

ANNA LEONOWICZ
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
Warszawa

Prezentacja zależności zjawisk metodą kartogramu złożonego

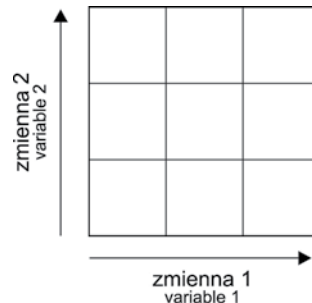
Zarys treści. Artykuł poświęcony jest ocenie możliwości zastosowania metody kartogramu złożonego do przedstawiania zależności zjawisk. Omówione zostały zagadnienia metodyczne związane z opracowywaniem kartogramów złożonych. Zwrócono uwagę na problem czytelności tych map.

Poznanie skomplikowanej struktury środowiska geograficznego wiąże się z potrzebą analizowania wielu zjawisk geograficznych oraz ich wzajemnych powiązań. Przedstawienie informacji o środowisku w postaci map pojedynczych zjawisk często nie daje odbiorcy takich możliwości. Wymaga ono równoczesnego czytania wielu obrazów i wiąże się z koniecznością ich porównywania. Nie jest to zadanie łatwe, zwłaszcza ze względu na możliwości percepcji odbiorcy. Niemalże trudności stwarza również osiągnięcie porównywalności samych map (jednolita skala, taki sam stopień generalizacji, wspólne zasady opracowywania), na którą w procesie redakcji nie zawsze zwraca się należyta uwaga. Rozwiązaniem tych problemów może być zwrócenie się w kierunku opracowań syntetycznych, których podstawową zaletą jest to, że poza informacją elementarną o rozmieszczeniu pojedynczych zjawisk, przedstawiają informację przetworzoną, np. o ich zależnościach.

Metoda kartogramu, która jest jedną z częściej stosowanych metod kartografii statystycznej, dobrze odzwierciedla sygnalizowaną tu problematykę. Możliwości poprawnego porównywania kartogramów prostych są dość ograniczone (A. Leonowicz 2002). Dlatego warto zastanowić się nad innym, bardziej syntetycznym sposobem prezentacji zależności zjawisk, którym może być, na przykład, kartogram złożony.

W literaturze polskiej mianem kartogramu złożonego określa się odmianę metody kartogramu, która powstaje z nałożenia na siebie dwóch (lub kilku) kartogramów prostych (K. Kocimowski,

J. Kwiatek 1977; L. Ratajski 1989). Nałożenie więcej niż dwóch zjawisk, z uwagi na ograniczone możliwości graficzne i słabą czytelność, jest rozwiązaniem raczej nie stosowanym. Angielska nazwa *two-variable* (lub *bi-variate*) *choropleth map*, w odróżnieniu od polskiego odpowiednika, wskazuje na to, co mapa przedstawia, a nie na



Ryc. 1. Schemat legendy kartogramu złożonego
Fig. 1. Two-variable choropleth map legend box

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.

Podstawą opracowania kartogramu złożonego jest legenda. Ma ona postać wykresu współrzędnych prostokątnych, na którym każda z osi reprezentuje jedną ze zmiennych. Przedstawia to rycina 1. 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

pozwała na odpowiednie rozkolorowanie jednostek przestrzennych na mapie (A. H. Robinson i współautorzy 1995). Specyfika kartogramu złożonego wymaga innego, niż w przypadku kartogramów prostych, podejścia do niektórych zagadnień metodycznych.

Dane

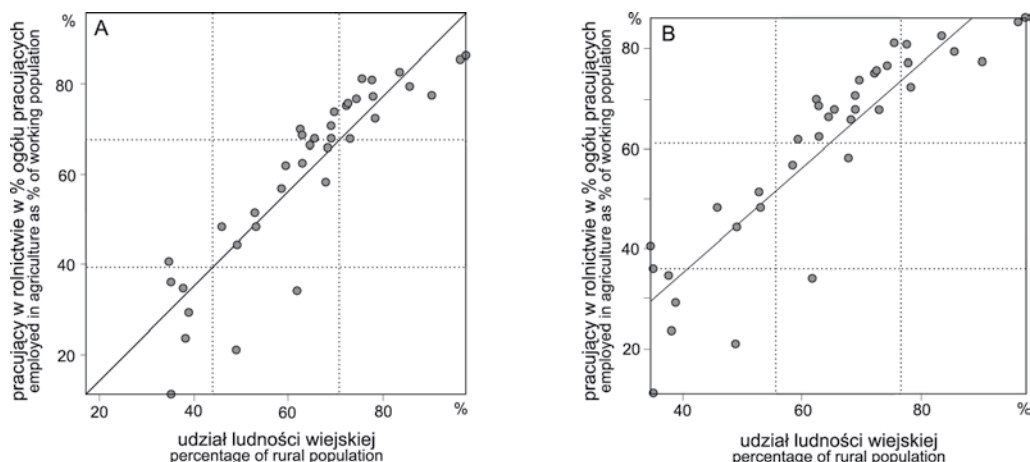
Ponieważ istotą metody jest jednoczesne przedstawienie dwóch zjawisk geograficznych, ich wybór nie może być przypadkowy. Zależy od tego sens samej prezentacji. Za kryterium wyboru zmiennych należy uznać istnienie między nimi jakiegoś rodzaju związku, o którym mapa będzie informować odbiorcę. Relacja ta powinna być widoczna w obrazie przestrzennego rozmieszczenia obu zmiennych. Pierwszym rodzajem zależności, które można przedstawiać na kartogramie złożonym, jest współwystępowanie zjawisk, a szczególnym przypadkiem jest tu związek przyczynowo-skutkowy (np. zużycie nawozów i wielkość produkcji rolniczej przypadające na 1 ha użytków rolnych). A. Przewoźnik (1989) wyróżnia również drugi rodzaj zależności. Zachodzi on 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. Przy wyborze zmiennych nie należy natomiast kierować się wielkością korelacji zjawisk. Pomimo braku czysto statystycznej zależności, ich prezentacja na kartogramie złożonym może nieść ze sobą dość istotne dla czytelnika treści (L. W. Carstensen 1986). Korelacja statystyczna odnosi się zawsze do całości zbioru danych, mapa natomiast pokazuje jej przestrzenne zróżnicowanie. Nawet wtedy, gdy korelacja jest niska, w poszczególnych regionach może występować silna zależność między zjawiskami. Mapa jest sposobem uwidocznienia tej przestrzennej zmienności.

