

ANDRZEJ M. ŻÓŁTOWSKI

Numeryczna metoda aktualizacji zdjęcia deklinacji magnetycznej obszaru Polski

(część II)

Zarys treści. W pracy omówiono wyniki eksperymentalnego zastosowania numerycznej metody redukcji danych magnetycznych z jednej epoki do drugiej. Badania przeprowadzono dla 49 powtarzanych punktów zdjęcia deklinacji magnetycznej Polski. Sformułowano szereg wniosków dotyczących przydatności metody, dokładności obserwacji, rozkładu przestrzennego zmian wiekowych, a także niezbędnych w przyszłości prac pomiarowych w terenie. Zaprezentowano koncepcję numerycznej mapy magnetycznej i przedstawiono próbne opracowania automatycznej interpolacji izogon.

Jak już wspomniano w pierwszej części niniejszej pracy (Prace IGiK, zeszyt 1(61), 1979) przedstawiona metoda aktualizacji może być użyteczna tylko przy zastosowaniu elektronicznej techniki obliczeniowej. W tym celu został utworzony w kooperacji z Centrum Informatycznym Geodezji i Kartografii system informatyczny Bank Danych Magnetycznych, w skrócie system BDM. System ten obejmuje dwa zbiory danych.

— zbiór WIEK zawierający wszystkie, wyznaczone w drodze pomiarów, średnie roczne wartości elementów pola magnetycznego Ziemi na polskiej sieci punktów wiekowych, jak również średnie roczne wartości podawane przez obserwatoria magnetyczne Europy środkowej, poczynając od 1952 roku,

— zbiór DEKL zawierający wszystkie, zredukowane do epoki pomiaru, wartości deklinacji magnetycznej na punktach podstawowego zdjęcia kraju.

Ten zakres danych umożliwia redukcję podstawowego zdjęcia deklinacji magnetycznej z lat 1952—1955 i jego późniejszych uzupełnień do aktualnych epok, bez konieczności wstecznej ekstrapolacji zmian wiekowych.

Zbiór WIEK składa się z ciągu rekordów o stałej długości (po 512 słów), uporządkowanych według numerów punktów wiekowych. Identyfikatorami punktów są ich numery lub nazwy, które mogą być w zakresie zbioru zamiennie wykorzystywane. Podział rekordu na pola informacyjne przedstawia się następująco:

<i>K</i>	<i>N</i>	<i>FI</i>	<i>L</i>	<i>Nazwa</i>	<i>E₁</i>	<i>D₁...E₁</i>	<i>H₁... E₁</i>	<i>Z₁... E₁</i>	<i>F₁...</i>
1	2	3—5	6—8	9—18	19	139	259	379	512

gdzie

- K* — numer logiczny przedostatniego bloku w zbiorze WIEK, zapisany tylko w pierwszym rekordzie,
- N* — numer punktu,
- FI* — szerokość geograficzna punktu, umieszczona w trzech kolejnych komórkach zawierających stopnie, minuty i sekundy,
- L* — długość geograficzna punktu, umieszczona jak wyżej,
- NAZWA* — ciąg znaków alfabetycznych, określających nazwę punktu, umieszczonych po dwa znaki w słowie,
- E* — dwie ostatnie cyfry roku pomiaru,
- D, H, Z, F* — elementy pola magnetycznego.

Wszystkie wartości liczbowe są przedstawione jako INTEGER. Deklinacja magnetyczna *D* jest wyrażona w dziesiątych częściach minuty, zaś wartości *Z* i *F* są zmniejszone o 30 000 w stosunku do faktycznych wartości.

Zbiór DEKL dzieli się na rekordy o długości 1024 słów. W pojedynczym rekordzie zgrupowane są punkty należące do arkusza mapy w skali 1 : 100 000 w podziale pas, słupek.

Identyfikator dowolnego punktu zawiera:

- numer słupa *S*
- numer pasa *P*
- numer punktu (na arkuszu) *N*.

Podział rekordu na pola informacyjne przedstawia się następująco:

<i>P</i>	<i>S</i>	<i>N₁</i>	<i>F₁</i>	<i>L₁</i>	<i>E₁</i>	<i>D₁</i>	<i>N₂</i>	<i>F₂</i>	<i>L₂...</i>
1	2	3	4—6	7—9	10	11	12	13—15	16—18

gdzie

- F, L* — szerokość i długość geograficzna, każda umieszczona w trzech kolejnych komórkach, zawierających odpowiednio stopnie, minuty i sekundy,
- E* — numer roku pomiaru, liczony od początku wieku, wyrażony w dziesiątych częściach lat,
- D* — deklinacja magnetyczna wyrażona w dziesiątych częściach minuty.

Również w tym zbiorze wszystkie wartości liczbowe są przedstawione jako INTEGER.

Dostęp do obydwu zbiorów systemu BDM zapewnia zestaw 9 programów w języku FORTRAN IV poprzez maszynę NOVA 840. Programy *BDM1* — *BDM3*, *BDM5*, *BDM7* dotyczą zakładania zbiorów, *BDM4*, *BDM6*, *BDM9* wydruku treści zbiorów, zaś *BDM8* aktualizacji zbioru DEKL [4], [5].

