

WALDEMAR SPALLEK
Zakład Kartografii Uniwersytetu Wrocławskiego

Metody prezentacji gęstości zjawisk rozproszonych na mapach tematycznych

Zarys treści. W artykule zestawiono i porównano metody kartograficzne stosowane do przedstawiania gęstości zjawisk rozproszonych w celu pokazania mnogości i różnorodności sposobów, jakimi mogą dysponować autorzy map prezentujących tylko jedno zagadnienie. Ponadto przedstawiono różnice między mapami opracowanymi poszczególnymi metodami i informację, jakie można odczytać z takich map. Problem ten ma tym większe znaczenie, że pojawia się coraz więcej map wykonywanych komputerowo przez niekartografów.

Dynamiczny rozwój technologii komputerowej wyraża się w kartografii coraz większą liczbą programów, które oferują „łatwe” sposoby wykonania map statystycznych, czy wręcz zawierają gotowe wzorce postępowania (M. Dmochowski, J. Paślawski 2000). Często jednak autorzy programów komputerowych, a przede wszystkim ich użytkownicy nie będący kartografami, nie posiadają wystarczającej wiedzy o właściwościach poszczególnych metod kartograficznych i stosują je niezgodnie z założeniami (np. kartogramy do prezentacji wartości absolutnych). Nie znają także cech uzyskanych obrazów kartograficznych i możliwości zastosowania innych metod. Nierzadko powstają mapy niepoprawne merytorycznie i metodycznie, do których można odnieść opinię J. Wrighta (1942), że mapa będąca ładnym, uporządkowanym obrazem kartograficznym posiada atmosferę naukowej autentyczności, często jednak niezasłużonej. Mapę taką można wtedy porównać do osoby mówiącej wyraźnie i przekonująco na temat, o którym jej wiedza jest niedoskonała.

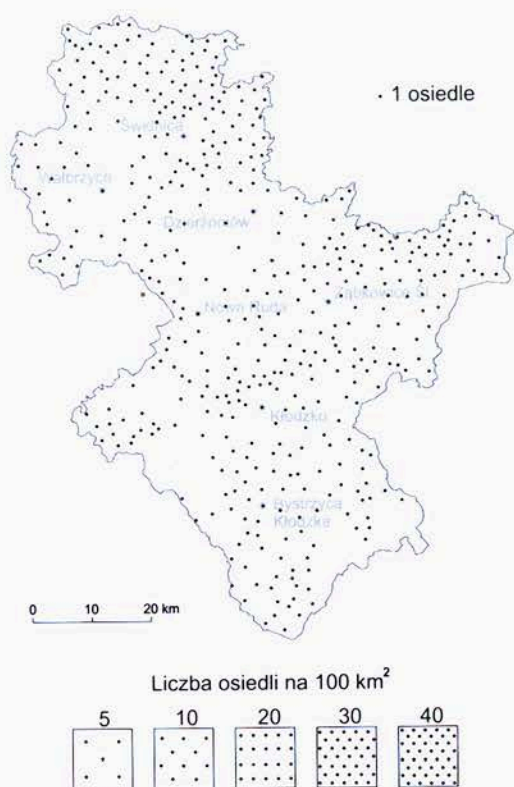
Główną funkcją map tematycznych jest przedstawienie zmienności rozmieszczenia zjawiska w przestrzeni. Celem tej prezentacji jest wykrywanie przestrzennych prawidłowości rozmiesz-

czenia, jego powiązań z rozmieszczeniem innych zjawisk oraz zróżnicowania ilościowego. Mapa jest wówczas rozpatrywana jako model określonego wycinka rzeczywistości, który jest badany w zastępstwie tej rzeczywistości w procesie poznania (L. Ratajski 1979). Badanie modelu (mapy) za pomocą operacji logicznych i matematycznych dostarcza nowej informacji o aspektach kartowanej rzeczywistości, które nie są bezpośrednio przedstawione na mapie. Przekazywanie informacji o rozmieszczeniu zjawisk i ich cechach przestrzennych odbywa się za pomocą kartograficznych metod prezentacji i odpowiednich znaków graficznych.

Jednym z problemów metodyki kartografii tematycznej jest przedstawianie na mapach zjawisk rozproszonych. L. Ratajski (1989, s. 23–24) wyróżnił trzy sposoby występowania obiektów i zjawisk:

- 1) występowanie ciągłe, gdy zjawisko istnieje w każdym punkcie przestrzeni geograficznej lub jej badanej części (np. temperatura, ciśnienie, wysokość);
- 2) występowanie częściowo ciągłe, w którym wyróżniono:
 - jednowymiarowe, gdy ciągłość występuje wzdłuż obiektów liniowych, takich jak drogi, rzeki;
 - dwuwymiarowe, gdy na badanym obszarze ciągłość zjawiska jest przerwana lub występuje wyspowo, czyli w postaci izolowanych obszarów (np. lasy);
- 3) występowanie dyskretne, gdy zjawisko występuje tylko w określonych punktach przestrzeni geograficznej.

Do zjawisk rozproszonych zaliczane są zjawiska z wyróżnionych przez L. Ratajskiego grup 1 i 2.



Ryc. 1. Mapa sygnaturowa. Poniżej przedstawiono rozmieszczenie punktów odpowiadające określonym wielkościom gęstości (powierzchnia kwadratów wynosi 100 km²)

Fig. 1. Signature map. The legend presents dot distribution representing various density levels (squares of 100 km²)

Aby przedstawić na mapie charakter rozproszenia zjawiska (tj. rozproszenie regularne, nieregularne, w skupiskach, stopniowo rozrzedzające się), stosowane są odpowiednie znaki powierzchniowe, liniowe lub punktowe oraz metody prezentacji danych bezwzględnych (metody sygnaturowa, kropkowa, kartodiagram; ryc. 1, 2 i 3). Opracowane w ten sposób mapy informują o położeniu obiektów. Porównanie liczebności lub wielkości zjawiska w różnych miejscach jest niecelowe, gdyż dane o nim są zwykle zestawione według jednostek terytorialnych zróżnicowanych pod względem pola powierzchni (np. podział administracyjny). Ponadto wraz ze zmniejszeniem skali mapy zachodzi konieczność generalizacji, przede wszystkim

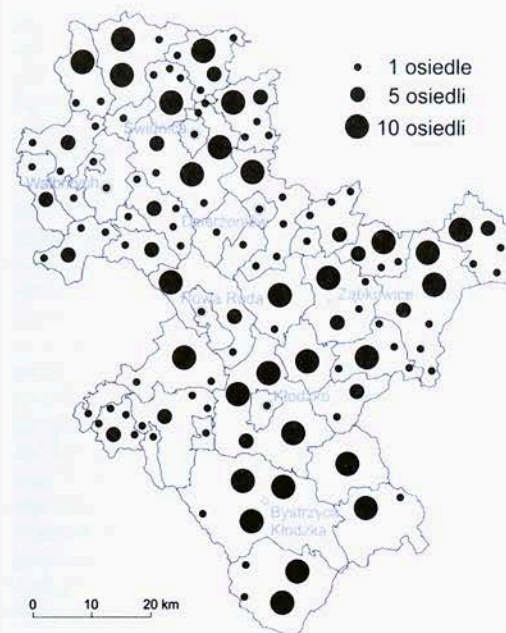
ilościowej, w wyniku czego informacja prezentowana na mapie ulega znacznej redukcji.