Liczba i metoda wyznaczenia 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, najprostszy

kartogram może być dwuklasowy (J. Paślawski 1998). 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 (H. Weiner, C. M. Francolini 1980; J. Olson 1981). Dlatego liczbę klas należy ograniczyć do dziewięciu (3×3) lub czterech (2×2) (A. H. Robinson i współautorzy 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.

Podziału zbioru wartości przedstawianych zjawisk dobrze jest dokonać na wykresie współrzędnych prostokątnych. Jak już wspomniano, ta forma graficznego przedstawiania 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 łączą zależność przyczynowo-skutkową, przyjmuje się, że oś odciętych (X) reprezentuje zmienną niezależną, oś rzędnych natomiast zmienną zależną (Y) (R. Hammond, P. S. McCullagh 1974). Jednostki na każdej z osi nie powinny być dobrane w sposób przypadkowy. Najczęściej przyjmuje się, że pole wykresu ma kształt 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 wyznaczeniu klas kartogramu. Można to wyjaśnić na przykładzie pokazanym na rycinach 2A i 2B. Na wykresach korelacyjnych przedstawiono tu wartości dwóch zjawisk: odsetek ludności wiejskiej oraz odsetek pracujących w rolnictwie w ogólnej liczbie pracujących. Dane te zebrano dla 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, punkty układają się wzdłuż

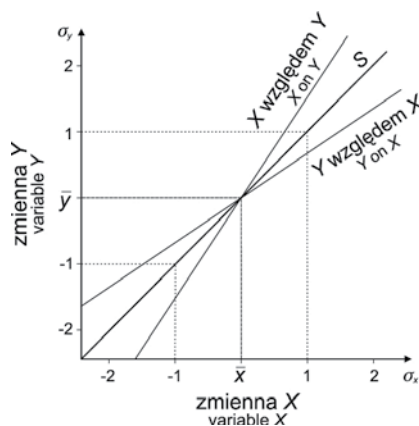


Ryc. 2. Dwa sposoby wyskalowania osi wykresu korelacyjnego: A – przekątną wykresu stanowi linia regresji, B – długości osi odpowiadają zakresowi wartości

Fig. 2. Two methods of 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

linii skośnie przecinającej pole wykresu (linia regresji). O sile zależności zmiennych świadczy stopień rozrzutu punktów wokół tej linii. Jeżeli jednostki leżące blisko linii regresji znajdują się na wykresie w pobliżu jego przekątnej tak, jak jest na rycinie 2A, 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. Ilustruje to rycina 2B. 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 odchyłeń standardowych obu zmiennych.



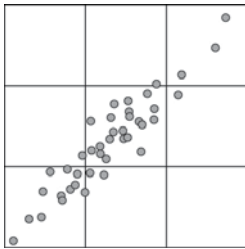
Ryc. 3. Linia wyznaczona przez wartości odchyłeń standardowych obu zmiennych (S)
Fig. 3. Line of equal standard deviations

Jest to rozwiązanie najbardziej uniwersalne. Rycina 3 ilustruje, że linię tę (oznaczoną literą S) wyznaczają wartości średnich arytmetycznych obu zjawisk (x , y) oraz równe jednostki odchylenia standardowego (s_x , s_y) odmierzane po obu stronach wartości średnich. Linia ta jest jednocześnie dwusieczną kąta, którą tworzą dwie linie regresji. (J. R. Eyton 1984).

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. Jak 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:

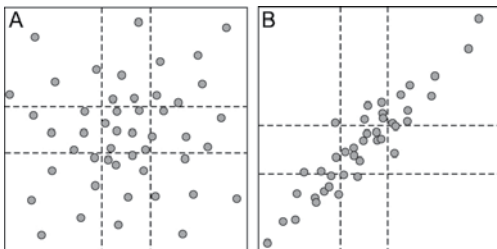
- Przedziały o równej rozpiętości – metoda ta dobrze funkcjonuje tylko w przypadku niektórych rozkładów statystycznych. Raczej nie należy jej stosować wtedy, gdy zmienne są silnie skorelowane – taki podział prowadzi do wyznaczania klas pustych, a większość jednostek grupuje się w klasach leżących na przekątnej wykresu. Ilustruje to rycina 4.



Ryc. 4. Przedziały o równej rozpiętości dla zjawisk o silnej korelacji

Fig. 4. Equal intervals classes for the 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. Ilustruje to rycina 5. Dążenie do zachowania podobnej liczebności klas często jest brane pod uwagę przy podziałach opartych na innych cechach zbiorów wartości. Zostanie to omówione przy okazji kolejnych sposobów wyznaczania klas.



