

PAWEŁ CEBRYKOW  
Zakład Kartografii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej  
Lublin

## Z problematyki określenia dokładności map izopletowych

Zarys treści. W artykule opisano problemy związane z badaniem dokładności map izopletowych oraz przedstawiono źródła błędów na takich mapach.

Słowa kluczowe: dokładność map, mapy izopletowe, pola podstawowe, metody interpolacji

### 1. Wprowadzenie

Mapy izopletowe należą do grupy map statystycznych, które prezentują cechy zjawisk o charakterze ilościowym. Obok map izopletowych do tej grupy można zakwalifikować kartogramy i kartodiagramy. Niewielka liczba metod umożliwiających prezentację ilościową sugerowałaby częstą wykorzystanie każdej z nich w praktyce kartograficznej. Jednak takie stwierdzenie jest prawdziwe jedynie w przypadku kartogramu i kartodiagramu. Metoda izoplekowa wykorzystywana jest rzadko. Przyczyn takiego stanu rzeczy jest kilka. Niewątpliwie należy do nich nieufność wobec izoplei, wynikająca w dużej mierze z krytycznych sądów. Jakże można znaleźć w fachowym piśmiennictwie. Znamienny jest fakt, że negatywne oceny przetrwały do obecnych czasów w niemal niezmienniej formie, podtrzymywane autorytetem naukowych osób, które je wygłaszały (np. M. Eckert 1925, E. Imhof 1961, K.A. Saliszczew 1976). Przy czym należy zwrócić uwagę, iż opinie te nie były poparte dogłębnymi badaniami właściwości metody izoplekowej.

Jednym z podstawowych zarzutów wobec map izopletowych była kwestia izoliniowej (ciągłej) prezentacji zjawisk nieciągłych. Jest to zagadnienie związane z fundamentalnym problemem pojmowania map izopletowych. Jeżeli przyjmiemy, iż izoplety są liniami teoretycznymi, które budują pojęciowy model zjawiska, to prezentacja danych występujących w sposób dyskretny nie jest przejawem nielogiczności izoplei. Prezentacja izoliniowa jest jedynie efektem interpretacji danych liczbowych.

Ważną przyczyną małej popularności metody izoplekowej jest również jej czasochłonność. W przeszłości problem ten był bardziej odczuwalny. Obecnie zastosowanie komputerów umożliwia znaczne przyspieszenie procesu wystawiania takich map. Niestety, w porównaniu do innych metod prezentacji wciąż jest to czas dłuższy.

Kolejnym, istotnym powodem rzadkiego wykonywania map izopletowych jest brak ogólnie akceptowanych, przejrzystych zasad, jakimi powinniśmy kierować się przy ich wykonywaniu. Zamiast tego w wielu podręcznikach można spotkać wytyczne potęgujące chaos metodyczny. Powyższy osąd nie jest bynajmniej argumentem przemawiającym za „wrodzoną” dowolnością konstrukcji izoplei, świadczy raczej o konieczności podjęcia szerszych badań, których celem będzie precyzyjne określenie metodycznych podstaw sporządzania map izopletowych.

Konieczność uporządkowania wiedzy na temat izoplei była w przeszłości dostrzegana, jednakże zaowocowało to tylko nielicznymi pracami badawczymi. Niemniej jednak płynące z nich wnioski – choć powoli – sprzyjały postępowi poznawania właściwości omawianej metody. Dotychczas zgromadzony zasób wiedzy na ich temat pozwala określić zarówno zalety jak i wady tego sposobu prezentacji kartograficznej.

Niewątpliwie mapy izopletowe mają wiele cech pozytywnych. Szczególnie należy podkreślić walory percepcyjne, gdzie izoliniowy, wizualnie uporządkowany obraz zjawiska pozwala na łatwe czytanie mapy. Jednak w tym miejscu więcej uwagi należy poświęcić negatywnym aspektom towarzyszącym tradycyjnie wykonywanym opracowaniom izopletowym. Ich poznanie pozwoli na doskonalenie metodyki opracowania map. Aby sformułować poparte merytorycznie zarzuty, należy w pierwszym rzędzie określić

jasne i uniwersalne kryteria weryfikacji opracowań izopletowych. Dysponując narzędziami oceny takich map, można badać dokładność prezentacji zjawiska, a wówczas opinio o samej metodzie nie będą oparte na subiektywnych wrażeniach.