Przejdźcie na inny poziom ujęcia, z absolutnego na relatywny, pozwala przetworzyć informację o zjawisku zawartą na mapach rozmieszczenia. Transformacja ta polega na odniesieniu zjawiska rozproszonego do zjawiska o charakterze ciągłym. W wyniku tego przekształcenia możliwe jest przedstawienie zjawiska rozproszonego w postaci wskaźnika o założonym, ciągłym sposobie występowania. Powstaje tak zwana „powierzchnia statystyczna”. Tworzy ją „każde zjawisko, które ma zróżnicowane natężenie w przestrzeni i które istnieje lub można założyć, że istnieje w rzeczywistości w formie ciągłej nad jakąś powierzchnią” (A. Robinson, R. Sale, J. Morrison 1988, s. 319). Przykładami takich powierzchni są ciśnienie atmosferyczne, które tworzy rzeczywistą powierzchnię statystyczną, mierzalną w każdym punkcie przestrzeni geograficznej oraz gęstość zaludnienia – zjawisko geograficzne tworzące abstrakcyjną powierzchnię statystyczną o zakładanej ciągłości.

Najczęściej stosowanym sposobem pomiaru zmienności rozproszenia zjawisk jest gęstość. W geografii i kartografii pojęcie to jest rozumiane jako liczba obiektów lub jednostek miary zjawiska (np. sztuki, metry, hektary, tony) przypadająca na jednostkę powierzchni.

Efekty zastosowania różnych metod kartograficznych do prezentacji gęstości są widoczne na zamieszczonych w niniejszym artykule mapach, opracowanych na podstawie tych samych danych. Jako przykład zjawiska rozproszonego przedstawiono sieć osadniczą byłego województwa wałbrzyskiego, czyli miasta i wsie sołeckie. Wszystkie jednostki osadnicze zostały potraktowane jako punkty (ryc. 1), niezależnie od liczby mieszkańców i powierzchni administracyjnej. Miernikiem gęstości sieci osadniczej jest liczba osiedli na 100 km².

Na badanym terytorium można wyróżnić kilka dużych obszarów o najrzadszej sieci osadniczej: masywy górskie otaczające Kotlinę Kłodzką – Masyw Śnieżnika, Góry Bystrzyckie i Stołowe, Góry Sowie i Góry Kamienne, zespół miast wokół Dzierżoniowa, aglomerację Wałbrzycha. Obszarem o najgęstszej sieci osadniczej jest Przedgórze Sudeckie, zwłaszcza tereny na północ od Świdnicy oraz na północ i północny zachód od Ząbkowic Śląskich, a także doliny Bystrzycy, Nysy Kłodzkiej, Ścinawki i Włodzicy oraz Białej Łądeckiej.

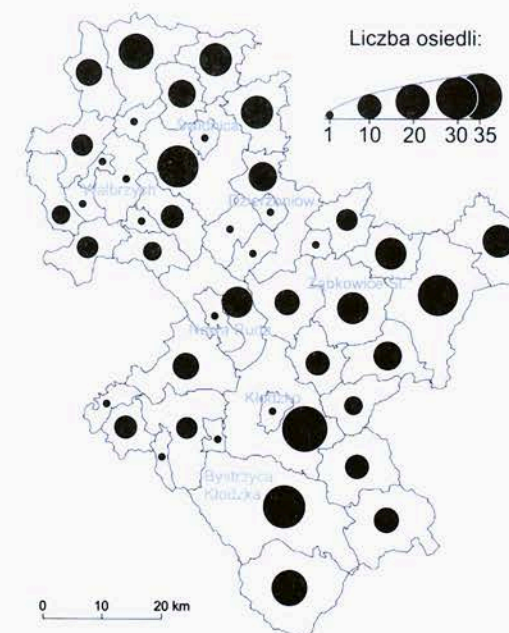


Ryc. 2. Mapa kropkowa wielowagowa. Wielkości kropek odpowiadają skali kartodiagramu na ryc. 3
Fig. 2. Dot map. Dot sizes represent the scale of graduated circle on fig. 3

Metoda kropkowa

Metoda kropkowa służy do przedstawiania rozmieszczenia i charakterystyki ilościowej zjawiska. Wielu autorów opisujących tę metodę stwierdza, że mapa rozmieszczenia ilustruje także w pewien szczególny sposób zróżnicowanie gęstości. Ta cecha map kropkowych wynika z wizualnego odczucia różnego stopnia skupienia kropek, co odpowiada zróżnicowaniu gęstości zjawiska.

Stosuje się dwa sposoby rozmieszczania kropek: kartogramiczny i topograficzny. Pierwszy z nich polega na równomiernym rozłożeniu odpowiedniej liczby kropek w obrębie jednostki terytorialnej. Topograficzne rozmieszczenie kropek polega na ich ulokowaniu w miejscach rzeczywistego występowania danego zjawiska lub obiektu. Zasada ta jest zachowana w przypadku, gdy jedna kropka reprezentuje jeden obiekt (wtedy jest to właściwie metoda sygnaturowa) (ryc. 1). Gdy waga kropek jest większa lub zastosowane są kropki wielowagowe, wyrażają one ogólny charakter rozmieszczenia zjawiska (ryc. 2). Opracowanie mapy kropkowej wymaga wtedy dodat-



Ryc. 3. Kartodiagram ciągły powierzchniowy
Fig. 3. Graduated circles related to space units

kowych informacji o kartowanym zjawisku oraz jego relacjach z elementami środowiska geograficznego, które mogą wpływać na jego rozmieszczenie. Są to wymagania podobne do tych, jakie stawia opracowanie map dazymetrycznych.

