNIKI ZADAŃ TESTOWYCH

zadanie		kartogram prosty			kartogram złożony		
		I tura	II tura	obie tury	I tura	II tura	obie tury
Rp1	x	98,10	97,90	98,00	98,73	99,30	99,00
	σ	5,64	8,71	7,30	4,58	3,20	3,97
	N	63	62	125	63	57	120
Rp2	x	94,77	91,15	92,96	88,47	87,76	88,14
	σ	10,83	20,77	16,59	23,94	25,78	24,72
	N	62	62	124	61	55	116
Rp3	x	96,51	96,13	96,32	72,38	77,54	74,83
	σ	8,45	8,75	8,57	26,26	18,64	23,01
	N	63	62	125	63	57	120
Zp1	x	95,24	94,58	94,92	97,24	98,55	97,88
	σ	9,98	11,64	10,78	12,11	5,24	9,40
	N	63	59	122	58	55	113
Zp2	x	84,28	88,20	86,29	92,53	97,43	94,83
	σ	26,90	21,60	24,30	22,06	12,48	18,29
	N	57	60	117	61	54	115
Zp3	x	82,11	84,27	83,16	87,96	95,06	91,51
	σ	13,68	12,54	13,13	15,85	6,62	12,61
	N	61	58	119	54	54	108
Zp3a	x	86,64	88,86	87,74	98,11	100,00	99,01
	σ	7,00	7,83	7,48	8,96	0,00	6,54
	N	61	60	121	63	57	120
Zp3b	x	77,04	79,17	78,08	77,01	90,13	83,57
	σ	25,36	22,10	23,75	29,66	13,24	23,79
	N	62	59	121	54	54	108

średnia poprawność odpowiedzi w %, s – odchylenie standardowe, N – liczebność próby

Załącznik 6.

WYNIKI ANKIETY

pytanie	ocena	kartogram prosty				kartogram złożony			
		liczebności		% odpowiedzi		liczebności		% odpowiedzi	
		I tura	II tura	I tura	II tura	I tura	II tura	I tura	II tura
7.1	0	3	2	4,8	3,4	2	2	3,4	3,6
	1	6	9	9,7	15,3	3	7	5,1	12,5
	2	14	18	22,6	30,5	24	29	40,7	51,8
	3	31	19	50,0	32,2	22	10	37,3	17,9
	4	8	11	12,9	18,6	9	8	13,6	14,3
7.2	0	0	3	0,0	5,1	0	0	0,0	0,0
	1	2	3	3,2	5,1	6	11	19,6	10,2
	2	1	11	1,6	18,6	10	14	25,0	16,9
	3	24	16	38,7	27,1	25	19	33,9	42,4
	4	35	26	56,5	44,1	18	12	21,4	30,5
7.3	0	30	29	48,4	49,2	3	7	12,5	5,1
	1	22	17	35,5	28,8	17	5	8,9	28,8
	2	7	8	11,3	13,6	9	14	25,0	15,3
	3	3	4	4,8	6,8	23	21	37,5	39,0
	4	0	1	0,0	1,7	7	9	16,1	11,9
7.4	0	4	5	6,5	8,5	3	2	3,6	5,1
	1	7	13	11,3	22,0	6	4	7,3	10,2
	2	29	21	46,8	35,6	16	21	38,2	27,1
	3	14	12	22,6	20,3	24	16	29,1	40,7
	4	8	8	12,9	13,6	10	12	21,8	16,9
7.5	0	0	1	0,0	1,7	0	0	0,0	0,0
	1	2	1	3,2	1,7	1	3	5,4	1,7
	2	7	7	11,3	11,9	14	13	23,2	23,7
	3	25	12	40,3	20,3	25	20	35,7	42,4
	4	28	38	45,2	64,4	19	20	35,7	32,2
7.6	0	0	9	0,0	15,3	3	0	0,0	5,1
	1	8	13	12,9	22,0	8	4	7,1	13,6
	2	20	18	32,3	30,5	11	6	10,7	18,6
	3	21	15	33,9	25,4	18	17	30,4	30,5
	4	13	4	21,0	6,8	19	29	51,8	32,2
8	a	54	56	87,1	91,8	38	15	26,3	60,3
	b	2	1	3,2	1,6	15	34	59,6	23,8
	c	6	4	9,7	6,6	10	8	14,0	15,9

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Polskiej Akademii Nauk, wydaje następujące publikacje seryjne:

Geographia Polonica, *Prace Geograficzne*, *Przegląd Geograficzny*, *Dokumentacja Geograficzna*, *Europa XXI*, *Geopolitical Studies*, *Bibliografia Geografii Polskiej*, *Atlas Warszawy*,

oraz *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej* (1995), *Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce* (2000).