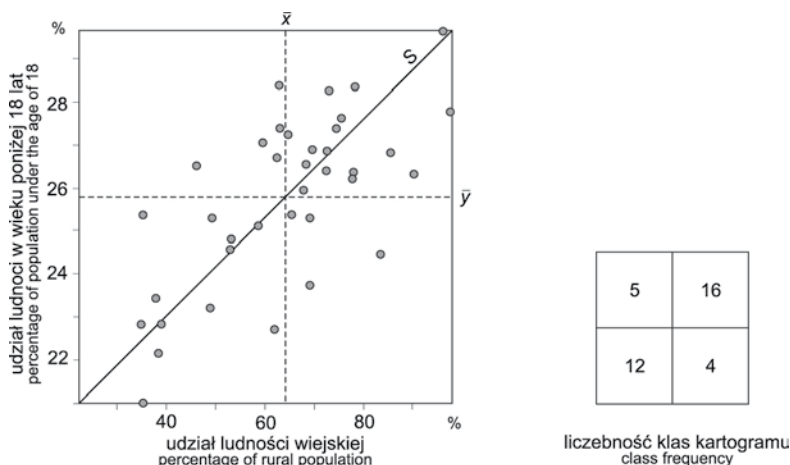
Ryc. 5. Próba wyznaczenia przedziałów o równej liczebności: A – dla zjawisk nieskorelowanych, B – dla zjawisk o silnej korelacji

Fig. 5. An attempt to select equal frequency classes: A – for not correlated phenomena, B – for strongly correlated phenomena

- 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 poniżej średniej. Zarówno linia regresji, jak i linia wyznaczona przez wartości odchyłeń 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. Praktyczne zastosowanie tej metody ilustruje rycina 6. Na wykresie 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 odchyłeń standardowych obu zmiennych (oznaczona na rycinie literą S).

- 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 opartych na dwóch ważnych cechach zbiorów wartości. Jest to również dobra alternatywa do omówionej wcześniej metody średniej arytmetycznej wtedy, gdy liczba przedziałów kartogramu złożonego ma być większa niż cztery.

- Podział, który uwzględni wartości odchyłeń standardowych obu zmiennych – idea tej metody jest takie wyznaczenie granic klas, aby linia wyznaczona przez wartości odchyłeń standardowych obu zmiennych (oznaczana w tym artykule 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 – odmierając po obu stronach średniej arytmetycznej

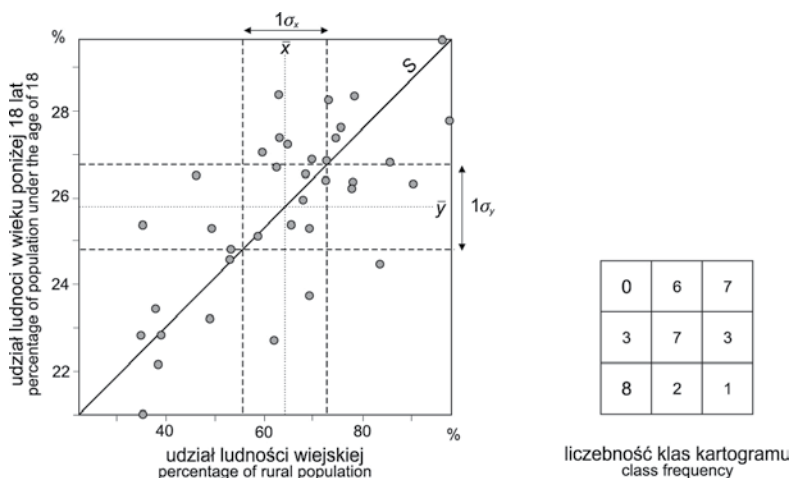


Ryc. 6. Przedziały wyznaczone za pomocą średniej arytmetycznej (\bar{x} , \bar{y})
Fig. 6. Data set division using the arithmetical means (\bar{x} , \bar{y})

jednostkę odchylenia standardowego. Ta liczba klas jest jednak zbyt duża. Wyznaczenie sześciu 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 jego granice przecinały się na linii wyznaczonej przez wartości odchyłeń standardowych (S). Ilustruje to rycina 7. 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, odchylenie standardowe i liczebność zbioru.

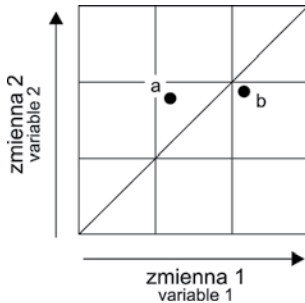
- Przedziały wyznaczone na podstawie linii regresji – metoda ta funkcjonuje w sposób analogiczny do omówionej wcześniej metody opartej na linii wyznaczonej przez wartości odchyłeń standardowych (S). Należy ją stosować wtedy, gdy na przekątnej wykresu umieszcza się linię regresji. Jest to możliwe w przypadku, 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.

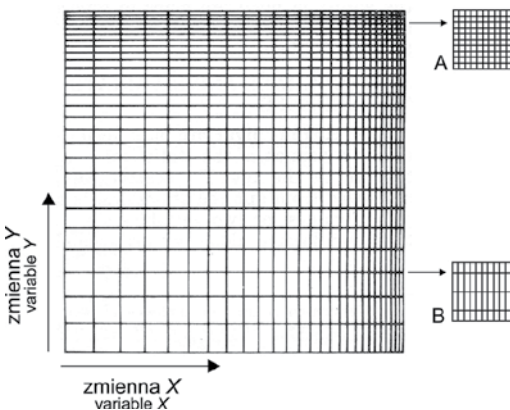


Ryc. 7. Podział uwzględniający wartości odchyłeń standardowych obu zmiennych (s_x , s_y)
Fig. 7. Data set division based on the line of equal standard deviations

przedziały normatywne – oparte na wartościach istotnych tylko dla przedstawianych zjawisk. Na mapach zanieczyszczenia środowiska mogą to być na przykład dopuszczalne normy emisji zanieczyszczeń.