## 2. Problem dokładności map izopletowych

W przeszłości badanie dokładności map izopletowych nie było zagadnieniem prostym. Trudność wynikała z faktu, iż przedstawiają one wskaźniki cechujące się wysokim stopniem abstrakcyjności i nie mogą być porównywane z realnym bytem, tak jak ma to miejsce np. przy ocenie map poziomicowych. W okresie ostatnich kilkudziesięciu lat pojawiały się różne propozycje rozwiązania tego problemu. Wśród nich zasługującymi na większą uwagę były badania M.-L. Hsu i A.H. Robinsona (1970), którzy starali się sprawdzić wiarygodność map izopletowych poprzez założenie, iż pierwotna powierzchnia zjawiska jest znana. W tym celu posłużyli się mapami poziomocowymi, na które nakładali różne układy pól, po czym obliczali w nich średnie wysokości. Tak przygotowane dane posłużyły do wykonania map izopletowych, które następnie były porównywane z powierzchnią pierwotną. Przeprowadzone pomiary wykazały niekorzystny wpływ nieporównywalnych pod względem kształtu i powierzchni pól podstawowych na właściwości map izopletowych. W rezultacie autorzy badań wyżej ocenili zastosowanie pól geometrycznych.

Inną ciekawą próbą zmierzania się z zagadnieniem oceny map izopletowych były prace W.A. Czerwiakowa (1975, 1978). Wykorzystał on tzw. metodę pelżającego krążka. W skrócie polega ona na punktowej ocenie wartości zjawiska na mapie izoplekowej i porównaniu jej z wartością obliczoną w kółkowym polu pomiarowym na mapie kropkowej. Prace W.A. Czerwiakowa były prowadzone w celu określenia wpływu zastosowania różnych pól odniesienia na właściwości map izopletowych.

Wymienione przykłady oceny map izopletowych nie są rozwiązaniami idealnymi. W zasadzie polegają one na porównywaniu dwóch teoretycznych modeli zjawiska, co w następstwie uniemożliwia ocenę dokładności konkretnych opracowań. Dyskusyjny wydaje się również punktowy sposób pomiarów natężenia zjawiska. Z tych powodów wykorzystanie podanych metod ma ograniczony zakres i sprowadza się w zasadzie do zastosowań w badaniach teoretyczno-metodycznych.

Uniwersalny sposób określenia poprawności wykonania mapy jest jednak możliwy, kiedy zgadzamy się z tezą, iż mapa statystyczna powinna wiernie oddawać bazowe dane statystyczne. Reguła taka została zaproponowana przez J. Mościbrodę i określona mianem zasady zachowania statystycznego wolumenu zjawiska (1978a, 1978b, 1999). W skrócie można ją wyjaśnić na przykładzie mapy izoplekowej przedstawiającej gęstość zaludnienia. Mapa jest trójwymiarową konstrukcją geometryczną posiadającą określoną objętość, która może być interpretowana jako liczba ludzi zamieszkujących dany obszar. Każda niezgodność względem rzeczywistej liczby ludności (czyli bazy statystycznej mapy) może być interpretowana jako błąd mapy.

W podanym przykładzie mamy do czynienia z jednoznacznie interpretacją pomierzonej objętości. Istnieją jednak wskaźniki, np. przyrost naturalny czy feminizacja, które takiej możliwości nie dają. Wydawać by się mogło, iż jest to dowód przemawiający za brakiem uniwersalności zastosowania kryterium wolumetryczności. Należy jednak uświadomić sobie, że istota tego kryterium polega na tym, że wolumen zjawiska na mapie izoplekowej powinien odpowiadać wolumenowi tego samego zjawiska na kartogramie ciągłym (przy założeniu, że obie mapy będą wykonywane na tym samym podkładzie, spełniającym warunek wienopowierzchniowości<sup>1</sup>). Kryterium ma charakter matematyczny i objętość możemy mierzyć i porównywać zawsze, także w przypadku tych zjawisk (czy może raczej wskaźników), które nie spełniają warunku tzw. prawa kartogramu J. Pravidy<sup>2</sup>, czyli nie mają wspomnianej jednoznacznej interpretacji, określającej czym jest objętość. Brak tej interpretacji niczemu nie przeszkadza, nie wliczy matematycznego sensu obliczeń – niestety zostana pomiarzone i obliczone, chociaż będą wyrażone w abstrakcyjnych jednostkach, nie powiązanych bezpośrednio z rozpatrywanym zjawiskiem.