MONOGRAFIE

1 – T. Kozłowska-Szczęsna, K. Błażejczyk, B. Krawczyk, 1997, *Bioklimatologia człowieka*.
2 – L. Starkel, 2001, *Historia Doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś*.
3 – T. Kozłowska-Szczęsna, K. Błażejczyk, B. Krawczyk, D. Limanówka, 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie*.
4 – T. Kozłowska-Szczęsna, B. Krawczyk, M. Kuchcik, 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*.
5 – A. Gawryszewski, 2005, *Ludność Polski w XX wieku*.
6 – G. Węcławowicz, J. Bański, M. Degórski, T. Komornicki, P. Korcelli, P. Śleszyński, 2006, *Przestrzenne zagospodarowanie Polski na początku XXI wieku*.

ATLAS WARSZAWY

1 – Węcławowicz G., Jarosz A., 1993, *Struktury demograficzne i gospodarstw domowych*.
2 – Węcławowicz G., Księżak J., 1994, *Struktury wykształcenia i zatrudnienia ludności w świetle Narodowego Spisu Powszechnego 1988*.
3 – Węcławowicz G., Jarosz A., 1995, *Warunki mieszkaniowe ludności w świetle Narodowego Spisu Powszechnego 1988*.
4 – Kozłowska-Szczęsna T., Błazejczyk K., Krawczyk B., 1996, *Środowisko fizyczno-geograficzne – niektóre zagadnienia*.
5 – Węcławowicz G., Jarosz A., Śleszyński P., 1998, *Wybory parlamentarne 1991 i 1993*.
6 – Misztal S., 1998, *Przekształcenia struktury przemysłu Warszawy*.
7 – Potrykowska A., Śleszyński P., 1999, *Migracje wewnętrzne w Warszawie i województwie warszawskim*.
8 – Luniak M., Nowicki W., Kozłowski P., Plit J., 2001, *Ptaki Warszawy 1962–2000*.

Sprzedaż i prenumeratę publikacji IGiPZ PAN prowadzą księgarnie:
– Ksiegarnia DHN Sp. z o.o. PAN, ul. Szczęśliwicka 2/17, 02–352 Warszawa, tel./fax 22/822–98–69; tel. 22/658–15–58.
– Główna Księgarnia Naukowa im. Bolesława Prusa, ul. Krakowskie Przedmieście 7, 00–068 Warszawa, tel. 826–18–35.

Praca niniejsza wywodzi się z problematyki metod prezentacji kartograficznej – ważnego działu kartografii, zajmującego się badaniem i opisem reguł rządzących graficzną prezentacją danych. Rozważania autorki koncentrują się wokół możliwości wykorzystania kartogramu – jednej z najczęściej stosowanych w praktyce metod prezentacji kartograficznej – do przedstawiania zależności zjawisk geograficznych. Zagadnienie to od lat budziło wśród kartografów wiele wątpliwości. W tym opracowaniu zwrócono uwagę na dwa możliwe podejścia do sygnalizowanej problematyki, które wiążą się z wykorzystaniem dwóch odmian kartogramu:

- kartogramu prostego, który jest typowo analityczną formą prezentacji, pozwalającą przedstawiać rozmieszczenie pojedynczych zjawisk;
- kartogramu złożonego – metody, która umożliwia łączenie informacji o różnych zjawiskach na jednej mapie.

Poprzez studium literatury kartograficznej oraz na podstawie własnej analizy metody, określono w pracy możliwości i ograniczenia obu tych form prezentacji, następnie zaś zweryfikowano słuszność przypuszczeń na drodze eksperymentu przeprowadzonego z udziałem potencjalnych użytkowników map. Uzyskane wyniki weryfikują dotychczasowe poglądy kartografów na temat czytelności i zakresu zastosowania kartogramów prostych i złożonych.

PL ISSN 0373-6547
ISBN 83-87954-81-0

PRACE GEOGRAFICZNE - 206