Ryc. 8. Przykład zafalszowania obrazu zależności zjawisk spowodowanego podziałem wartości na klasy za pomocą prostych równoległych do osi wykresu
Fig. 8. An error caused by rectangular shape of classes in two-variable choropleth map legend



Ryc. 9. Legenda kartogramu złożonego ploterowego wg L. W. Carstensa (1982)
Fig. 9. A continuously shaded two-variable map legend according to L. W. Carstensen (1982)

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 zafalszowywać obraz zależności zachodzących między przedstawianymi

zjawiskami. Jak już wspomniano, stopień rozrzutu punktów wokół linii regresji, lub linii wyznaczonej przez wartości odchyłeń 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). Rycina 8 ilustruje, że w klasach tych mogą znaleźć się obserwacje o znacznych odchyleniach od przekątnej (np. punkt oznaczony literą a), a także, że 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 (J. Olson 1975, L. W. Carstensen 1984). Byłoby to możliwe wtedy, gdyby mapa pokazywała prawdziwą wielkość odchyłeń od linii regresji (lub linii wyznaczonej przez wartości odchyłeń standardowych S). Znanych jest kilka metod opracowania kartogramu złożonego, które ten warunek spełniają:

- Kartogram złożony ciągly – to najprostsza metoda, która eliminuje z mapy błędy związane z wyznaczaniem klas. Znane są dwie odmiany tej metody: kartogram złożony ploterowy i kartogram złożony ciągly barwny. Metodę kartogramu złożonego ploterowego zaproponowali L. W. Carstensen (1982) oraz S. Lavin i J. C. Archer (1984). Legendę takiego kartogramu przedstawia rycina 9. 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 desień, w którym kształty figur zbliżone są do kwadratów. Na rycinie 9 fragment takiego desenia oznaczono literą A . Jeżeli wartości zmiennych różnią się – np. wysokim wartościom zmiennej X odpowiadają niskie wartości zmiennej Y – kształty desenia 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 prostokątów (kształt desenia) będzie odzwierciedlał wielkość odchyłeń od tej linii (L. W. Carstensen 1986).

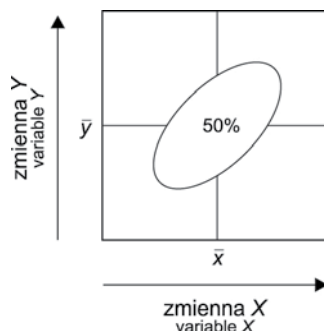
System barw, który umożliwia opracowanie kartogramu złożonego ciągly barwnego zaproponował J. R. Eyton (1984). Sam autor zauważył jednak, że kartogram ten nie funkcjonuje dobrze ze względu na ograniczone możliwości percepcyjne odbiorcy. Metoda ta wymaga zastosowania zbyt wielu (nierozróżnialnych dla 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.

• 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 jest mapą odchyłań od jednej z tych linii (w przypadku linii regresji jest to mapa reszt z regresji). Tą metodą opracowano mapę na rycinie 10. Przy wyborze granic przedziałów kierowano się zasadą równych ich liczebności. Trudna jest tu interpretacja granic klas, nie są one bowiem wartościami stałymi, lecz równaniami prostych. Mogą być zatem niezrozumiałe dla odbiorcy nie znającego pojęć korelacji i regresji. Kartogram wykonany tą metodą dobrze oddaje przestrzenne rozmieszczenie zależności zjawisk, traci natomiast wszelką informację na temat wartości i rozmieszczenia zjawisk. J. Olson (1975) rozważała możliwość dodatkowego przedstawiania rozmieszczenia zjawisk za pomocą dwóch deseni, wydaje się to jednak rozwiązaniem zbyt skomplikowanym.

• Metoda J. R. Eytona (1984) – polega na wyznaczeniu dodatkowej klasy wartości, leżącej na przekątnej legendy, o kształcie elipsy. Ilustruje to rycina 11. 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. 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 opisaną 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.

Graficzne przedstawienie zmiennych



Ryc. 11. Metoda wyznaczania klas kartogramu złożonego wg J. R. Eytona (1984)

Fig. 11. Class selection method according to J. R. Eytson (1984)

Rozwiązania graficzne stosowane na kartogramie złożonym powinny umożliwić odbiorcy:

- rozróżnienie dwóch przedstawianych zmiennych,
- 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”). Odrębność zmiennych dobrze uwidaczniają zmienne kierunku i barwa (A. Przewoźnik 1989). Przykładem skali deseniowej dla kartogramu złożonego jest legenda kartogramu ploterowego zaproponowana przez L. W. Carstensa (1982) (ryc. 9). 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.

Częściej stosowanym rozwiązaniem jest natomiast rozróżnienie obu zmiennych w ten sposób, aby jedną oznaczyć za pomocą skali deseniowej, a drugą za pomocą powierzchniowej skali barwnej. Metoda ta wprowadza jednak pewną hierarchizację zmiennych. Zmienna przedstawiona barwami powierzchniowymi jest lepiej widoczna i może wydawać się bardziej istotna

niż ta przedstawiona deseniem. Nie jest to pożądaną, jeżeli obie zmienne są tak samo ważne dla przedstawianego zagadnienia.