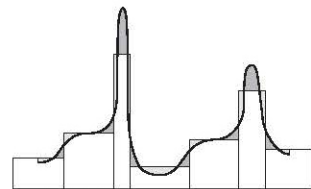
Jeśli jednak błędy te chcemy wyrazić nie w jednostkach abstrakcyjnej objętości, lecz w jednostkach powiązanych z przedstawianym zjawiskiem, możemy postąpić nieco inaczej – znając objętość możemy obliczyć średnie natężenie zjawiska. W odniesieniu do mapy feminizacji moglibyśmy wtędy powiedzieć na przykład, że w wyniku zniekształceń wolumetrycznych współczynnik feminizacji został zawyżony o powiedz-

my 5 kobiet na 100 mężczyzn. Podobnie w odniesieniu do map gęstości zaludnienia, zamiast podawać błąd objętości wyrażony liczbą osób, można byłoby powiedzieć, że jest on równoznaczny z zawyżeniem lub заниzeniem gęstości zaludnienia o taką lub inną liczbę osób na km<sup>2</sup>.

Warunek zachowania statystycznego wolumenu zjawiska może odnosić się do mapy jako całości. W takiej sytuacji mapa spełnia warunek wolumetryczności ogólnej. Jest to niezbędny warunek poprawności mapy izoplekowej, ale jego spełnienia nie jest równoznaczne z wiernym odwzorowaniem danych statystycznych na mniejszych obszarach opracowania. Spowodowane jest to tym, że na wspomnianych fragmentach mogą zaistnieć odchylenia dodatnie i ujemne, które w rezultacie ulegną kompensacji. Dlatego należy rozszerzyć zasadę zachowania statystycznego wolumenu zjawiska również na mniejsze fragmenty mapy. Dopiero przy spełnieniu tak postawionego postulatu, będziemy mieli możliwość wykonywania poprawnych map izopletowych.

Istnieją dwa sposoby rozwiązania powyższego zagadnienia. Jednym z nich jest propozycja „metody pycnophylactic” (gr. *zachowująca objętość*) (W.R. Tobler 1979, N.N.-S. Lam 1983, W.D. Rase 2001). Jej głównym założeniem jest zachowanie wolumenu zjawiska w bryłach wspartych na polach odniesienia, zastosowanych do wykonania mapy. Rozwiązanie to posiada jednak za sobą szereg negatywnych następstw. Możemy je prześledzić na przykładzie ryciny 1. Przedstawia ona krzywą, wyznaczoną wprawdzie odrębnie, ale dobrze oddającą idee metody pycnophylactic. Różnej szerokości prostokąty są odpowiednikami granistostoków kartogramu ciągłego, opracowanego z zastosowaniem pól odniesienia różnej wielkości. Aby zrównoważyć ubytki powierzchni prostokątów wysokich i wąskich, konieczne jest poprawienie kształtu krzywej w taki sposób, że będzie ona przebiegać powyżej jego wysokości. Natomiast w przypadku prostokątów niskich, ale sąsiadujących z wysokimi, krzywa zagłębi się i przebiegać będzie poniżej ich górnej krawędzi. Oznacza to, że powierzchnia statystyczna zjawiska ulegnie silnemu zróżnicowaniu pionowemu i w rezultacie na mapie pojawić się mogą wartości absurdalnie wysokie lub absurdalnie niskie. W przypadku prezentacji wskaźników procentowych (np. leśistości) na mapie mogą wystąpić obszary o wartościach wyższych od stu lub mniejszych od zera.

