

ELŻBIETA WELKER
ANDRZEJ M. ŻÓŁTOWSKI

NORMALNE POLE ZMIAN WIEKOWYCH MAGNETYZMU ZIEMSKIEGO NA OBSZARZE POLSKI

ZARYS TREŚCI. Rozkład zmian wiekowych elementów pola magnetycznego Ziemi (D, H, F) względem tychże zmian w Centralnym Obserwatorium Geofizycznym w Belsku wyrażono za pomocą funkcji współrzędnych i epoki. Okres opracowania obejmuje czterdziestolecie, poczynając od 1950 roku. Otrzymane wyniki poddano analizie oraz wskazano na niektóre możliwości ich badawczego i praktycznego zastosowania. Funkcja ta, opisująca pole normalne, może stanowić tło dla wszelkich badań rozkładu zmian wiekowych, w tym również podejmowanych w ramach projektu "EUROPROBE"

Wprowadzenie

Badania zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi mają w Polsce swoją historię i na tle dorobku światowego [1-21] liczą się. Uhrynowski [18] przedstawił ostatnio zwięzły rys historyczny tych badań, uwypuklając okres czterech ostatnich dziesięcioleci jako ten, w którym podjęto systematyczne prace pomiarowo-badawcze nad rozkładem powierzchniowym zmian wiekowych na obszarze kraju. U podstaw tych prac leżało założenie przez Instytut Geodezji i Kartografii w latach 50-tych sieci dwudziestu magnetycznych punktów wiekowych. We wspomnianej pracy [18] opublikowana została po raz pierwszy pełna lista wyników wyznaczeń elementów pola, powstała w wyniku obserwacji prowadzonych przez Instytut w latach 1950-1990. Przedstawianie listy w niniejszej pracy uznano więc za zbędne.

Czterdziestoletnie obserwacje wydają się być wystarczającym materiałem dla podjęcia próby jednolitego, czasowo-przestrzennego opracowania zjawiska zmian wiekowych poszczególnych elementów pola. W dotychczasowych pracach [1,3,14,16,18,19] zmiany wiekowe były badane w krótszych okresach (najczęściej 10-letnich), co pozwalało rozdzielnie traktować czas i położenie punktu

^{*)} Projekt Inerdyscyplinarnych Badań Litosfery Europy w ramach prac koordynowanych przez Inter-Union Commission on the Lithosphere (ICL).

jako współrzędne pojedynczej obserwacji, tj. średniej wartości rocznej danego elementu pola. Żółtowski [20-21] opracował wprawdzie metodę aproksymacji zjawiska za pomocą funkcji znormalizowanych współrzędnych położenia i czasu ale wyznaczone wielomiany miały charakter lokalny, a więc przedstawiały rozkład zjawiska w otoczeniu żądanego punktu i epoki. Proponowane w niniejszej pracy rozwiązania wywodzą się jednak z tej metody postępowania.

Rachunkowe ujęcie zadania

Zjawisko zmian wiekowych ujawnia się w postaci zmian średnich wartości rocznych elementów pola zachodzących z roku na rok i zależnych od miejsca obserwacji. Cykl tych zmian rzędu setek lat nie jest istotny dla analizy kilku dziesięcioleci. Zadaniem jest wyznaczenie funkcji wiążącej zmiany wiekowe ze współrzędnymi dowolnego punktu obszaru Polski na podstawie obserwacji punktów wiekowych i danych z obserwatoriów magnetycznych sąsiadujących krajów.

Każdą obserwację średniej wartości rocznej na punkcie wiekowym można zapisać w postaci:

$$E = E(\phi, \lambda, e) \quad (1)$$

gdzie e oznacza epokę pomiaru (w latach);
 ϕ, λ współrzędne geograficzne punktu (w stopniach);
 E jeden z elementów pola (deklinację D , natężenie pola F lub jego składową poziomą H).

W tym równaniu i w dalszym procesie jego przetwarzania przy wielkościach E i ΔE indeksy wskazujące położenie i epokę są dla uproszczenia opuszczone. Ze względu na duże wartości i różne jednostki współrzędnych występujących w funkcji E , wprowadzono lokalny układ współrzędnych o początku (ϕ_0, λ_0, e_0) i znormalizowano te współrzędne przez podzielenie każdej z nich przez przedział jej zmienności na badanym obszarze i w badanym okresie. Równanie (1) przyjmuje więc postać

$$E = \bar{E}(x, y, t) \quad (2)$$

$$\text{gdzie} \quad x = (\phi - \phi_0)/8^\circ, \quad y = (\lambda - \lambda_0)/14^\circ, \quad t = (e - e_0)/40^{\text{lat}} \quad (2a)$$