Mapy kropkowe są uważane za jeden z efektywniejszych sposobów przedstawiania charakteru rozmieszczenia zjawisk rozproszonych i ich wielkości, a coraz częściej także gęstości. Ważną zaletą jest prostota i sugestywność obrazu kropkowego.

Jak wyżej wspomniano, metoda kropkowa oddaje zróżnicowanie gęstości zjawiska poprzez wizualne odczucie różnego stopnia skupienia kropek. Stosowano wiele sposobów wyznaczenia jej wartości liczbowej. Jeden z nich polega na szacowaniu gęstości zjawiska na podstawie porównania odległości między kropkami z zamieszczonym w legendzie mapy wzorcem (ryc. 1). Wzorec przedstawia rozmieszczenia kropek odpowiadające określonym wartościom gęstości. Jednakże wzorce prezentują kropki ułożone równomiernie względem siebie, tworzące sieci trójkątów lub kwadratów. Rozmieszczone w ten sposób kropki rzadko zajmują na mapie na tyle duże powierzchnie, aby można było porównać je z legendą i oszacować gęstość.

Mankamentem metody kropkowej jako formy prezentacji gęstości jest trudność interpretacji obrazu kropkowego. Jak pisał P. Muehrcke (1980), ludzkie oko ma skłonność do niedoszacowania wielkości. Eksperymenty psychologiczne wykazały, że na obszarach o dużym zagęszczeniu kropek, człowiek subiektywnie szacujący wielkość liczbową gęstości ma tendencję do jej zaniżania. Tendencja ta nasila się wraz ze wzrostem zagęszczenia kropek. Do podobnych wniosków znacznie wcześniej doszedł A. O'Dell (C. Fawcett 1935), który przeprowadził doświadczenie z prawie setką studentów obeznanych z ideą metody kropkowej. Stwierdził, że mapy kropkowe znakomicie pokazują gęstość zjawiska w poszczególnych miejscach i jej zmienność, niełatwo jednak odczytać z nich wartości tego wskaźnika.

Kartogram

Kartogram jest metodą przedstawiającą średnią intensywność zjawiska, obliczoną i odniesioną do z góry ustalonych pól odniesienia, takich jak jednostki administracyjne, fizjograficzne lub geometryczne.

Do przedstawiania gęstości stosuje się kartogram prosty, który prezentuje natężenie tylko jednego zjawiska, a jednostki odniesienia pokryte są jednolicie według przyjętej skali graficznej. Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na obraz przestrzennej zmienności gęstości zjawiska w metodzie kartogramu są:

- klasy wartości,
- skala graficzna (achromatyczna lub barwna),
- pola odniesienia.

W kartografii przyjęło się, że kartogramy prezentują relatywne wartości zjawiska najczęściej uszeregowane w klasy. Celem podziału zbioru wartości liczbowych w określony szereg rozdzielczy jest uproszczenie zbioru, dzięki czemu zamiast znacznej liczby danych indywidualnych otrzymuje się kilka klas o znanej liczebności i rozpiętości. Ograniczenia graficzne determinują liczbę klas na mapie. Zwiększenie ich liczby w pewnym zakresie nie podnosi już szczegółowości kartogramów, a nawet zmniejsza ich użyteczność, gdyż nadmiar szczegółów gubi ogólne cechy rozmieszczenia i różnicowania gęstości zjawiska (J. Paślowski 1992a).

Mimo, iż istnieje wiele sposobów wyznaczania granic klas w kartogramach, w praktyce najczęściej stosowane są przedziały tradycyjne. Ich granice ustalane są intuicyjnie lub przyjmowane, często bez żadnych poprawek, z wcześniejszych opracowań danego tematu. Ich cechą charakte-

rystyczną są okrągłe wartości liczbowe granic. Jest to niewątpliwą zaletą tych tradycyjnych rozwiązań, gdyż badania psychologiczne wykazały, iż występują poważne trudności umysłowego przetwarzania liczb nieokrągłych przez czytelników map (G. Jenks, F. Caspall 1971; J. Paślowski 1992a).

Do sposobów tradycyjnych należy zaliczyć również klasy o jednakowej rozpiętości. Ich częste stosowanie wynika z prostoty wykonania i łatwości odbioru. Często „tradycyjnie” dla wielu zjawisk stosuje się klasy o jednakowej rozpiętości, wśród których klasy pierwsza i ostatnia są otwarte.

Wprowadzenie nowych technik umożliwiło opracowanie kartogramów ciągłych. W. Tobler (1973) nazwał je „kartogramami bez przedziałów klasowych”, co najlepiej określa ich charakter: ciągłej skali wartości odpowiada ciągła skala graficzna. W ten sposób powstaje obraz o wiele bardziej skomplikowany i trudniejszy do interpretacji niż prosty kartogram skokowy. Liczba odcieni szarości na mapie może nawet równać się liczbie pól odniesienia, gdy każde z nich będzie miało przypisaną inną wartość liczbową.

Odpowiedni dobór pól odniesienia jest co najmniej tak samo ważny w opracowaniu kartogramu, jak wyznaczenie klas. Ich wielkość i różnicowanie wpływają na poziom uogólnienia przekazywanej na mapie informacji. Mimo to problematyka pola podstawowego w opracowaniach wielu autorów zajmuje stosunkowo niewiele miejsca (A. Robinson, R. Sale, J. Morrison 1988; L. Ratajski 1989; M.-J. Kraak, F. Ormeling 1998; K. Saliszczew 1998). Wynika to z faktu, że większość zjawisk prezentowanych za pomocą kartogramów jest oparta na danych statystycznych odnoszących się do z góry ustalonych jednostek spisowych. Najczęściej odpowiadają one podziałowi administracyjnemu danego obszaru, ten zaś nie pozostawia autorom zbyt dużych możliwości wyboru pól odniesienia. W zasadzie można jedynie dokonać ich agregacji lub przejścia z podziałów niższej rangi na wyższe, na przykład z gmin na powiaty lub województwa.