Drugi sposób zaproponował J. Mościbroda (1975). Jego zdaniem, przy pomiarze objętości należy brać pod uwagę nie pola odniesienia,



Ryc. 1. Wyglądająca krzywa wyznaczona zgodnie z założeniami metody pycnophylactic. W wyniku przyjęcia zgodności statystycznego wolumenu w obrębie pól podstawowych rośnie rozpiętość wartości zjawiska, deformując jego przestrzenny obraz

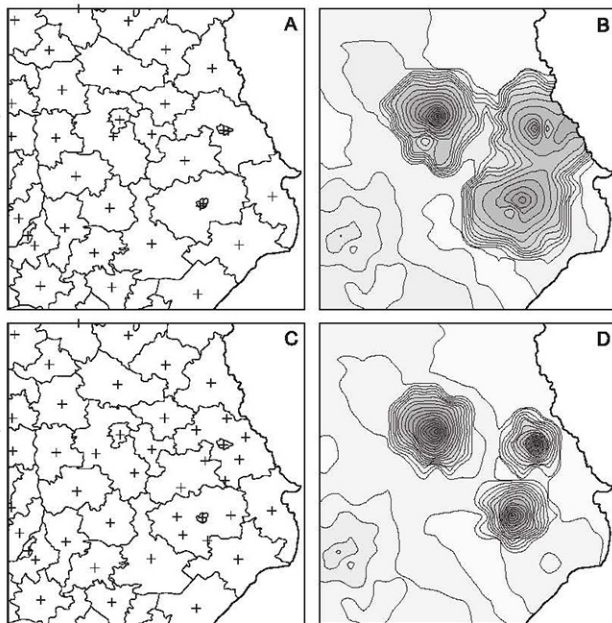
lecz oczka sieci interpolacyjnej, pełnią one bowiem rolę elementarnych cząstek, z których budowana jest mapa izoplekowa. Oczka te mają zwykle kształt trójkątowy. Warunek wolumetryczności będzie spełniony, jeśli w obrębie tych trójkątów zostanie zachowana zgodność objętości zjawiska przedstawionego w postaci mapy izoplekowej oraz kartogramu ciągłego. Powyższe rozwiązanie pozwala uniknąć wad metody pycnophylactic i jednocześnie tańsze zalety, że pozwala prześledzić skutki oddziaływania podstawowych źródeł błędów, przyczyniających się do powstania zniekształceń wolumetrycznych: rodzaju użytych pól odniesienia, sposobu umieszczenia punktów odniesienia i sposobu interpolacji izoplei.

## 3. Źródła błędów

W dotychczasowych badaniach nad właściwościami metody izoplekowej najwięcej uwagi poświęcono problematyce pola podstawowego. Wynika z nich, że dobre rezultaty można osiągnąć stosując geometryczne pola podstawowe, jednakże pod względem powierzchni i kształtu. Wśród pól geometrycznych na czoło wysuwają się sześcioboki foremne. Natomiast zdecydowanie negatywny wpływ na wolumetryczne właściwości map ma zastosowanie poligonów o nieregularnych kształtach oraz różnej powierzchni. Powyższa uwaga ma bardziej ogólną wymowę, nie dotyczy bowiem jedynie izoplei. Niejednolite pola podstawowe stwarzają problemy również przy prezentacji kartogramicznej.

<sup>1</sup> Tzw. prawo kartogramu sformułowane przez J. Pravidę (1988) mówi, że zjawiska prezentowane kartogramicznie muszą być opisane wskaźnikami obliczonymi w relacji do powierzchni. Ponadto wskaźniki te powinny charakteryzować się ciągłością przestrzenną (np. gęstość zaludnienia – liczba osób na kilometr kwadratowy).





Ryc. 2. Jednopunktowa reprezentacja pól odniesienia (mapa A) przyczynia się do wydatnego zwiększenia wpływu małych enklaw miejskich (mapa B). Dodanie kilku punktów odniesienia (mapa C) wyraźnie ogranicza ten wpływ i zapobiega nadmiernemu zawyżeniu wolumenu zjawiska (mapa D)

Fig. 2. Single point representation of space units (map A) leads to an evident increase of influence of small city enclaves (map B). Adding several extra reference points (map C) visibly limits this effect and protects against an exaggerated increase of phenomenon's volume (map D)

Niestety, w praktyce zastosowanie geometrycznych pól podstawowych nie zawsze jest możliwe. Większość danych statystycznych jest bowiem gromadzona i publikowana w odniesieniu do pól podziału administracyjnego, który cechuje się skrajną niejednorodnością poligonów skądowych. Znalazło to odzwierciedlenie w licznych postulatach, wyrażanych także w Polsce, zwracających uwagę na potrzebę zmiany systemu

zbiierania danych statystycznych. Tego typu próby miały miejsce w Szwecji i Wielkiej Brytanii, ale były to przykłady odosobnione. Przeważnie kartografowie nie mają wyboru i muszą wykorzystywać w swoich pracach informację zbieraną w sposób tradycyjny, czyli odnoszącą się do jednostek podziału administracyjnego.