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 sformułowała 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 umożliwi 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; jeżeli mapa przedstawia zależności pozytywne, wyróżnione powinny być barwy leżące na przekątnej biegnącej z lewego dolnego rogu legendy do prawego górnego, jeżeli mapa przedstawia zależności negatywne – na przekątnej biegnącej z lewego

górnego do prawego dolnego rogu legendy;

- należy dobrze rozróżnić barwy powyżej i poniżej przekątnej legendy tak, aby na mapie widoczne były obszary dodatnich i ujemnych odchyłań 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 (B. E. 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 zależnościach.

Skalą barwną, której w literaturze kartograficznej dotyczącej kartogramu złożonego poświęcono najwięcej uwagi, jest system opracowany i stosowany w latach siedemdziesiątych przez amerykańskie biuro spisowe – US Bureau of the Census¹. 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. (M. A. Meyer, F. R. Broom, R. H. Schweitzer 1975). Zmienna, której wartości wzrastają wzdłuż osi odciętych, przedstawiona jest za pomocą skali od barwy żółtej poprzez kolejne stopnie jasności magenty (purpurowy), druga zmienna, na osi rzędnych, również od barwy żółtej poprzez kolejne stopnie jasności cyanu (błękitny). Zastosowanie barwy żółtej do oznaczenia najniższych wartości zmiennych nie jest rozwiązaniem optymalnym nawet w przypadku kartogramu prostego. Taka

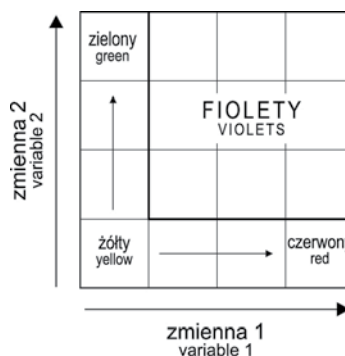
¹ Fragment mapy opracowanej przez US Bureau of the Census można znaleźć w polskim tłumaczeniu podręcznika A. H. Robinsona i współautorów (1988) na barwnej wklejce po s. 432.

sekwencja barw sprawia wrażenie, jakby najniższa klasa była 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 (B. E. Trumbo 1981). Ilustruje to rycina 12. 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.

Jednym z możliwych sposobów modyfikacji systemu barw stosowanego przez Biuro Spisowe, jest zastąpienie barwy żółtej dla 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 odcienie fioletu (A. H. Robinson i współautorzy 1995). Zdaniem autorów kilku 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 (S. E. Feinberg 1979; H. Weiner, C. M. Francolini 1980). Wykorzystując opisane powyżej rozwiązanie graficzne opracowano kartogram złożony województwa mazowieckiego na ryc. 13. Przedziały wyznaczono metodą wykorzystującą wartości odchyłeń 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 uzupełniono dwoma kartogramami prostymi przedstawiającymi roz-

mieszczenie obu zjawisk.

Prosty i logiczny układ barw w legendzie kartogramu złożonego zaproponował J. R. Eytton (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. 12. Wizualny podział legendy barwnej kartogramu złożonego stosowanej przez US Bureau of the Census wg B. E. Trumbo (1981)

Fig. 12. Visual division of the legend color scheme used by US Bureau of the Census according to B. E. Trumbo (1981)

Ilustruje to rycina 14. Ten układ barw spełnia kryteria sformułowane przez J. Olson. Wszystkie odcienie są dobrze rozróżnialne i oddają porządek wartości zmiennych, 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. Eyttona (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. 11). Klasa środkowa (elipsa) otrzymuje barwę szarą, pozostałe cztery klasy barwy: białą, czerwoną, czarną i niebieską. Odmienne rozwiązania graficzne wymaga natomiast kartogram, na którym klasy wyznaczono prostymi równoległymi do przekątnej legendy. Najlepszym rozwiązaniem jest skala dwutonalna rozbieżna. Tak opracowana mapa pokazuje przestrzenne rozmieszczenie wielkości odchyłeń od linii stanowiącej przekątną legendy, nie zaś rozmieszczenie zjawisk (ryc. 10).

Przytoczone przykłady rozwiązań graficznych kartogramu złożonego nie wyczerpują wszystkich

możliwości opracowania skal deseni lub barw przedstawiających wartości dwóch zmiennych. Warto podkreślić, że opracowując takie kartogramy zawsze należy pamiętać o czytelności zastosowanych rozwiązań.

Percepcja kartogramu złożonego

Większe zainteresowanie kartografów metodą kartogramu złożonego sięga lat siedemdziesiątych i wiąże się z polemiką, jaka wywiązała się wokół wspomnianych już wcześniej map US Bureau of the Census. Przedmiotem polemiki było w głównej mierze funkcjonowanie tak opracowanych map. Mapy spotkały się 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 rozmieszczenie każdego ze zjawisk. Z drugiej zaś strony podkreślano, że mapy te nie dość dobrze uwidaczniają współzależności, wątpliwa jest bowiem możliwość uzyskania dodatkowej informacji ponad tą, jaka jest widoczna na dwóch kartogramach prostych (S. E. Feinberg 1979, J. Olson 1981). Te dwa zupełnie różne kierunki krytyki są wyrazem wątpliwości, jakie budzi ta metoda prezentacji.