Wśród tego typu map dominują kartogramy oparte na podziałach administracyjnych (ryc. 4). Ich zwolennicy twierdzą, że tylko operowanie realnie istniejącymi podziałami przestrzennymi pozwala na wykorzystanie w praktyce kartogramów i prezentowanych przez nie wyników badań geograficznych. Ponadto opracowanie takich map ze względu na dostępne dane statystyczne jest najprostsze. Ukazało się wiele prac opisujących wady takiego rozwiązania. Wskazywano na to, że jednostki administracyjne najczęściej nie mają

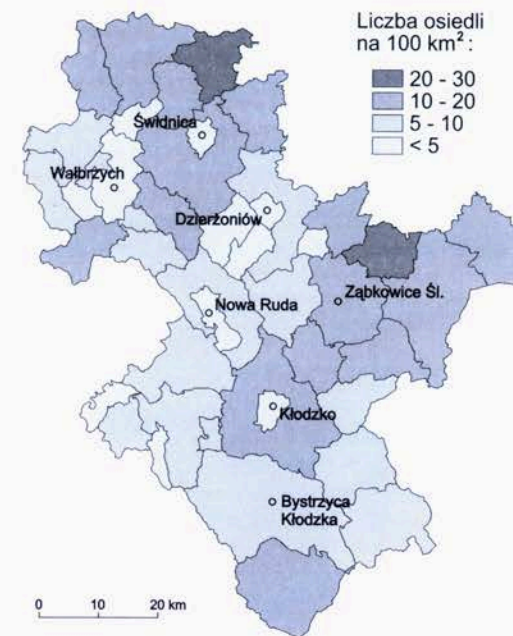
żadnego związku z rzeczywistą zmiennością rozmieszczenia zjawisk. Kartogram z założenia uśrednia przestrzenne różnicowanie natężenia zjawiska wewnątrz jednostek odniesienia, stąd uzyskany obraz w większym stopniu zależy od przebiegu granic administracyjnych, niż od rzeczywistego rozmieszczenia zjawiska. Znaczenie tej zależności wzrasta wraz z powierzchnią pól podstawowych, toteż ich dobór należy traktować jako jeden ze sposobów generalizacji – im większe powierzchnie, tym większy poziom uogólnienia przekazywanej na mapie informacji. Znaczne różnice wielkości pól powodują, że na mapie występuje niejednorodny poziom generalizacji. W ten sposób może powstać błędny obraz przestrzennego różnicowania gęstości. Następuje uwypuklenie szczegółów w miejscach, gdzie jednostki administracyjne są małe, a znaczne uśrednienie wartości w obrębie dużych.

Analizując kartogramy odniesione do jednostek administracyjnych należy wziąć pod uwagę nieporównywalność map otrzymanych przy zastosowaniu różnych stopni podziału terytorialnego. Dobór pól o określonej wielkości odpowiada pewnej szczegółowości mapy lub badania. Przyjęcie pól większych lub mniejszych powoduje przejście na inny poziom uogólnienia, a wynikające z analizy danego kartogramu wnioski są słuszne tylko w odniesieniu do układu pól zawartego na tym kartogramie (J. Paślowski 1992a). Ten sam problem pojawia się w związku ze zmiennością granic administracyjnych w czasie.

Kartogram należy do najpowszechniej dziś stosowanych metod prezentacji w kartografii tematycznej. Niewątpliwą zaletą tej metody jest jednoznaczność i względna prostota konstrukcji, które umożliwiają szybkie wykonanie map. Niebagatelne znaczenie ma także łatwość opracowania komputerowego kartogramów oraz dostępność odpowiednich danych statystycznych. Nierzadko kartogram jest jedyną możliwą do zastosowania metodą w związku z charakterem posiadanych materiałów źródłowych lub brakiem wystarczającej znajomości szczegółów rozmieszczenia zjawiska.

Aby zmniejszyć negatywne skutki wynikające ze stosowania jednostek administracyjnych, stosowano wiele rozwiązań. Wśród nich można wyodrębnić dwie główne grupy, różniące się między sobą podejściem do problemu pola podstawowego.

Pierwsza obejmuje kartogramy geometryczne, w których jednostki administracyjne zastąpione są jednakowymi figurami geometrycznymi, takimi jak kwadraty lub sześcioboki. Dzięki temu moż-



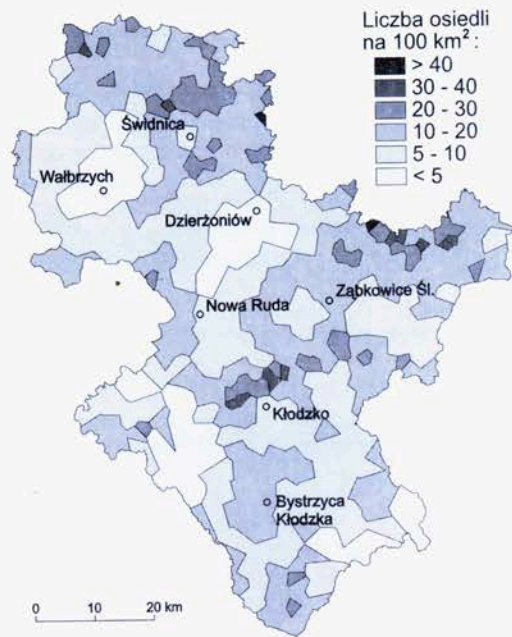
Ryc. 4. Kartogram prosty
Fig. 4. Choropleth map

na porównać ze sobą obliczone dla nich wskaźniki, nie biorąc pod uwagę wpływu różnicowania kształtów i powierzchni jednostek odniesienia. Podstawowym problemem opracowania kartogramów geometrycznych jest dobór wielkości pola podstawowego oraz często brak odpowiednich danych statystycznych. Opracowanie kartogramów geometrycznych wymaga szczegółowych informacji o rozmieszczeniu zjawiska, dlatego najczęściej materiałem wyjściowym są mapy kropkowe. Największym mankamentem kartogramów geometrycznych jest brak powiązania między siecią figur a rzeczywistym występowaniem zjawiska.

Drugie podejście do problemu pól odniesienia polega na dostosowaniu ich granic do rozmieszczenia zjawiska, tak aby obejmowały obszary, w obrębie których jest ono rozmieszczone równomiernie, a co za tym idzie jego gęstość jest jednorodna. Otrzymany w ten sposób obraz kartograficzny nazywany jest mapą lub kartogramem dazymetrycznym.

Kartogram dazymetryczny

Kartogram dazymetryczny jest odmianą kartogramu – przedstawia średnią intensywność zja-



Ryc. 5. Kartogram dazymetryczny opracowany na podstawie sieci zmiennoścnej nieregularnej
Fig. 5. Dasymetric choropleth map prepared on the basis of irregular density network

wiska, ale obliczoną i odniesioną do pól, których granice nie są z góry narzuconymi podziałami administracyjnymi lub geometrycznymi, lecz wynikają z rozmieszczenia samego zjawiska. Oznacza to, że układ jednostek dazymetrycznych i ich kształty są dostosowane do zmienności przestrzennej zjawiska. W ten sposób teoretyczne założenia kartogramu, czyli:

- równomierne rozmieszczenie zjawiska wewnątrz pól odniesienia,
 - gwałtowne zmiany wartości na granicach jednostek odniesienia,
 - odniesienie przedstawianych wartości do całego obszaru jednostki odniesienia,
- są na mapie dazymetrycznej odzwierciedleniem istniejących relacji ilościowych i przestrzennych występujących w obrębie kartowanego zjawiska.