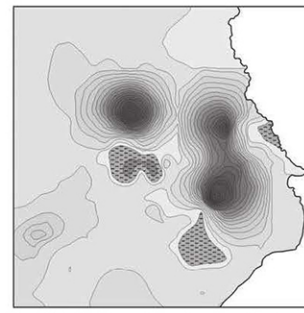
Równie istotne znaczenie dla statystycznej poprawności map izopletowych ma położenie i liczebność punktów odniesienia. Istnieją dwa odmiennie poglądy na temat zasad, którymi należy kierować się przy wyznaczaniu położenia tych punktów. Według zwolenników pierwszego poglądu ważne są wyłącznie właściwości pól odniesienia, bowiem jedynie zmiana ich kształtu lub wielkości może modyfikować wartość zjawiska, jaka zostanie im przypisana (np. L. Barwińska 1963, A. Barnes 1978). Dlatego – ich zdaniem – punkty odniesienia należy umieszczać w środkach geometrycznych pól. Według drugiego poglądu położenie punktów odniesienia powinno nawiązywać do sposobu rozmieszczenia zjawiska wewnątrz poligonów – należy je więc umieszczać w środku ciężkości zjawiska.

Zwolennicy takiego postępowania są przekonani, że przyczynia się ono do podniesienia dokładności opracowania (A.H. Robinson i in. 1978). Pomiarzy zniekształceń wolumetrycznych, wykonane przez J. Mościbrodę (1999) na mapach opracowanych z zastosowaniem punktów usytuowanych w środkach ciężkości zjawiska wykazały jednak, że jest to pogląd błędny – rozwiązaniem poprawniejszym jest umieszczenie punktów odniesienia w środkach geometrycznych pól.

W praktyce kartograficznej powszechnie stosowana jest zasada jednopunktowej reprezentacji pola odniesienia. Takie postępowanie nie budzi zastrzeżeń, jeżeli reprezentacji podlegają jednolite pola geometryczne. W przypadku bazowania na nieregularnych jednostkach powierzchniowych, pojawiają się wątpliwości. Są one szczególnie wyraziste, jeżeli w charakterze pól podstawowych występują jednostki podziału administracyjnego. Niejednorodność powierzchni, silne zróżnicowanie kształtów, ponadto licznie występujące enklawy powodują, iż zastosowanie każdego z znanych sposobów rozmieszczenia punktów generuje błędy wolumetryczne.

Pewne polepszenie rezultatów można uzyskać, kierując się radami W.J. Craiga i J.L. Adamsa (1991), którzy proponowali dostawianie dodatkowych punktów dla reprezentacji pól otaczających enklawy lub mających skomplikowany kształt (ryc. 2). Pomimo pozytywnych wyników, taka procedura wydaje się być jedynie półśrodkiem. Mimo to zawarte w niej przesłanie – uzależnienie liczby punktów cechowanych od geometrycznych właściwości pól podstawowych – wydaje się być rozwiązaniem idącym we właściwym kierunku.

Kolejnym czynnikiem, mającym ogromny wpływ na wolumetryczne właściwości map izopletowych, jest zastosowana metoda interpolacji.



Ryc. 3. Przykład depresji statystycznej powstałej w wyniku zastosowania krigingu (w polach wyróżnionych desieniem wartość gęstości zaludnienia jest ujemna)  
Fig. 3. An example of statistical depression resulting from the application of kriging (in patterned areas the density of population is negative)

Waga poruszonego zagadnienia znacznie wzrosła wraz z rozwojem komputeryzacji. W przeszłości jedynym praktycznie możliwym sposobem określenia przebiegu izoliny była interpolacja liniowa. Obecnie wybór jest bardzo szeroki i z tego powodu urasta często do rangi problemu. Mnogość algorytmów interpolacyjnych oraz skomplikowane zasady ich działania sprawiają, iż określenie optymalnej metody staje się trudne. Należy również podkreślić, że zdecydowana większość opisów metod interpolacji dotyczy przydatności algorytmów do wykreślenia poziomu. Płynące z nich wnioski niekoniecznie mogą być stosowane w przypadku izoplei. Wynika to z odmiennego charakteru tych izolii.