W równaniu (2) funkcja \bar{E} aproksymuje średnie roczne wartości elementu pola w zależności od położenia punktu i epoki. Jednak wartości tej funkcji, zawierając w sobie całą zmianę wiekową, wykazują dużą zmienność w czasie, co komplikuje proces aproksymacji. Tę niedogodność można ograniczyć przez wykorzystanie serii średnich rocznych z niezbyt odległego obserwatorium magnetycznego, ponieważ zmiany roczne wykazują na ogół niewielki gradient poziomy. Dla obszaru Polski najkorzystniej jest położone Centralne

Obserwatorium Geofizyczne w Belsku ($\phi=52^{\circ}837$, $\lambda=20^{\circ}792$). Ponieważ średnią roczną wartość na punkcie pomiarowym oblicza się ze wzoru:

$$E = E_{\text{BELSK}} + \Delta E \quad (3)$$

to tę samą aproksymację można przedstawić za pomocą innej funkcji:

$$E = E_{\text{BELSK}} + \Delta(x,y,t) \quad (4)$$

lub krócej

$$\Delta E = \Delta(x,y,t) \quad (4a)$$

Warto zaznaczyć, że równanie (4a) jest równaniem obserwacji, ponieważ wynikiem pomiarów na punkcie (również wiekowym) są określone wartości ΔE_i , które po uśrednieniu są identyfikowane z różnicą średnich rocznych wartości ΔE .

Funkcja $\Delta(x,y,t)$, wyrażająca względną wartość średniej rocznej elementu pola w odniesieniu do Belska, jest oczywiście znacznie słabiej zmienna w czasie niż funkcja $E(x,y,t)$, pozostaje natomiast tak samo zmienna względem współrzędnych x i y . Celem niniejszej pracy jest jednak analityczne ujęcie zmian elementu pola, a w tym celu niekoniecznie trzeba posługiwać się rzeczywistymi wartościami E czy ΔE .

Dla ograniczenia zmienności funkcji aproksymacyjnej względem współrzędnych x i y można więc zredukować lewą stronę równania (4a) o wartość ΔE w dowolnej epoce, np. $e = 1985$.

W ten sposób równanie (4a) przekształci się do postaci:

$$\Delta E - \Delta E^{1985} = \delta(x,y,t) \quad (5)$$

Wyznaczenie funkcji $\delta(x,y,t)$ w interwale posiadanych obserwacji rozwiązuje zagadnienie aproksymacji zmian wiekowych ponieważ wykorzystując równania (3) i (5) między dowolnymi epokami t_1 i t_2 zmiana (wariacja) elementu E wyraża się wzorem

$$\text{var}E = \text{var}E_{\text{BELSK}} + \delta(x,y,t_2) - \delta(x,y,t_1) \quad (6)$$

Do obliczenia $\text{var}E_{\text{BELSK}}$ trzeba oczywiście dysponować pełną listą średnich wartości rocznych wyznaczanych w tym obserwatorium [18].

Równanie (5) umożliwia wyznaczenie funkcji δ metodą najmniejszych kwadratów (z obserwacji terenowych i danych obserwacyjnych) poprzez rozwiązanie układu równań poprawek, równań w postaci ogólnej i pełnym zapisie indeksów :

$$\delta(x,y,t) - (\Delta E_{\phi,\lambda,e} - \Delta E_{\phi,\lambda,1985}) = v \quad (7)$$

Dla przejrzystości użyte tu zostały jako indeksy współrzędne pierwotne ϕ , λ , e . W każdym równaniu wyraz wolny

$$\Delta E_{\phi, \lambda, e} - \Delta E_{\phi, \lambda, 1985}$$

jest obliczany na podstawie obserwacji na sieci punktów wiekowych lub z danych publikowanych przez obserwatoria krajów sąsiednich. Dla punktu wiekowego wartości ΔE są wyznaczane z przekształconego równania (3), dla obserwatorium zaś obliczane z różnic średnich wartości rocznych

$$\Delta E = E_{\text{OBS}} - E_{\text{BELSK}}$$

Do zestawienia układu równań poprawek przyjęto następującą postać funkcji $\delta(x, y, t)$:

$$\delta(x, y, t) = A(x, y) t^2 + B(x, y) t + C(x, y) \quad (8)$$

$$\text{gdzie } A(x, y) = a_5 x^2 + a_4 y^2 + a_3 x y + a_2 x + a_1 y + a_0 \quad (8a)$$

$$B(x, y) = b_5 x^2 + b_4 y^2 + b_3 x y + b_2 x + b_1 y + b_0 \quad (8b)$$

$$C(x, y) = c_5 x^2 + c_4 y^2 + c_3 x y + c_2 x + c_1 y + c_0 \quad (8c)$$

Równania poprawek (7) zawierają więc 18 niewiadomych współczynników, które zostaną wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów. Zestawienie układu kilkuset równań i jego rozwiązanie dokonuje się automatycznie przy wykorzystaniu bazy danych obejmującej średnie roczne D, H, F na 20 punktach wiekowych oraz dane z obserwatoriów magnetycznych: Belsk, Hel, Niemegk (Niemcy), Budkov (Czechy) i Hurbanovo (Słowacja), Lwów i Mińsk (WNP).