Opracowanie kartogramów dazymetrycznych bazuje na wykorzystaniu materiałów źródłowych i dodatkowych informacji dotyczących natury i przestrzennej zmienności danego zjawiska oraz jego zależności od elementów środowiska geograficznego. W przypadku zjawisk występujących w formie rozproszonych powierzchni, najpierw należy zidentyfikować i wyznaczyć granice jed-

nostek odniesienia, w których zakładane jest jednorodne rozmieszczenie zjawiska. Mogą to być także jednostki kartogramu prostego (również geometryczne), w obrębie których wydzielane są podobszary o jednorodnym rozmieszczeniu zjawiska. Potem mierzy się (lub szacuje) jego wielkość wewnątrz tak wydzielonego pola odniesienia, a następnie – przy znanej powierzchni tego pola – obliczona zostaje gęstość. Największe znaczenie ma odpowiedni dobór zmiennych ograniczających i zmiennych powiązań (A. Robinson, R. Sale, J. Morrison 1988), czyli zjawisk geograficznych, które mają wpływ na występowanie kartowanego zjawiska. Służą one do wyznaczenia granic pól odniesienia i szacowania wielkości zjawiska w ich obrębie. Podobnie można dokonać wydzielenia pól jednorodnych w przypadku zjawisk rozproszonych punktowo.

Odpowiedni dobór zmiennych ograniczających i zmiennych powiązań oraz ich umiejętne wykorzystanie pozwala przyjąć, z dużym prawdopodobieństwem, że w obrębie wydzielonych jednostek odniesienia kartogramu dazymetrycznego natężenie zjawiska jest podobne, co pozwala zakładać, że w poszczególnych miejscach w niewielkim stopniu odbiega ono od średniej wartości tego natężenia przedstawionej na mapie.

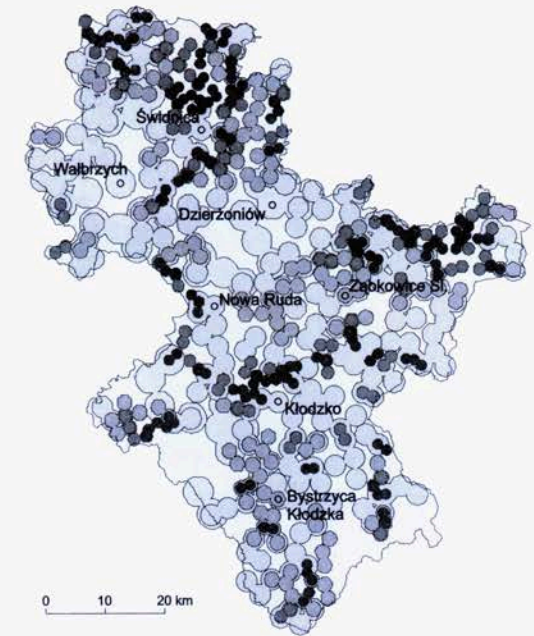
Mapy dazymetryczne powstają również w wyniku przetwarzania map kropkowych. W procedurach wyznaczania granic pól odniesienia wykorzystywana jest relacja między gęstością zjawiska i odległością między kropkami (rozproszenie). Odległość ta może być uwzględniona na dwa sposoby. W pierwszym brane są pod uwagę odległości między punktem i jego wszystkimi sąsiadami – powstaje sieć zmiennoścnej nieregularna. Gęstość obliczana jest przez odniesienie wagi kropki do powierzchni wykreślonego wokół niej wielokąta (ryc. 5). W drugim sposobie uwzględniana jest tylko odległość od punktu do najbliższego sąsiada. Na wielkość obliczanej gęstości ma wpływ przede wszystkim odległość zmierzona między dwoma punktami, ale także przyjęty wcześniej kształt powierzchni jednostkowych, które są przez te punkty reprezentowane. Może to być kwadrat, sześciobok, ale najważniejszym kształtem wydaje się koło, będące „naturalną” powierzchnią oddziaływania punktu. Pierwszym krokiem w postępowaniu zmierzającym do opracowania mapy dazymetrycznej według procedury de Geera-Enequista (W. Spallek 2000) jest ustalenie granic klas, które wyznaczają zarazem promienie ekwidystant rysowanych wokół kropek. Zakreślone przez ekwidystanty powierzchnie kół

w relacji do wagi kropki odpowiadają dolnej granicy wartości w danej klasie gęstości. W momencie zetknięcia się lub nałożenia na siebie co najmniej dwóch takich kół powstaje strefa jednorodnego rozproszenia punktów (ryc. 6). Na podstawie opracowanej w ten sposób mapy można narysować granice jednostek dazymetrycznych, w obrębie których zostanie obliczona gęstość. W wyniku zastosowania opisanej wyżej procedury powstają mapy przedstawiające gęstość ściśle związaną z rozmieszczeniem zjawiska, a nie obszary o założonej jednorodności. Należy mieć na uwadze, że „dazymetryczność” tej metody zależy od szczegółowości map kropkowych, a także od wagi kropki. Innym mankamentem procedury de Geera-Enequista jest wpływ przyjętych granic klas na zasięg pól odniesienia i końcowy efekt widoczny na mapie. Dlatego duże znaczenie ma wybór odpowiednich granic klas wartości istotnych dla kartowanego zjawiska, gdyż przypadkowość może prowadzić do powstania nieadekwatnego obrazu gęstości.

Metoda izolinii

Metoda izolinii służy do prezentacji zmienności przestrzennej zjawisk o ciągłym sposobie występowania oraz tempie (gradiencie) i kierunku tej zmienności. W kartowaniu gęstości zjawisk rozproszonych metodą izolinii, umowne punkty cechowane reprezentują wartości odniesione do określonych pól powierzchni. Punkty cechowane umieszczane są w obrębie tych powierzchni, ale nie mają sensu lokalizacyjnego. Izolinie wyinterpolowane na ich podstawie nazywane są izarytmami teoretycznymi lub izoplejami. Prezentowana przez nie powierzchnia statystyczna nie istnieje w rzeczywistości i nie można jej zmierzyć bezpośrednio w terenie.