Brak udokumentowanych badań stanowi podstawę wyboru metody interpolacyjnej w procesie konstruowania mapy izoplethowej jest bardzo niebezpieczny, ponieważ większość ze stosowanych obecnie algorytmów może przyczynić się do powstania poważnych zniekształceń wolumetrycznych. Przykładem jest zastosowanie krigingu – interpolacji uważanej przez wielu autorów za najlepszą metodę określenia zmiennych przestrzennych (N.S.-N. Lam 1983, T. Tański, 1991). Użycie tej metody do wykonania mapy izoplethowej nie spowoduje wprowadzenia znacznych zmian ogólnego wolumenu zjawiska, ale może się przyczynić do powstania dużych błędów lokalnych, np. „depresji statystycznych”,

kiedy prezentowany wskaźnik wyraża gęstość zaludnienia (ryc. 3).

Dodatkowo utrudnieniem jest fakt, iż omawiane procedury mogą powodować różne skutki w powiązaniu z różnymi możliwościami związanymi z wyborem rodzaju pól podstawowych oraz położeniem punktów odniesienia.

Z powyższego ogólnego naszkicowania problemów, związanych z tradycyjnie przyjętym redagowaniem map izopletowych, dobitnie wynika konieczność podjęcia badań, których celem będzie opracowanie sprawnej metody wykonywania tego rodzaju map, pozwalającej na zachowanie wierności w stosunku do wyjściowej bazy danych statystycznych. Ponadto docelowo

#### Literatura

- Barnes J.A., 1978, *Control areas and control points in isopleth mapping*. Amer. Cartographer Vol. 5, no. 1, 66–69 i 129–149.
- Barwińska L., 1963, *Kartogram a mapa gęstości zaludnienia*. „Annales UMCS”, Sec. B, T. 18, s. 179–227.
- Craig W.J., Adams J.L., 1991, *User control of isarithmic mapping*. „Cartographica” Vol. 28, no. 2, s. 51–65.
- Czerwikow W.A., 1975, *Toczność i działalność izolinijnych kart pól płotności*. „Izvw. Wys. Uczeńb. Zawied., Gieod. i Aerofotogr.” nr 6, s. 119–127.
- Czerwikow W.A., 1978, *Koncepcja pola w sownemiennoy kartografii*. Nowosybirsk: Izdat. „Nauka”, 149 s.
- Eckert M., 1925, *Die Kartenwissenschaft*. Bd. II, Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter, 880 s.
- Hsu M.L., Robinson A.H., 1970, *The fidelity of isopleth maps. An experimental study*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 92 s.
- Imhof E., 1961, *Isolinienkarten*. International Yearbook of Cartography Vol. 1, s. 64–68.
- Lam N. S.-N., 1983, *Spatial interpolation methods: a review*. Amer. Cartographer Vol. 10, no. 2, s. 129–149.
- Mościbroda J., 1975, *Rozwój poglądów na metodę izarytmiczną oraz jej zastosowanie w kartografii ludnościowej i gospodarczej*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 7, nr 2, s. 65–65.
- Mościbroda J., 1978a, *Podstawowe problemy opracowania map izarytmicznych*. „Biul. Lubelskiego Tow. Naukowego” Geografia, Vol. 20, nr 1, s. 31–38.
- Mościbroda J., 1978b, *Zegadnienie transformacji pól podstawowych na przykładzie izopletowych map*
- metoda powinna cechować się uniwersalnością zastosowania. Przejawem tego jest możliwość wykorzystania łatwo dostępnego oprogramowania. Kolejną ważną cechą poszukiwanej metody powinna być jej sprawność, rozumiana jako łatwość i szybkość wykonywania map, które dają logicznej i wizualnie uporządkowanej obraz zjawiska. Propozycją spełniającą wyżej postawione wymagania jest metoda opracowywania map izopletowych drogą wykładzania kartogramu ciągłego. Jej idea wyłożona została przez J. Mościbrodę (1999, 2000), jako próba kompleksowego rozwiązania dotychczasowych problemów towarzyszących wykonywaniu map izopletowych.
- gęstości zaludnienia. „Materiały Ogólnopolskich Konferencji Kartograficznych” T. 6. Problemy map społeczno-gospodarczych, Lublin, s. 62–61.
- Mościbroda J., 1999, *Mapy statystyczne jako nośniki informacji ilościowej*. Lublin: Wydawn. Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.
- Mościbroda J., 2000, *Teoretyczna i praktyczna aspekty modelowania map izopletowych*. W: Główne problemy współczesnej kartografii 2000. Złożoność – Modelowanie – Technologia. Pod red. W. Pawłaka. Wrocław: Uniwersytet Wrocławski, s. 61–73.
- Pravda J., 1983, *Zákon kartogramu a problem vyjadrovania nerozlohových charakteristik*. „Geogr. Casopis” R. 35, č. 2, s. 136–159.
- Rase W.-D., 2001, *Volume-preserving interpolation of a smooth surface from polygon-related data*. „Journal of Geographical Systems” Vol. 3, no. 2, s. 199–213.
- Robinson A.H., Sale R.D., Morrison J.L., 1978, *Elements of cartography*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons 448 s. Tłum. polskie: *Podstawy kartografii*. Warszawa: PWN, 622 s.
- Salszczyk K.A., 1978, *Kartowiedzenie*. Wyd. 1. Moskwa: Izdat. Mosk. Univ. Tłum. polskie: *Kartografia ogólna*. Warszawa: PWN, 1998, 306 s.
- Tański T., 1991, *Sufar – przewodnik użytkownika*. Warszawa: Wydawn. PJJ.
- Tobler W.R., 1979, *Smooth psychophysical interpolation for geographic regions*. „Journal of the American Statistical Association” Vol. 74, no. 367, s. 519–536.