System informatyczny BDM został wyposażony w wielowariantowy program eksploatacyjny *BDM-10* [6].

Poszczególne warianty związane są:

- ze sposobem wprowadzania współrzędnych i epoki dla interpolacji zmian,
- z formą wyprowadzania wyników,
- ze sposobem wagowania obserwacji.

Ze względu na przeprowadzony eksperyment z zastosowaniem w praktyce przedstawionej metody redukcji zdjęcia [21] najbardziej istotny jest w tym miejscu wariant współpracujący ze zbiorem DEKL. Program ten wybiera z tego zbioru zadane punkty według listy ich numerów *NP* i redukuje wartości deklinacji magnetycznej *D* (w minutach) od epoki pomiaru *RP* do zadanej epoki *E*. Przykład wydruku wyników takiego obliczenia pokazany jest w tablicy 1.

Tablica 1

NP	47	26	1	E = 1959.5					
RP		D							
54.5		-2.4	-45.1	0.2	-21.1	0.2	24.1	0	21.7
58.5		14.0	-25.0	0.1	-21.1	0.2	4.0	0	18.0

Trzecia i piąta kolumna liczb przedstawia względne wartości $qD^{T_0} = D^{T_0} - D^{1966}$ interpolowane dla punktu zdjęcia odpowiednio na epoki $T_0 = RP$ i $T_0 = E$, czwarta i szósta ich błędy wynikające z procesu wyrównania, siódma — wyznaczoną redukcję war. *D*, zaś ostatnia zredukowaną wartość deklinacji magnetycznej (w stopniach i minutach) na epokę *E*. Łatwo zauważyć, że jeśli na danym punkcie zdjęcia deklinacji magnetycznej wykonane były dwa pomiary w różnych epokach, to interpolowana — na podstawie danych z punktów wiekowych i obserwatoriów — zmiana wiekowa między tymi epokami będzie:

$$\text{var. } D^{RP_2-RP_1} = qD^{RP_2} - qD^{RP_1}$$

Istnieje zatem możliwość porównania zmian obliczonych (interpolowanych) ze zmianami obserwowanymi i dokonania na tej podstawie oceny

przydatności metody. W eksperymencie przedstawionym w opublikowanej już części niniejszej pracy [21] wybrano 49 co najmniej raz powtarzanych punktów zdjęcia deklinacji magnetycznej rozrzuconych równomiernie na obszarze całego kraju i obliczono wszystkie niezależne wartości zmian wiekowych deklinacji między epokami pomiarów na tych punktach. Wszystkie obliczone zmiany zawarte są w okresie 1953—1959, ponieważ jedyna jak dotąd, częściowa aktualizacja zdjęcia w drodze nowych pomiarów miała miejsce w latach 1958—1959.

Odpowiednie zmiany wartości D obliczono wykorzystując dane z całego zbioru WIEK. Ponieważ dane te pochodzą z okresu rozpoczynającego się w roku 1952, wszystkie obliczane zmiany były w czasie interpolowane. Wyniki tego eksperymentu mogą mieć więc znaczenie przede wszystkim dla oceny przydatności testowanej metody do badań samego zjawiska zmian wiekowych w sensie ich przebiegu.

Praktyczny cel metody, którym jest aktualizacja zdjęcia magnetycznego, może być osiągnięty tylko poprzez pewną, ograniczoną zresztą, ekstrapolację czasową. Opracowując na przykład aktualną mapę magnetyczną, wyjątkowo tylko możemy dysponować bieżącymi wartościami średnich rocznych w obserwatoriach, nie mówiąc już o punktach wiekowych. Stąd też został wykonany dodatkowy eksperyment polegający na powtórzeniu analogicznych obliczeń, ale przy usunięciu ze zbioru WIEK wszystkich danych z lat 1952 i 1953. Uzyskano w ten sposób imitację warunków aktualizacji zdjęcia, co umożliwiło zbadanie zastosowania metody do tego celu.

W obu eksperymentach zastosowano dwa warianty wagowania równań poprawek:

— wszystkie wagi jednakowe ($p = 1$),

— waga $P = \frac{1}{d^2}$ przy $d = \sqrt{x^2 + y^2 + t^2}$.

W pierwszym wypadku obliczana zmiana jest wynikiem bardziej ogólnej i wyrównanej aproksymacji rozkładu tych zmian, w drugim przeważa wpływ najbliższych punktów wiekowych ew. obserwatoriów.

Pełna tablica wyników eksperymentu ekstrapolacyjnego, zestawiona identycznie, jak dla interpolacji [21] nie jest tu przytoczona. Tablica 2 przedstawia natomiast dla obu eksperymentów błędy systematyczne m_s , czyli przeciętne odchyłki (w) wartości obliczonych od obserwowanych oraz błędy średnie m_w pojedynczej odchyłki przy wartości oczekiwanej równej 0.