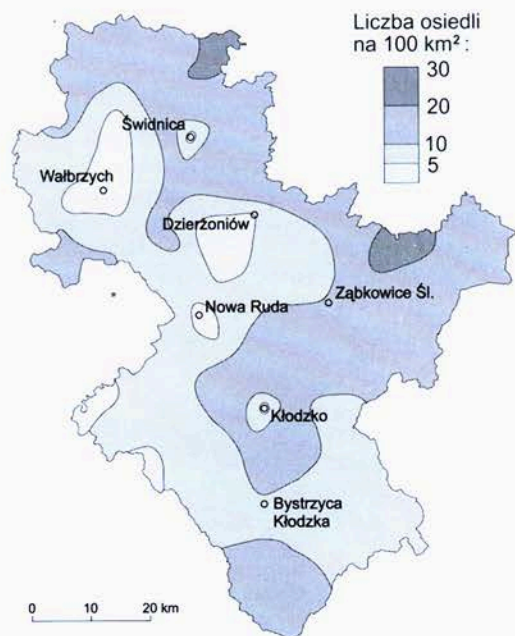
Przebieg izarytm teoretycznych zależy od twórcy mapy, który decyduje o sposobie rozmieszczenia punktów cechowanych wewnątrz pól odniesienia (np. środek optyczny lub geometryczny jednostki, środek ciężkości zjawiska, największe skupisko, siedziba jednostki administracyjnej) oraz o kształcie tych jednostek (por. wyżej uwagi dotyczące pól odniesienia w kartogramie). Izarytmy teoretyczne powstają w wyniku interpolacji między tymi punktami cechowanymi, których położenie wewnątrz pól odniesienia najczęściej nie ma większego związku z rozmieszczeniem zjawiska. Nie należy zatem odnosić wartości zjawiska w jakimkolwiek miejscu na mapie izoplekowej do rzeczywistości. J. Paślawski (1992b) zaproponował oznaczenie na mapach izarytmicz-



Ryc. 6. Kartogram dazymetryczny według procedury de Geera-Enequista przedstawiający strefy jednakowego rozproszenia i odpowiadające im wartości gęstości
Fig. 6. Dasymetric choropleth prepared following the procedure of deGeer-Enequist, presenting zones of similar dispersion and corresponding density levels

nych punktów cechowanych (bez opisywania ich wartości), aby umożliwić czytelnikowi weryfikację poprawności zastosowanej procedury interpolacji i uczynić izoplety bardziej wiarygodnymi. Wydaje się, że jest to dobre rozwiązanie w przypadku map opracowanych na podstawie niewielkiej liczby pól odniesienia. Przy ich większej liczbie punkty cechowane mogą niepotrzebnie skomplikować rysunek izarytm lub wręcz utrudnić jego percepcję.

Uzyskany za pomocą metody izolinii obraz kartograficzny można traktować tylko jako ogólny model przestrzennej zmienności zjawiska lub jako izoliniową interpretację kartogramu (L. Barwińska 1963; J. Szewczuk 1975), gdy punkty cechowane



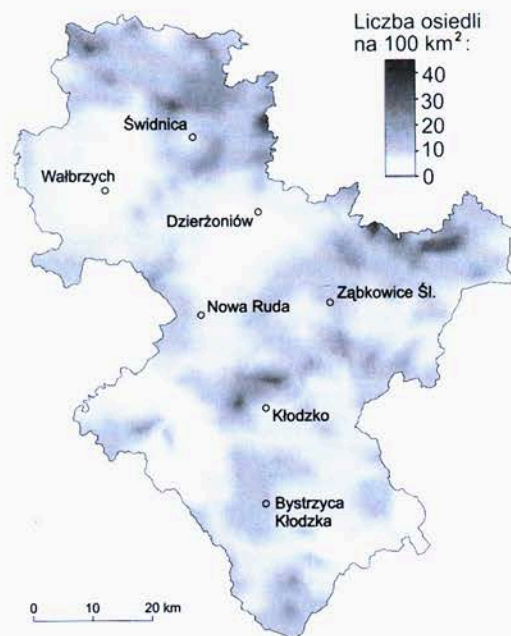
Ryc. 7. Mapa izoliniowa, opracowana na podstawie wartości obliczonych dla pól odniesienia kartogramu (ryc. 4)

Fig. 7. Isoline map prepared with the choropleth method space units (fig. 4)

reprezentują te same powierzchnie odniesienia, co w kartogramie (por. ryc. 4 i 7 oraz 5 i 8).

Drugi z wymienionych wyżej poglądów zwraca uwagę na wiele podobieństw między izoplekami i kartogramem. Wybór między tymi dwiema formami prezentacji zależy od tego, którą cechę powierzchni statystycznej chcemy pokazać na mapie na pierwszym miejscu: zróżnicowanie przestrzenne przedziałów wartości liczbowych (kartogram), czy kierunku zmienności i gradient (izarytmy teoretyczne).

Specyficzną odmianą metody izolunii, stosowaną głównie w XIX w., jest wprowadzenie ciągłej skali szarości. W metodzie tej wartości nie są dzielone na klasy przedstawione określonymi barwami. Ciągłej skali wartości odpowiada ciągła skala szarości (ryc. 8). Powstała w ten sposób mapa może być traktowana jak mapa izoliniowa bez rysunku izolunii. Stosowanie ciągłej skali szarości wskazuje na analogię z kartogramem ciągłym, przy czym w tym przypadku każdy punkt na mapie ma przypisaną określoną wartość, podczas gdy w kartogramie są to średnie dla pól odniesienia.



Ryc. 8. Mapa izoliniowa o ciągłej skali graficznej, opracowana na podstawie wartości obliczonych dla pól sieci zmienno-gęstej nieregularnej (ryc. 5)

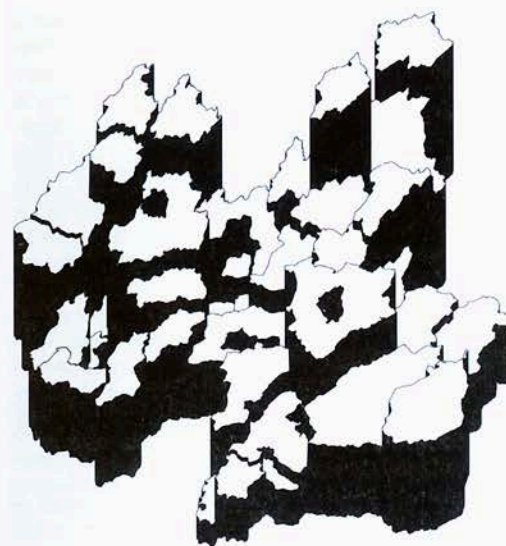
Fig. 8. Isoline map with continuous graphic scale. Prepared for the values established for the fields of irregular density network (fig. 5)

Stosowanie trzeciego wymiaru do prezentacji gęstości

Przyjęte w kartografii tematycznej pojęcie powierzchni statystycznej oznacza abstrakcyjny model danych, który charakteryzuje się pewnymi właściwościami upodabniającymi go do powierzchni terenu. Przede wszystkim posiada ona punkty cechowane (wysokościowe) i wyinterpolowaną na ich podstawie „rzeźbę”, którą można przedstawić na mapie za pomocą opisanych wyżej odpowiednich metod graficznych.