Recenzował dr hab. Jerzy Mościbroda

#### Problems in establishing the accuracy of isopleth maps

##### Summary

The isopleth method is rarely used as a presentation method in cartography. There are several reasons for that. One of the main causes is cartographers' distrust towards isopleths, which bases on opinions of many cartographic authorities (Eckert, Imhof, Salishchev). The main dilemma is whether it is possible to represent discontinuous phenomena with isolines. The fact that this method is highly labor-consuming also limited its popularity. Furthermore, there are no clear, acknowledged criteria for preparation of isopleth maps.

In order to establish how isopleth maps should be prepared one has to determine a universal tool for their evaluation. Volumetric criterion proposed by J. Mościbroda (1999) seems to be the optimal solution.

In short, it preserves unity of a statistic volume of an isopleth map with the volume of continuous choropleth. Application of a criterion of behavior of phenomenon's statistical volume helps to trace down the sources of errors, which appear on traditional isopleth maps. The research made it possible to determine three basic factors which cause errors to appear. They are: the type of basic space units, location and number of reference points and the method of interpolation. Knowing the origin of errors and being able to evaluate them on isopleth maps provides a basis for research on how to improve the methods of their elaboration.

Translated by M. Horodyski

#### Из проблематики определения точности изоплетных карт

##### Резюме

Изоплетный метод как способ изображения используется в картографической практике редко. Существует несколько причин такого положения вещей. Одной из основных причин является недоверие картографов к изоплетам, укоренённое мнениями картографических авторитетов (М. Eckert, E. Imhof, K.A. Салищев). Это недоверие вытекает, между прочим, из дилеммы, можно ли изолинейно изображать лишённые непрерывности явления. Несомненно, большое влияние на малую популярность метода имела также его трудность. Ситуацию ухудшает факт отсутствия общепринятых, чётких принципов, какими следует руководствоваться при разработке изоплетных карт.

Пытаясь ответить на вопрос, как следует разрабатывать изоплетные карты, следует позаботиться об универсальных орудиях их оценки. Оптимальным

решением кажется быть волюметрический критерий предложенный Е. Моścибродой (1999). Выходит он заключается в сохранении согласия статистического волюма изоплетной карты с волюмом непрерывной картограммы. Применение критерия сохранения статистического волюма явления помогает в определении источников ошибок, какие выступают на изоплетных картах, разработанных традиционным способом. Исследования дали возможность определить три основных фактора, которые влияют на возникновение ошибок. Ими являются: вид основного поля (ячейки), положение и число пунктов относимости, а также способ интерполяции изоплиний. Значение генезиса ошибок, а также способа их оценки на картах изоплет даёт возможность предпринять исследования по усовершенствованию способа составления этого рода карт.

Перевёл Р. Толстикова