Porównując obliczone wartości redukcji z pomierzonymi, przy ekstrapolacji otrzymuje się nieco większe odchyłki przeciętne i błędy średnie, niż w wypadku interpolacji. Jest to oczywiście zgodne z oczekiwaniami.

Tablica 2

	Interpolacja		Ekstrapolacja	
	$p = \frac{1}{d^2}$	$p = 1$	$p = \frac{1}{d^2}$	$p = 1$
$m_s = \frac{[w]}{n}$	+0,74'	+0,45'	+0,97'	+1,36'
$m_w = \frac{[ww]}{n}$	2,6'	2,4'	2,8'	2,9'

Istotne jest też, że błędy średnie m_w są niemal identyczne z błędami obserwowanej zmiany wiekowej deklinacji magnetycznej na punkcie zdjęcia.

Jeśli bowiem

$$\text{var. } D = D^{RP2} - D^{RP1}$$

to biorąc pod uwagę błąd wyznaczenia średniej rocznej D na punkcie zdjęcia [10]:

$$m_D = \pm 2'$$

otrzymamy błąd obserwowanej zmiany wiekowej D równy $\pm 2,8'$.

Jest przy tym charakterystyczne, że sposób wagowania obserwacji nie wpływa w jednolity i istotny sposób na wyznaczone w drodze porównania błędy.

Jak już wspomniano, w wyniku procesu wyrównania otrzymuje się także błąd wyznaczanej niewiadomej b_0 , czyli interpolowanej wartości qD . Można zaobserwować wyraźną zależność między wartością tego błędu a epoką interpolacji, gdy zbliża się ona do granicznych epok zawartych w zbiorze WIEK lub jak w wypadku ekstrapolacji, wykracza poza za-

Tablica 3

Epoka	Ekstrapolacja		Interpolacja	
	$p = \frac{1}{d^2}$	$p = 1$	$p = \frac{1}{d^2}$	$p = 1$
1953,5	0,68'	0,70'	0,14'	0,30'
1954,5	0,20	0,34	0,17	0,31
1958,5	0,09	0,20	0,09	0,21
1959,5	0,07	0,20	0,07	0,22

kres czasowy zbioru. Zjawisko to zilustrowane jest w tablicy 3, gdzie zestawiono przeciętne wartości błędów niewiadomej b_0 obliczone w poszczególnych wariantach eksperymentalnych redukcji.

Uzasadnieniem stosunkowo niewielkich błędów niewiadomej b_0 jest okoliczność, że w procesie rozwiązywania układu równań obserwacji następuje „uśrednienie” interpolowanej wartości z wszystkich kilkudziesięciu lub kilkuset wartości qD wyznaczonych z pomiarów i występujących w tym układzie.

Trudno jest jednak stwierdzić, w jakim stopniu błędy te stanowią rzeczywisty wskaźnik dokładności interpolowanych wartości, ponieważ wspomniane „uśrednienie” dokonuje się za pośrednictwem założonego wielomianu aproksymującego. Wielomian ten odtwarza z pewnym tylko przybliżeniem rzeczywisty a nieznan rozkład zmian pola, nie uwzględniając na przykład lokalnych anomalii tych zmian mogących występować na poszczególnych punktach zredukowanego zdjęcia magnetycznego. Dopiero rozpoznanie anomalii zmian wiekowych i uwzględnienie ich w procesie interpolacji mogłoby pozwolić na interpretację obliczonych w tym procesie błędów.

Stwierdzenie istnienia takich anomalii jest jednak trudne ze względu na konieczność przeprowadzania bardzo dokładnych pomiarów tym bardziej, że wymaga to również wykonania wieloletnich serii obserwacji. Z tych względów prace takie podejmowane są przede wszystkim w rejonach o specyficznej budowie geologicznej, czynnych tektonicznie, lub sąsiadujących z dużymi, sztucznymi zbiornikami wodnymi [8], [13].

*

Rezultaty przedstawionego eksperymentu pozwalają na wyprowadzenie kilku wniosków, mających znaczenie zarówno dla aktualizacji danych magnetycznych, jak i dla badania zjawiska zmian wiekowych pola magnetycznego.

1. Przeciętne odchyłki wartości interpolowanych od obserwowanych, stanowiące błędy poszczególnych wariantów eksperymentu, są 2—4 krotnie mniejsze od średniego błędu zmiany wiekowej określonej na podstawie obserwacji terenowych (zmiany obserwowanej), szacowanego na $\pm 2,8'$. Wynik ten można uznać za wysoce zadowalający, zwłaszcza w odniesieniu do ekstrapolacji.

Wobec braku aktualnych obserwacji terenowych nie ma jednak nadziei możliwości każdorazowego wyznaczenia błędu systematycznego przy aktualizacji zdjęcia deklinacji magnetycznej. Dlatego też, przy analizie dokładności redukcji brano pod uwagę przede wszystkim średnie błędy odchyłki (m_w), której oczekiwana wartość jest równa 0.