Użycie skrótu perspektywicznego pozwala na narysowanie trzeciego wymiaru na płaszczyźnie mapy i pokazanie trójwymiarowego modelu rzeźby terenu w postaci blokdiagramów. Analogicznie można również wykonać trójwymiarowy model rzeźby abstrakcyjnej powierzchni statystycznej, w którym wartość wskaźnika charakteryzującego zjawisko wyrażona jest wysokością nad poziomem odniesienia.

Metody trójwymiarowej prezentacji powierzchni statystycznej są odpowiednikami głównie dwóch „płaskich” metod kartograficznych: izolunii oraz



Ryc. 9. Blokdiagram. 1 mm wysokości bryły oznacza 1 osiedle na 100 km²

Fig. 9. 3D choropleth map. 1 mm height means 1 community for 100 km²

kartogramu i przejmują niektóre ich właściwości. Stosunkowo krótka historia i rzadkie stosowanie powodują, że nie mają one ustalonej terminologii. W artykule będzie używana nazwa „trójwymiarowy model danych” (wg M.-J. Kraaka i F. Ormelinga 1996) zamiennie z przyjętym w polskiej literaturze kartograficznej „blokdiagramem”. Zakresem treści obu terminów objęto także kartogram bryłowy.

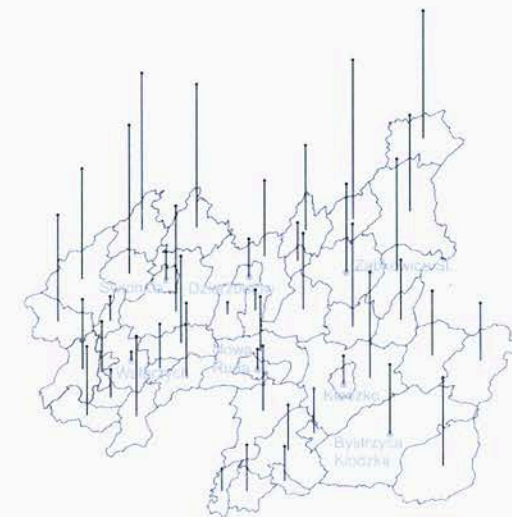
Blokdiagramy mogą przedstawiać powierzchnię statystyczną na dwa sposoby:

1. Jako powierzchnię skokową w formie płaszczyzn umieszczonych na różnej wysokości. Jest to trójwymiarowy odpowiednik kartogramu: kartogram bryłowy (ryc. 9).

2. Jako powierzchnię ciągłą w formie gęstej sieci profili lub cieniowania. Są to trójwymiarowe odpowiedniki izarytm: blokdiagram wygładzonej powierzchni statystycznej i metoda „cieniowania ciągłej powierzchni” („continuous surface shading”) zamieszczona w podręczniku P. Muehrkego (1980).

Odrębną metodą, prezentującą tylko punkty cechowane powierzchni statystycznej, są „punkty podniesione” (A. Robinson, R. Sale, J. Morrison 1988), które można uznać za trójwymiarowy odpowiednik kartodiagramu powierzchniowego (ryc. 10).

Główną wadą blokdiagramów są trudności odczytania nawet przybliżonych wartości oraz ich



Ryc. 10. Punkty podniesione. 1 mm wysokości słupka oznacza 1 osiedle na 100 km²

Fig. 10. Elevated points. 1 mm height means 1 community for 100 km²

porównywanie. Zastosowanie skrótu perspektywicznego powoduje zasłonięcie niektórych części obrazu przez „wzniesienia” wyższych wartości. Obecnie blokdiagramy są coraz częściej spotykane w wydawnictwach popularnych, głównie ze względu na łatwe ich opracowanie z zastosowaniem techniki komputerowej. W wydawnictwach tych mniejszą wagę przykładają się do możliwości odczytania wartości z mapy, a prezentowane przez modele trójwymiarowe obraz zmienności przestrzennej gęstości i innych wskaźników charakteryzujących zjawiska jest wyjątkowo sugestywny.

Ogólna dostępność komputerów i programów związanych z systemami informacji geograficznej (GIS) spowodowała, że każdy ich użytkownik może sam wykonać mapę. Dla niekartografów jednak dobór formy prezentacji zależy przede wszystkim od tego, które z metod są dostępne (najczęściej w postaci gotowych szablonów) w programie zainstalowanym w komputerze. Zwykle są to kartogram i kartodiagram. Ponadto o zastosowaniu danej metody często decyduje brak wiedzy o innych formach prezentacji.

Przedstawiony wyżej przegląd ważniejszych metod prezentacji gęstości zjawisk rozproszonych na mapach pokazuje różnorodność możli-

wych sposobów skartowania tych samych danych. Każda z metod posiada charakterystyczne właściwości, dzięki którym uwypukla te lub inne cechy zjawiska: rozmieszczenie (sygnatury i metoda kropkowa), liczebność (metoda kropkowa i kartodiagram), natężenie (kartogram), natężenie i rozproszenie (kartogram dazymetryczny), kierunki zmienności i gradient (izoplety). W związku z tym przekazuje odmienną informację i wynikającą z niej interpretację cech przestrzennych kartowanego zjawiska.