O tym, jakie funkcje rzeczywiście spełniają kartogramy złożone, można przekonać się, biorąc pod uwagę proces ich czytania i możliwości percepcji odbiorcy. Szersze badania eksperymentalne przeprowadzone przez uczonych amerykańskich dotyczyły jedynie percepcji kartogramu złożonego opracowanego na wzór map Biura Spisowego. Świadczą one o tym, że mapy te są dla odbiorcy dość trudno czytelne. W dużej mierze wynika to z problemów, jakie stwarza poprawna interpretacja legendy. Właśnie ten etap procesu czytania mapy był przedmiotem jednego z eksperymentów przeprowadzonych przez J. Olson (1981). Jego celem było sprawdzenie, czy system barw stosowany przez US Bureau of the Census jest zrozumiały dla odbiorcy. Na potrzeby testów opracowano dwie legendy – o 9 i 16 kolorach. Każdy z uczestników badań otrzy-

mał kopertę zawierającą 9 lub 16 kolorowych kwadratów. Zadanie polegało na ułożeniu ich w logiczny sposób w siatce o układzie 3×3 lub 4×4 tak, aby uzyskany w ten sposób układ barw mógł reprezentować kombinację wartości dwóch zjawisk geograficznych. 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, jednakże dostrzega w niej logiczny porządek.

Innego rodzaju eksperymenty przeprowadzone z wykorzystaniem omówionych map dostarczyły dowodów na to, że nie tylko zrozumienie legendy, lecz również interpretacja samej mapy, i to zarówno na elementarnym, jaki i ogólnym poziomie czytania, może stwarzać odbiorcy większe problemy niż w przypadku kartogramu prostego. Eksperyment dotyczący szczegółowego poziomu percepcji, przeprowadzony przez H. Weinerja i C. M. Francoliniego (1980), polegał na odszukaniu w legendzie kartogramu prostego i złożonego wartości dwóch zmiennych dla pola oznaczonego na mapie. Jako wynik testu notowano czas odpowiedzi oraz liczbę popełnionych błędów. Różnice w czasie odpowiedzi dla obu typów map nie były znaczące, natomiast więcej błędów popełniono w przypadku kartogramów złożonych.

Badania polegające na wizualnej ocenie korelacji przedstawianych zjawisk, które wymagają od odbiorcy postrzegania całości obrazu mapy, przeprowadziła J. Olson (1981). Nie wykorzystano tu rzeczywistych map, lecz sztucznie generowane dane, o różnym stopniu korelacji i złożoności, przedstawiane w regularnej siatce kwadratów o wymiarach 10×10. Zadaniem 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

Ryc. 10. Kartogram, na którym przedziały wyznaczono prostymi równoległymi do przekątnej legendy
Fig. 10. Choropleth map – classes are arranged parallel to the line of equal standard deviations

Ryc. 13. Kartogram złożony, na którym przedziały wyznaczono metodą wykorzystującą wartości odchyłeń standardowych obu zmiennych

Fig. 13. Two-variable choropleth map – classes are selected using the method of equal standard deviations

Ryc. 14. Skala barw kartogramu złożonego wg J. R. Eytona (1984)

Fig. 14. Color scheme for two-variable choropleth maps according to J. R. Eyton (1984)

z dwóch map tę, która przedstawia zjawiska bardziej ze sobą skorelowane. Każdy z badanych rozwiązywał zadania dotyczące zarówno kartogramów prostych, jak i złożonych. W przypadku kartogramów prostych odnotowano więcej odpowiedzi poprawnych, zadania dotyczące kartogramów złożonych częściej rozwiązywane były na zasadzie zgadywania lub udzielano błędnych odpowiedzi. Autorka testów zwraca jednak uwagę, że wyciąganie wniosku o tym, że wizualna ocena korelacji na podstawie dwóch kartogramów prostych jest łatwiejsza niż na kartogramie złożonym, byłoby dużym uproszczeniem badanego procesu. Należy zauważyć, że grupa osób, która udzieliła poprawnych odpowiedzi w przypadku kartogramów złożonych – można powiedzieć, że są to te osoby, które, zrozumiały na czym polega ta forma prezentacji i jak należy ją interpretować – 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 obrazu kartogramów złożonych jest zrozumienie samej istoty metody.

Na podstawie badań testowych próbowano również określić, jaki rodzaj informacji odbiorca uzyskuje z kartogramu złożonego. Zdaniem autorów artykułu, którzy relacjonują metodę opracowania map Biura Spisowego (M. A. Meyer, F. R. Broom, R. H. Schweizer 1975), wizualna analiza uzyskanego obrazu powinna pozwalać na określenie ogólnej relacji zjawisk (o tym, jaka jest to relacja, świadczy dominująca na mapie barwa) oraz na wyróżnienie regionów, gdzie zależności zjawisk nie zgadzają się z ogólną tendencją. Ważną informacją może być również zidentyfikowanie obszarów, na których pojedyncze jednostki grupują się w większe pola o tej samej barwie, dobrze widocznych na tle innych regionów, które pokrywa mozaika barw. W jednym z eksperymentów (J. Olson 1981), który poświęcony był wizualnej analizie kartogramu złożonego, poproszono badanych o napisanie, co oglądana mapa mówi na temat rozmieszczenia przedstawionych na niej zjawisk. Większość uczestników testu poprawnie i dość wnikliwie czytała zawarte na mapie informacje. Najwięcej odpowiedzi odnosiło się do regionów i poszczególnych jednostek podziału przestrzennego, z którymi wiązano kombinacje wartości zjawisk odpowiednio do obserwowanego koloru. Rzadkie były wnioski na temat zależności zjawisk, przy czym częściej pojawiały się one wtedy, gdy badani otrzymali wraz z mapą tekst objaśniający ideę zastosowanej metody prezentacji. Niewiele wniosków wyciągano na temat przestrzennych tendencji rozmieszczeniu

zjawisk, wartości średnich oraz rozmieszczenia każdego ze zjawisk niezależnie. Należy jednak wyjaśnić, że to samo pytanie skierowane do osób, którym pokazano parę kartogramów prostych, nie dało odpowiedzi ani lepszych, ani bardziej wyczerpujących. Podobnie, jak w przypadku kartogramu złożonego, informacje odnoszono do regionów lub poszczególnych jednostek, natomiast rzadkie były wnioski na temat relacji wartości obu zjawisk.