2. Zastosowanie prezentowanej metody redukcji do interpolacji zmiany wiekowej deklinacji magnetycznej (var. D) w okresie kilku lat, daje wyniki obarczone niemal identycznymi błędami (m_w), co błędy obser-

wowanych wartości tych zmian. Jest to świadectwem, że przyjęty wielomian aproksymujący zapewnia właściwą interpolację, o ile wraz ze wzrostem okresu redukcji nie wzrośnie wpływ anomalii zmian pola.

3. Na średni błąd odchyłki wynikający z bezpośredniego porównania wartości obliczonych z obserwowanymi składa się błąd wartości obliczonej i obserwowanej. Powinna więc zachodzić nierówność

$$|m_w| > 2,8'.$$

Otrzymane w wyniku eksperymentów błędy redukcji są jednak w obu wariantach interpolacji mniejsze od błędu zmiany obserwowanej. Może to być wskazówką, że błąd średniej rocznej wartości D wyznaczonej w drodze pomiaru na punkcie zdjęcia, szacowany przez Krzezińskiego [10] na $\pm 2'$ jest w rzeczywistości nieco mniejszy.

4. Brak wyraźnej zależności między przyjętymi w eksperymentach systemami wagowania obserwacji a dokładnością wyników wskazywałby, że uwzględnianie w silniejszym stopniu wpływu bliższych punktów wiekowych na interpolowaną wartość redukcji nie przynosi istotnej poprawy wyniku. Może to świadczyć, że:

— przynajmniej niektóre punkty wiekowe leżą w zasięgu lokalnych anomalii zmian wiekowych,

— dokładność średnich rocznych wartości D wyznaczanych okresowo na punktach wiekowych jest szacowana zbyt wysoko [17].

5. Przy aktualizacji zdjęcia magnetycznego lub wyznaczaniu aktualnych zmian pola magnetycznego Ziemi należy w maksymalnym stopniu uwzględnić aktualne dane z obserwatoriów i punktów wiekowych przez uprzednie wprowadzenie ich do zbioru WIEK. Takie postępowanie zabezpiecza przed zbytnim wydłużeniem okresu ekstrapolacji i związanym z tym szybkim spadkiem dokładności otrzymywanych wyników.

6. Brak zróżnicowania dokładności wyników w zależności od wariantu wagowania, niezależnie od interpretacji dotyczącej rozkładu zmian wiekowych i dokładności ich wyznaczania (p.4), wydaje się potwierdzać wniosek przedstawiony w p.2 na temat trafności doboru wielomianu aproksymującego czasowo-przestrzenny rozkład tych zmian.

*

Pozytywny wynik przedstawionego eksperymentu pozwala wysunąć koncepcję numerycznej mapy magnetycznej.

Opracowanie podstawowych map magnetycznych w określonej skali dla całego obszaru Polski jest dość trudnym problemem. Powodem tego jest znaczne zróżnicowanie poziomych gradientów pola. O ile w południowo-zachodniej połowie kraju gradienty są małe, izolinie odznaczają

się łagodnymi krzywiznami, o tyle w północno-wschodnich i wschodnich rejonach obserwuje się silne anomalie powodujące duże krzywizny i zagęszczenie izolinii. W odniesieniu do deklinacji magnetycznej na obszarze Polski dobór skali, cięcie izogon i redakcja map stanowiły zawsze kwestię dyskusyjną, rozwiązywaną w różny sposób przy kolejnych wydaniach mapy. W tablicy 4 zestawiono główne elementy tych rozwiązań dla niektórych wydań.

Tablica 4

Epoka	Skala	Cięcie izogon	Uwagi
1955,0	1 : 500 000	10';30' (rej. anom.)	opracowanie doświadczalne
1955,0	1 : 1 500 000	10';30' (rej. anom.)	
1955,0	1 : 100 000	10' (rej. anom.)	
1965,0	1 : 1 000 000	10';30' (rej. anom.)	w ramach współpracy w KAPG obszary silnych zaburzeń wyłączone i zakreskowane
1965,0	1 : 2 500 000	10';30' (rej. anom.)	
1975,0	1 : 1 000 000	10';30' (rej. anom.)	

Dotychczasowe doświadczenia pozwalają stwierdzić, że dla 2/3 obszaru kraju w zupełności wystarczająca byłaby skala 1 : 1 500 000, natomiast pozostała część — przy ciągu izogon co 10' — wymagałaby skali nie mniejszej niż 1 : 100 000.

Urzeczywistnienie koncepcji mapy numerycznej mogłoby w zdecydowany sposób przyczynić się do pokonania przedstawionych wyżej trudności. Mapą numeryczną nazywa się [2] zbiór danych numerycznych, który po zastosowaniu ściśle określonych algorytmów i odpowiednich środków technicznych może być przetworzony do graficznej postaci mapy określonego obszaru. Ponieważ wszystkie konieczne zbiory danych magnetycznych i programy do ich aktualizacji istnieją już w systemie informatycznym BDM, do spełnienia wszystkich warunków powstania mapy numerycznej (pomijając środki techniczne) pozostaje opracowanie algorytmów interpolacyjnych uwzględniających wymagania stawiane podstawowym mapom magnetycznym kraju.