Metody kartograficzne posiadają także pewne wady i ograniczenia, bez znajomości których nie można prawidłowo określić relacji między mapą a przedstawianym przez nią aspektem rzeczywistości. Nieumiejętny dobór metody powoduje, że powstają mapy niepoprawne pod względem metodycznym, niosące nieprawdziwą informację. Nie-

Literatura

- Barwińska L., 1963, *Kartogram a mapa gęstości zaludnienia*. „Annales UMCS” Sectio B, Vol. 18, s. 179–220.
- Dmochowski M., Pasławski J., 2000, *Kartogram w wybranych programach komputerowych*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 32, nr 4, s. 288–300.
- Enequist G., 1960, *A Method for mapping population density*. „Norsk Geografisk Tidsskrift” Vol. 17, s. 271–277.
- Fawcett C., 1935, *Population maps: A Discussion on the afternoon meeting of the society on 17 December 1934*. „Geogr. Journal” Vol. 85, s. 142–159.
- Jenks G., Caspall F., 1971, *Error on choropleth maps: definition, measurement, reduction*. „Annals Assoc. of Amer. Geogr.” Vol. 61, no. 2, s. 217–244.
- Kraak M.-J., Ormeling F., 1996, *Cartography: visualization of spatial data*. Harlow: Longman.
- Kraak M.-J., Ormeling F., 1998, *Kartografia. Wizualizacja danych przestrzennych*. Warszawa: Wydawn. Naukowe PWN.
- Muehrcke P., 1980, *Map Use. Reading, analysis, and interpretation*. Madison: J. P. Publications.
- Pasławski J., 1992a, *Kartogram jako forma prezentacji kartograficznej*. „Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego” nr 378.
- Pasławski J., 1992b, *O wiarygodności kartogramów i map izolinowych*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 24, nr 1-2, s. 17–24.

rzadko mapy takie nie spełniają zasad przekazu kartograficznego. Ważne jest zatem, aby programy komputerowe zawierające gotowe aplikacje pozwalające na opracowanie map tematycznych posiadały odpowiedni opis założeń poszczególnych metod, sposobu opracowania map i cech tych map. Autor, zwłaszcza niekartograf, przed przystąpieniem do opracowania mapy powinien zapoznać się z takim opisem, co pozwoli mu wybrać metodę odpowiednią do dostępnych danych i tematu mapy.

Przed kartografami stoi zadanie ograniczenia natłoku amatorskich opracowań w różnych publikacjach, także naukowych i zastąpienie ich profesjonalnymi mapami. Ważny jest również udział kartografów w opracowaniu programów typu GIS dotyczących map tematycznych.

- Ratajski L., 1979, *Rozwinięta koncepcja kartologii*. „Prace i Studia Geogr.” T. 1, Teoria kartografii, Warszawa: Wydawn. Uniwersytetu Warszawskiego, s. 23–41.
- Ratajski L., 1989, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. Wyd. 2. Warszawa – Wrocław: PPWK.
- Robinson A., Sale R., Morrison J., 1988, *Podstawy kartografii*. Warszawa: PWN.
- Saliszczew K., 1998, *Kartografia ogólna*. Warszawa: Wydawn. Naukowe PWN.
- Spallek W., 2000, *Zależność kartograficznego modelu zjawiska od zastosowanej metody prezentacji*. W: „Główne problemy współczesnej kartografii, 2000. Złożoność – Modelowanie – Technologia”. Pod redakcją W. Pawlaka. Wrocław: Uniwersytet Wrocławski, Pracownia Atlasu Dolnego Śląska i Zakład Kartografii, s. 126–134.
- Szewczuk J., 1975, *Miejsce metody izarytmicznej (izoplekowej) wśród metod kartograficznych*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 7, nr 2, s. 49–54.
- Tobler W., 1973, *Choropleth maps without class intervals*. „Geogr. Analysis” Vol. 5, no. 3, s. 262–265.
- Wright J. K., 1942, *Map makers are human. Comments on the subjective in maps*. „Geogr. Review” Vol. 32, no. 4, s. 527–544.

Recenzował dr hab. Jerzy Mościbroda

Methods of presenting density of dispersed phenomena on thematic maps

Summary

The author lists and compares cartographic methods of presenting the density of dispersed phenomena: dot method, choropleth, dasymetric choropleth, isoline method, three-dimensional data models. The aim of the paper is to show the multitude and variety of methods, which can be used for presenting just one topic. It also presents differences between maps prepared with different methods and shows what information can be found in them.

Wide availability of computers and software related to Geographic Information Systems (GIS), makes it possible for anyone to prepare a map. For non-cartographers the choice of method depends mainly on what methods are available (usually in the form of instructions) in a software installed in a given computer. These methods are usually choropleth and graduated circle. Often a particular method is chosen because of the lack of knowledge of other presentation methods. Cartographic methods have certain drawbacks and limita-

tions; without knowing them one can not correctly outline the relations between the map and the aspect of reality it presents. Unskillful choice of method leads to methodically incorrect maps, which convey false information. Such often maps do not follow the rules of cartographic presentation. Therefore any software which includes ready applications for preparing thematic maps should also provide appropriate description of particular methods, ways of using them in map preparation, and features of resulting maps. The author, especially a non-cartographer, ought to read the description, which would help him to choose a method appropriate for the available data and topic. Cartographers have to take up the task of reducing the number of amateur cartographic presentations in various publications, also scientific, and replace them with professional maps. They should also take part in the preparation of GIS-type programs concerning thematic maps.

Translated by M. Horodyski

Методы изображения густоты разрозненных явлений на тематических картах

Резюме

В статье собраны и сравнены картографические методы, применяемые для изображения густоты разрозненных явлений: значки, точечный метод, картограммы, дазиметрической картограммы, метод изолинии, трёхмерные модели данных. Целью этой работы является показание множества и разнообразия способов, какими могут располагать лица, составляющие карты, для представления одного только вопроса. Кроме того, представлены различия между картами, разработанными отдельными методами, и информации, какие можно из них получить.

Всеобщий доступ к компьютерам и программам, связанным с геоинформационными системами (GIS), привёл к тому, что каждый потребитель может сам составить карту. Однако, для не картографов подбор формы представления зависит, прежде всего, от того, какой метод является доступным (чаще всего в виде готовых шаблонов) в программе, установленной в компьютере. Обычно это картограмма и картодиаграмма. Кроме того, о применении данного метода зачастую решает отсутствие знания о существовании других методов изображения. Картографические методы имеют также некоторые недостатки и огра-

ничения, без знания которых нельзя правильно определить соотношение между картой и изображённым ей аспектом действительности. Неумелый подбор метода приводит к тому, что возникают неправильные в методическом смысле карты, несущие неверную информацию. Нередко такие карты не придерживаются принципов картографического изображения. Поэтому важным является, чтобы компьютерные программы, содержащие готовые приложения, дающие возможность разработки тематических карт, имели соответствующее описание принципов отдельных методов, способа разработки в них карт и черты этих карт. Автор, а в особенности не картограф, перед приступлением к составлению карты должен ознакомиться с этим описанием, что даёт ему возможность выбора метода, отвечающего доступным данным и теме карты. Перед картографами стоит задача ограничения множества любительских разработок в разных публикациях, также научных, и замены их профессиональными картами. Важным является также участие картографов в разработке программ типа GIS, касающихся тематических карт.

Перевод Р. Толстикова