Pewnym podsumowaniem przeprowadzonych eksperymentów są opinie, jakie ich uczestnicy wyrażali na temat oglądanych map. W odniesieniu do kartogramów złożonych przeważały opinie pozytywne, zwłaszcza na temat ich atrakcyjności wizualnej. Mapy te pozytywnie ocenili zwłaszcza ci uczestnicy, którym objaśniono zasadę konstrukcji tych map. Kartogramy proste uznane zostały za łatwiej czytelne, ale jednocześnie ten sposób prezentacji wydał się badanym mniej interesujący.

Wnioski, które można wyciągnąć z przeprowadzonych badań eksperymentalnych, wskazują, że lepszą czytelność kartogramu złożonego można osiągnąć dzięki uczynieniu legendy. Przedstawienie obok kartogramu złożonego dwóch map rozmieszczenia każdego ze zjawisk składowych w postaci kartogramów prostych, a także rozszerzenie legendy o tekst objaśniający ideę metody i sugestię odnośnie sposobu interpretacji mapy, może znacznie ułatwić ich czytanie (J. Olson 1981). Warto również zauważyć, że badania eksperymentalne H. Weinaera i C. M. Franco-liniego (1980) oraz J. Olson (1981), których wyniki świadczą o złej czytelności kartogramów złożonych, przeprowadzono wykorzystując mapy Biura Spisowego. Jak już jednak stwierdzono w poprzedniej części artykułu, zastosowany system barw był rozwiązaniem dość niefortunnym. Można przypuszczać, że znalezienie lepszych rozwiązań graficznych w legendzie kartogramu złożonego może znacznie rozszerzyć możliwości zastosowania metody.

* * *

Właściwości kartogramu złożonego jako metody, która prezentowałaby zależności zjawisk, nie są jeszcze w pełni poznane. Jako ujęcie bardziej syntetyczne niż kartogram prosty, metoda ta wydaje się interesująca. Główną jej zaletą jest możliwość odczytywania informacji o zależnościach bezpośrednio z mapy, bez konieczności porównywania dwóch obrazów rozmieszczenia zjawisk. 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.

Zalety oraz ograniczenia metody, podobnie jak w przypadku każdej prezentacji syntetycznej, wiążą się ze stopniem przetworzenia informacji wyjściowej. Z jednej strony czytelnik otrzymuje wskazówkę, w jaki sposób interpretować przedstawiane zagadnienia, z drugiej zaś strony okazuje się, że samo zrozumienie sensu takiej prezentacji jest dla odbiorcy trudniejsze niż w przypadku ujęć analitycznych. Tak jest również z kartogramem złożonym. Świadczą o tym wyniki badań eksperymentalnych, których uczestnicy mieli problemy głównie ze zrozumieniem zastosowanej metody. Trudności związane z interpretacją ograniczają możliwości jej zastosowania. Ważne jest więc poszukiwanie takich rozwiązań, które prowadzą do uczytelnienia kartogramu złożonego. Wydaje się, że jest to możliwe dzięki ograniczeniu liczby klas oraz zastosowaniu innych rozwiązań graficznych w legendzie. Ich funkcjonowanie powinno być jednak sprawdzone na drodze eksperymentu.

Oprócz trudności interpretacji, metoda kartogramu złożonego narzuca również pewne ograniczenia w stosunku do ilości informacji elementarnej (tzn.

informacji o rozmieszczeniu zjawisk), która może być przedstawiona na mapie. Wyrazem tego jest chociażby konieczność ograniczenia liczby klas każdej ze zmiennych w porównaniu z prezentacją metodą kartogramu prostego. Innym przykładem są trudności, jakie stwarza równoczesne uwidocznienie informacji o rozmieszczeniu zjawisk oraz o ich zależnościach. Niemożliwe jest, aby jedna mapa zawierała pełen zakres tak różnych rodzajów informacji. Z tego względu konieczne jest spojrzenie na metodę kartogramu złożonego jako na rodzaj kompromisu. Słuszne wydaje się twierdzenie J. Olson (1975), że jest to o tyle pożyteczna forma prezentacji, o ile zawiera więcej informacji na temat relacji zjawisk niż dwa kartogramy proste oraz więcej informacji na temat rozmieszczenia zjawisk niż mapa reszt z regresji, która służy do prezentacji zależności, traci natomiast obraz rozmieszczenia. W świetle tych rozważań kartogram złożony można uznać za metodę godną szerszego zainteresowania, a lepsze poznanie jego właściwości i ograniczeń może prowadzić do częstszego stosowania tej formy prezentacji w praktyce.