Jako jedną z podstawowych zalet mapy numerycznej wymienia się możliwość zautomatyzowanego kreślenia map w różnych skalach, o różnej treści oraz dla różnych obszarów. Powstaje więc otwarte pole dla wszelkiego typu doświadczeń, w których wymagania dotyczące skali map, cięcia i kształtu izolinii, realizowane przez algorytmy interpolacyjne,

byłyby same z kolei modyfikowane, aż do uzyskania optymalnego rezultatu. Ewentualne wydzielenie rejonów do odrębnego opracowania również nie stanowiłoby żadnego problemu.

Podstawowa mapa izolinii, jaka została tu omówiona, nie jest jednak jedyną formą przedstawiania danych magnetycznych na konkretnych podkładach mapowych. W związku z tym warto zaznaczyć, że koncepcja mapy numerycznej stwarza bardzo szerokie możliwości przetwarzania i prezentowania danych.

Jak wiadomo [2] pierwszym etapem automatycznego opracowania map izolinii jest utworzenie numerycznego modelu kartowanego zjawiska. Łatwo zauważyć, że w systemie BDM problem ten jest już rozwiązany poprzez automatyczną redukcję danych magnetycznych do żądanej epoki. Punktami modelu są w tym wypadku rozproszone punkty zdjęcia deklinacji magnetycznej kraju. Model ten, poprzez zastosowanie odpowiednich algorytmów interpolacyjnych, może być z kolei źródłem nowych modeli numerycznych, opartych o zbiory punktów regularnie rozmieszczonych. Taki model można na przykład otrzymać poprzez interpretację wartości deklinacji magnetycznej na żadaną epokę dla odpowiednio gęstej siatki punktów położonych w stałych odstępach $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$. Już zwykły, lub odpowiednio rozmieszczony na podkładzie mapowym wydruk tych wartości posiada wyraźne cechy użytkowe. Również oczywista jest przydatność regularnego modelu do szybkiego opracowania stosowanych obecnie innych sposobów przedstawiania danych magnetycznych. Spośród najbardziej typowych form należałoby tu wymienić:

— wykazywanie liczbowych wartości deklinacji magnetycznej dla środka każdego arkusza mapy topograficznej w skali 1 : 100 000 i większych,

— wykazywanie analogicznych wartości w określonych rejonach na morskich mapach nawigacyjnych,

— nadruk zgeneralizowanego obrazu izogon na arkusze Mapy Lotniczej Świata ICAO w skali 1 : 1 000 000.

Zgeneralizowaną mapę izogon opracowuje się na podstawie średnich wartości deklinacji magnetycznej obliczonych dla odpowiedniej wielkości powierzchni, ograniczonych równoleżnikami i południkami w odstępach $\Delta\varphi$ i $\Delta\lambda$. Najwygodniej jest, gdy powierzchnie te odpowiadają arkuszom map topograficznych w określonej skali i podziale, np. 1 : 100 000 w podziale międzynarodowej mapy świata 1 : 1 000 000. Uśrednione wartości przypisuje się wówczas współrzędnym środka każdego arkusza.

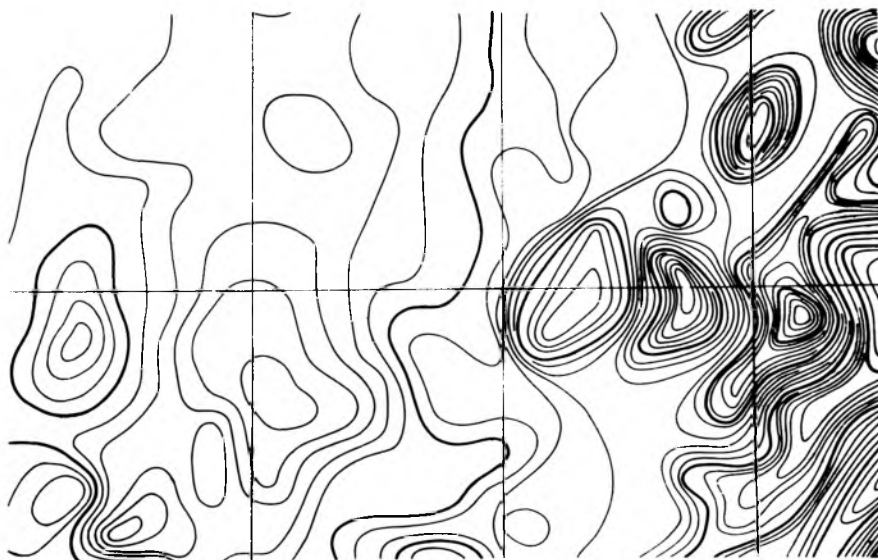
Biorąc jeszcze pod uwagę, że w większości metod automatycznego opracowania izolinii stosuje się pośredni model numeryczny bazujący na zbiorze punktów regularnie rozmieszczonych, model taki nadaje się do zaspokojenia wszelkiego rodzaju potrzeb użytkowników danych magne-

tycznych. Jego przydatność byłaby oczywiście ograniczona w czasie do epoki pracowania, ale korzyści techniczno-ekonomiczne są i tak w tym wypadku bezsporne.

Procedurę aktualizacji danych zawartych w zbiorach systemu BDM, a następnie ich interpolację dla regularnej, odpowiedniej gęstości sieci punktów modelu można wykonać tylko raz dla danego roku (epoki). Powstały zbiór może być wykorzystywany albo wprost przez wydruk żądanych danych, albo za pośrednictwem prostych i szybkich w działaniu algorytmów nadających tym danym wymaganą formę numeryczną lub graficzną.

Ze względu na znaczne zróżnicowanie stopnia anomalności pola magnetycznego na obszarze Polski należy też od razu rozpatrywać ewentualność zmiennej gęstości regularnie rozmieszczonych punktów modelu w poszczególnych rejonach kraju.

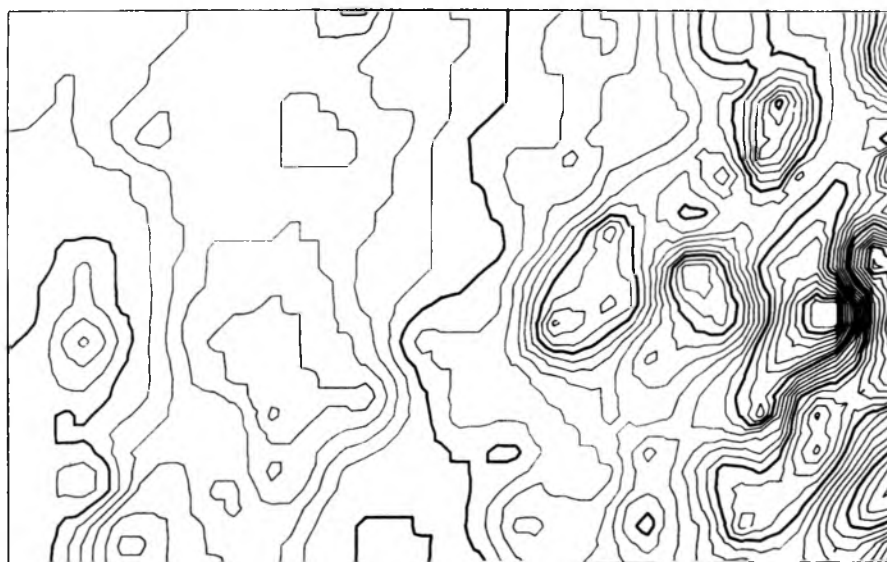
Na rysunkach 1, 2, 3 przedstawiono fragment mapy izogon w skali oryginału 1 : 500 000 interpolowany ręcznie i automatycznie. Każda wersja zaopatrzona jest w krótkie objaśnienie dotyczące istoty zastosowanej metody interpolacji. Jak widać, mapa ręcznie interpolowana, dla uwydatnienia potencjalnego charakteru pola, odznacza się łagodnymi krzywiznami i współkształtnością izolinii. Interpolacja automatyczna, bazująca w przytoczonych przykładach na prostych algorytmach, nie wygładza w takim stopniu przebiegu izolinii i jest w konsekwencji jeszcze niezadawalająca pod względem graficznym mimo poprawności numerycznej.



Rys. 1. Izogony co 10'. Interpolacja izogon ręczna. Dane wyjściowe — zbiór wartości D na rozproszonych punktach zdjęcia magnetycznego



Rys. 2. Izogony co 10'. Interpolacja izogon automatyczna. Dane wyjściowe — zbiór wartości D na rozproszonych punktach zdjęcia magnetycznego



Rys. 3. Izogony co 10'. Interpolacja izogon automatyczna. Dane wyjściowe — zbiór wartości D interpolowanych dla punktów regularnie rozmieszczonych w odległościach 5×5 mm

W wyniku przedstawionych doświadczeń można jedynie sformułować wnioski, że nie znając rozkładu pola między punktami zdjęcia należy poszukiwać takich algorytmów interpolacyjnych, aby efekt ich ścisłej realizacji nie był sprzeczny z obrazem pola potencjalnego. W ocenie rezultatów tych poszukiwań nie jest przy tym wskazane zbytnie kierowanie się dotychczasowymi przyzwyczajeniami do wyglądu map magnetycznych, ani dążeniem do maksymalnego upodobnienia interpolacji automatycznej do ręcznej — w każdym wypadku subiektywnej.

Podsumowanie

Użyteczność mapy magnetycznej, jak uzasadniono we wstępie, jest w istotny sposób związana z jej aktualnością w momencie wykorzystania. Wyniki eksperymentalnego badania zaproponowanej metody redukcji w połączeniu z wprowadzeniem do eksploatacji przedstawionego stadium systemu BDM zdają się świadczyć, że poczyniono istotny krok w kierunku zagwarantowania takiej częstotliwości wydawania aktualnych map magnetycznych, aby uwolnić użytkownika od konieczności wprowadzania poprawek ze względu na zmiany wiekowe. Możliwość ta związana jest ze znacznym wzrostem szybkości sporządzania aktualnych katalogów zdjęcia deklinacji magnetycznej przy jednoczesnym podniesieniu jakości aktualizacji w stosunku do opracowań konwencjonalnych. Dalszym krokiem powinna być automatyzacja całego procesu tworzenia mapy magnetycznej, obejmującego zarówno aktualizację danych, jak i opracowanie kartograficzne.