Literatura

- Carstensen L. W., 1982, *A continuous shading scheme for two – variable mapping*. „Cartographica” Vol. 19, no. 3/4, s. 53–70.
- Carstensen L. W., 1984, *Perception of variable similarity on bivariate choropleth maps*. „Cartogr. Journal” Vol. 21, no. 1, s. 23–29.
- Carstensen L. W., 1986, *Bivariate choropleth mapping: the effects of axis scaling*. „Amer. Cartographer” Vol. 13, no. 1, s. 27–42.
- Eyton J. R., 1984, *Complementary-color, two-variable maps*. „Annals of the Assoc. of American Geographers” Vol. 74, no. 3, s. 477–490.
- Feinberg S. E., 1979, *Graphical methods in statistics*. „American Statistician” Vol. 33, no. 4, s. 165–178.
- Hammond R., McCullagh P. S., 1974, *Quantitative techniques in geography: an introduction*. Oxford: Clarendon Press.
- Kocimowski K., Kwiatek J., 1977, *Wykresy i mapy statystyczne*. Warszawa: Główny Urząd Statystyczny.
- Lavin S., Archer J. C., 1984, *Computer-produced un-classed bivariate choropleth maps*. „Amer. Cartographer” Vol. 11, no. 1, s. 49–57.
- Leonowicz A., 2002, *Z problematyki porównywalności kartogramów*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 34, 2002, nr 1, s. 22–33.
- Meyer M. A., Broome F. R., Schweizer R. H., 1975, *Color statistical mapping by the U. S. Bureau of the Census*. „Amer. Cartographer” Vol. 2, no. 2, s. 100–117.
- Olson J., 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.
- Olson J., 1981, *Spectrally encoded two-variable maps*. „Annals of the Assoc. of American Geographers” Vol. 71, no. 2, s. 259–276.
- Paślawski J., 1998, *Jak opracować kartogram*. Warszawa: Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych.
- Przewoźnik A., 1989, *Zasady redagowania kartogramu złożonego*. Praca magisterska wykonana w Katedrze Kartografii Uniw. Warszawskiego.
- Ratajski L., 1989, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. Wyd. 2. Warszawa: PPWK.
- Robinson A. H., Sale R. D., Morrison J. L., 1988, *Podstawy kartografii*. Warszawa: PWN.
- Robinson A. H. Morrison J. L., Muehrcke P. C., Kimerling A. J., Guptill S. C., 1995, *Elements of Cartography*. New York: John Wiley & Sons. 6th ed.
- Trumbo B. E., 1981, *A theory for coloring bivariate statistical maps*. „American Statistician” Vol. 35, no. 4, s. 220–226.
- Weiner H., Francolini C. M., 1980, *An empirical inquiry concerning human understanding of two-variable map*. „American Statistician” Vol. 34, no. 2, s. 81–93.

Recenzowała dr hab. Wiesława Żyszkowska

Presentation of phenomena relation using the method of two-variable choropleth map

Summary

Presentation of information about geographic environment in a form of the maps of single phenomena does not always allow for a correct interpretation of relations between them. Simultaneous reading and comparing of several maps is often too difficult for perception of an average reader. Therefore one should look for more synthetic presentation methods, which instead of elementary information – about phenomena distribution, would present transformed information – e.g. about their relations. A two-variable choropleth map can be such a method. Its main feature is, that it presents values of two geographic phenomena within an areal units on map.

The article discusses main methodic aspects of two-variable choropleth map elaboration. These are: choice of phenomena to be presented, preparation of a statistical scattergram, which is the basis for class intervals selection, and classification method. The author also presents principles, which should govern the process of planning a graphical solution suitable for the presentation of two variables. A color legend

of a two-variable choropleth map used by the U.S. Bureau of the Census in the seventies is an example of such a solution. Poor readability of maps prepared with it suggests that further modifications of this legend are needed.

Functioning of two-variable choropleth maps are the main source of limitations of this method. It is impossible to present phenomena distribution and relations at the same time. Thus a two-variable choropleth map should be seen as a compromise. Poor legibility of maps prepared with this method is a source of serious doubts. It has been proved through experimental research (H. Weiner, C.M. Francolini 1980, J. Olson 1981). The reading process can be improved through limiting the number of classes, application of proper graphic solutions and developing a clear legend. Reader's experience with such maps also plays an important role. Where necessary, the presentation method should be explained.

Translated by M. Horodyski

Изображение взаимосвязей явлений методом сложной картограммы

Резюме

Изображение информации о географической среде в виде карт касающихся единичных явлений не всегда даёт возможность правильной интерпретации связывающих эти явления зависимостей. Одновременное чтение и сравнение многих карт часто превышает перцепционные возможности обыкновенного потребителя. Поэтому следует искать более синтетические методы изображения, которые вместо элементарной информации – о расположении явлений, представляют переработанную информацию – например, о их взаимосвязях. Таким методом может быть сложная картограмма. Её сущностью является изображение двух географических явлений в границах выделенных на карте пространственных единиц.

В статье освещены основные методические вопросы, связанные с разработкой сложных картограмм. К ним принадлежат: выбор явлений, которые могут быть изображены этим методом, разработка корреляционного графика, являющегося основой деления переменных величин на классы, способ выделения классов. Освещены также принципы, которыми следует руководствоваться при проектировании графических решений, служащих изображению двух переменных. Примером такого

решения является цветная легенда сложной картограммы, применённая в семидесятых годах US Bureau of the Census. Слабая читаемость карт, разработанных с её применением, побуждает к поискам возможности модификации этой легенды.

Вопросом, который вызывает наиболее важные ограничения метода, является вопрос функционирования сложных картограмм. Невозможно одновременно изобразить информацию о размещении представляемых явлений и об их зависимостях. По-этому составную картограмму следует рассматривать как вид компромисса. Источником серьёзных сомнений является трудная читаемость так разработанных карт. Это было подтверждено экспериментальными исследованиями (H. Weiner, C.M. Francolini 1980; J. Olson 1981). Усовершенствование процесса чтения возможно путём ограничения количества классов сложной картограммы, применения хороших графических решений и разработки ясной прозрачной легенды. Большое значение может иметь также опыт потребителя при пользовании этого рода картой. Там, где это необходимо, рекомендуется объяснение идеи применённого метода изображения.

Перевод Р. Толстикова