Wyniki eksperymentów z automatyczną interpolacją izogon (rys. 1—3) wskazują jednak, że dla osiągnięcia zadowalającego rezultatu w dążeniu do numerycznej mapy magnetycznej pozostało jeszcze wiele do zrobienia. Na obecnym etapie możliwe są bowiem jedynie próby upodobnienia automatycznie uzyskanego obrazu izolonii do ręcznego opracowania. W perspektywie należałoby podjąć szeroką dyskusję nad dokładnym określeniem warunków, jakim powinien odpowiadać obraz izolonii pola magnetycznego przy uwzględnieniu właściwości tego pola i posiadanego materiału obserwacyjnego. Dopiero wówczas, poprzez opracowanie odpowiednich algorytmów, można by mówić o optymalnym rozwiązaniu zagadnienia numerycznej mapy magnetycznej.

Doświadczalne zastosowanie prezentowanej w niniejszej pracy metody redukcji zdjęcia deklinacji magnetycznej do żądanej epoki pozwoliło sformułować wnioski, których główną treść stanowi ocena przydatności metody i dokładności materiału obserwacyjnego. Mogą one stanowić jednak punkt wyjścia dla uzasadnienia celowości podjęcia niżej wymienio-

nych kierunków działań zmierzających do poprawnej aktualizacji przy minimalizacji nakładów.

1. Niezbędnym zadaniem jest uzyskanie aktualnego materiału obserwacyjnego do analizy dokładności redukcji mapy izogon do bieżących epok. Okres redukcji wynosi już przeszło 20 lat, co stwarza zagrożenie powstania zbyt dużych błędów. Wydaje się, że tak jak w niniejszej pracy analizę tę można by przeprowadzić wykorzystując powtórne obserwacje kilkudziesięciu punktów zdjęcia deklinacji magnetycznej.

2. Dla stałego zachowania dokładności aktualizacji map należy systematycznie powtarzać pomiary na pewnej liczbie punktów zdjęcia z częstotliwością zapewniającą odpowiednią dokładność interpolowanej zmiany.

3. Celowe jest podejmowanie prac nad wykrywaniem i badaniem lokalnych anomalii zmian wiekowych, których rozpoznanie i uwzględnienie zmierzałoby do zmniejszenia częstotliwości pomiarów aktualizacyjnych.

Recenzowali: prof. dr hab. Czesław Kamela,
doc. inż. Wojciech K. E. Krzemiński.

L I T E R A T U R A

- [1] Balicka M.: *Izopory deklinacji magnetycznej w Europie w okresie 1950—1980*. Prace IGiK, tom XXVI, zeszyt 3(63), str. 83—96, Warszawa, 1979.
- [2] Gaździcki J.: *Informatyka w geodezji i kartografii*. PPWK, Warszawa, 1975.
- [3] Gaździcki J.: *Problemy numerycznego opracowania map wielkoskalowych*, Materiały Sympozjum organizowanego przez Komitet Geodezji PAN i CIGiK, Warszawa 1976.
- [4] Gombrych I., Łaś-Ronisz I.: *Bank danych magnetycznych, wstępna wersja programów dla założenia na taśmie magnetycznej podstawowego zbioru systemu w zakresie deklinacji*. CIGiK, Warszawa, 1975.
- [5] Gombrych I., Łaś-Ronisz I.: *Podzbiór punktów wiekowych WIEK, podzbiór deklinacji magnetycznej DEKL*. CIGiK, Warszawa, 1976.
- [6] Gombrych I., Barczewska G.: *Redukcja danych magnetycznych na wybraną epokę*. CIGiK, Warszawa, 1978.
- [7] Jankowski J., Ostrowski J.: *O magnetycznym polu odniesienia dla obszaru Polski*. Acta Geoph. Pol., vol. XXV, nr 1, str. 67—72. Warszawa, 1977.
- [8] Johnston M.J.S.: *Local magnetic field variations and stress changes near a slip discontinuity on the San Andreas fault*. J. Geomag. Geoelec., 1978.
- [9] Kalinowska Z.: *Some Remarks on the Secular Variation of the Earth's Magnetic field in Poland*. Acta Geoph. Pol., vol. 1, Nr 3—4, str. 208—217, Warszawa, 1953.
- [10] Krzemiński W.: *O niektórych problemach opracowania mapy izogon Polski*. Geodezja i Kartografia, tom III, nr 2, str. 97—108, Warszawa, 1954.
- [11] Krzemiński W.: *Mapa izogon Polski na rok 1955.0*. Prace IGiK, zeszyt 1a, Warszawa, 1955.
- [12] Krzemiński W.: *Izopory deklinacji w Europie w latach 1900—1950*. Prace IGiK, tom IX, zeszyt 2(20), str. 92—99, Warszawa, 1962.
- [13] Małoszewski St.: *O zmianach wiekowych natężenia ziemskiego pola magnetycznego na ziemiach Polski oraz ich zależności od współrzędnych geograficznych i budowy geologicznej*. Zeszyty Naukowe AGH, Rozprawy, Nr 44, Kraków, 1965.
- [14] Mundt W.: *Anomalies of Geomagnetic Secular Variation in Europa*. Central Earth Physics Institute, Potsdam, GDR. Referat na VIII Posiedzenie Grupy Roboczej 1.6 KAPG, Tihany, 1973.
- [15] Nevanlinna H.: *The geomagnetic field and its secular variation in Finland and nearby countries*. J. Geophys., nr 2, str. 201—216, 1979.
- [16] Uhrynowski A.: *Badanie zmian wiekowych magnetycznego pola Ziemi na terenie Polski*. Prace IGiK, tom XXIV, zeszyt 2(56), str. 3—33, Warszawa, 1977.
- [17] Uhrynowski A.: *Izopory magnetycznego pola Ziemi w Polsce w okresie 1957—1971*. Prace IGiK, tom XXIV, zeszyt 3(57), str. 63—82, Warszawa, 1977.
- [18] Żóltowski A.: *Zmiany wiekowe deklinacji magnetycznej w Polsce w latach 1957—1961*. Prace IGiK, tom IX, zeszyt 2(20), str. 100—106, Warszawa, 1962.
- [19] Żóltowski A.: *Koncepcja banku danych magnetycznych*. IGiK, Warszawa, 1953.

- [20] Żółtowski A.: *Opracowanie mapy izogon Polski i południowego Bałtyku przy zastosowaniu nowoczesnych metod redukcji magnetycznych*. Problemy geodezji morskiej i bezpieczeństwa żeglugi, str. 54—59, WSMW, Gdynia, 1978.
- [21] Żółtowski A.: *Numeryczna metoda aktualizacji zdjęcia deklinacji magnetycznej obszaru Polski*. Prace IGiK, Tom XXVI, Zeszyt 1(61), str. 63—78, Warszawa, 1979.

АНДЖЕЙ М. ЖУЛТОВСКИ

ЦИФРОВОЙ МЕТОД АКТУАЛИЗАЦИИ СЪЕМОК МАГНИТНОГО СКЛОНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПОЛЬШИ (ЧАСТЬ II)

Резюме

Создана информатическая система BDM (Банк магнитных данных), дающая возможность автоматической редукции магнитных данных из одной эпохи в другую. Цифровой метод актуализации съемки магнитного склонения (21) был опытно проверен путем сравнения вычисленных величин редукции с наблюдаемыми на 49 повторяемых пунктах. Был испытан вариант интерполяции и экстраполяции во времени, а также 2 способа взвешивания наблюдений на вековых пунктах.

В результате получено набор систематических ошибок m_s и средних квадратических ошибок единичного приведения m_w (таблица 2). На этой основе сформулированы выводы, касающиеся:

- а) правильности метода редукции при исследуемом интервале времени,
- б) оценочной точности полевых наблюдений,
- в) целенаправленности исследований локальных аномалий векового хода,
- г) необходимости повторения наблюдений некоторого числа пунктов съемки магнитного склонения, а также систематического наблюдения вековых пунктов.

В части, касающейся картографической разработки, выдвинуто концепцию цифровой магнитной карты. В приложении представлены 2 пробные автоматические разработки фрагмента карты изогон и для сравнения тот же самый фрагмент, вычерченный вручную. Признаю, что система BDM является хорошей основой для реализации этой концепции.

Перевод: Róża Tolstikowa

ANDRZEJ M. ŻÓŁTOWSKI

THE DIGITAL METHOD OF ACTUALIZING OF THE POLAND'S
MAGNETIC DECLINATION SURVEY (PART II)

S u m m a r y

The BDM computer system (Bank of Magnetic Data) has been created, which allows to carry out the automatic reduction of magnetic data from one epoch to the other. Numerical method of updating the magnetic declination survey (21) has been checked experimentally by comparing the calculated values of reduction with values observed on 49 repeated points.

Interpolation and extrapolation has been included within the experiment as well as two ways of weighting the observations on the secular variation stations.

As the result, the systematic errors m_s and the mean errors of single reduction have been calculated (Table 2). The conclusions concerning following problems have been drawn on this basis:

- a) correctness of the method for examined interval of time,
- b) estimated accuracy of field observations,
- c) usefulness of investigations of local anomalies of secular variations,
- d) need of repeating of observations on certain number of points of magnetic declination survey and systematic observations on secular variation stations.

In the part concerning cartographic elaboration, the idea of numerical magnetic map has been presented. Two experimental automatic elaborations of fragments of isogonic map and, for comparison, the same fragment drawn manually, have been presented.

The BDM System has been considered as the proper base for the realization of this idea.

Translation: Jacek Domański