Ponieważ z prawej strony równania (6) występuje różnica tej samej funkcji δ dla różnych wartości t , wyraz wolny $C(x, y)$ redukuje się, a więc może być pominięty. W zestawieniu (tabl. 1) figuruje tylko 12 współczynników niezbędnych do obliczenia $A(x, y)$ i $B(x, y)$. W rezultacie równanie (6) może być zapisane w innej jeszcze postaci:

$$\text{var}E = \text{var}E_{\text{BELSK}} + \Delta t (A(x, y) (t_1 + t_2) + B(x, y)) \quad (9)$$

gdzie $\Delta t = t_2 - t_1$

Współczynnik $C(x, y)$ jest istotny dla oszacowania dokładności przedstawionej aproksymacji rozkładu zmian wiekowych (tabl. 2) tj. dobierany w ten sposób, aby na każdym punkcie wiekowym lub w obserwatorium $\sum v$ była równa zeru.

Automatyczne opracowanie przedstawionego zadania

Wszystkie programy utworzone do rozwiązania przedstawionego problemu można podzielić na pięć zasadniczych grup. Są to:

1. Programy tworzące na podstawie zbioru obserwacji na punktach wiekowych i w obserwatoriach zbiór wartości ΔE , który w dalszej kolejności traktowany jest jako zbiór wartości wejściowych podlegających aproksymacji. Zbiór ten można zobaczyć w postaci graficznej na monitorze lub wyprowadzić na ploter.

2. Program tworzący i rozwiązujący układ równań poprawek, których liczba jest równa liczbie wszystkich obserwacji na punktach wiekowych i w obserwatoriach w badanym przedziale czasu.

Przybliżenia zmian elementów pola magnetycznego dokonano za pomocą funkcji określonej równaniami (8). Po uruchomieniu programu analizuje się wyniki wyrównania. Jeśli wartość niewiadomej (współczynnika wielomianu) jest mniejsza od błędu jej wyznaczenia, wówczas odrzuca się ją z układu równań. Tym samym liczba niewiadomych w układzie poprawek zmniejsza się. Następuje ponowne rozwiązanie układu i ponowna analiza wyników. Proces ten trwa dopóty, dopóki wartości wszystkich niewiadomych nie będą większe od ich błędów. Odrzucone współczynniki przyjmują wartość równą zero (patrz tabl. 1).

3. Programy traktujące zbiory współczynników funkcji aproksymujących jako zbiory wejściowe.

Pozwalają one na:

- obliczenie wartości ϑ na dowolnym punkcie i w dowolnej epoce;
- wyprowadzenie krzywych wyrównanych i wartości obserwacyjnych na monitor lub ploter; krzywe te dla wybranego punktu wiekowego przedstawiają rysunki 1 - 3;

- obliczenie wyrównanych zmian elementów pola magnetycznego na dowolnym, zadawanym z klawiatury, profilu i wyprowadzenie ich w postaci graficznej na monitor lub ploter - rysunek 4 ;

- obliczenie zmian elementów pola magnetycznego na dowolnym profilu (np. EUROPROBE) i wyprowadzenie ich w postaci graficznej na ploter (rysunki 5 - 7).

4. Program umożliwiający redukcję elementu pola magnetycznego na dowolnym punkcie pomiarowym z jednej epoki na drugą (redukcja z epoki pomiaru na epokę zadaną - patrz PRZYKŁAD 1).

5. Program obliczający i zapisujący istotne dla dalszych analiz błędy. Są to:

- odchylenie standardowe σ (zestawione dla każdego analizowanego punktu i dla poszczególnych elementów pola magnetycznego w tabl. 2):

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n}}$$

gdzie n - liczba obserwacji na punkcie,

- parametry prostej regresji powstałe z rozwiązania układu :

$$m e_i + b = v_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

gdzie m jest współczynnikiem nachylenia prostej regresji.

Współczynnik m ułatwia analizę zmian pola magnetycznego na punktach wiekowych i wybór punktów anomalnych (patrz wnioski końcowe). Zestawienie tego współczynnika dla każdego analizowanego punktu (i dla wszystkich elementów pola magnetycznego) zawiera tabl. 3.

Wyniki aproksymacji pola magnetycznego na podstawie obserwacji na wybranych punktach w latach 1950 - 1991 zawiera tabl. 1.

Tablica 1

WSPÓŁCZYNNIKI	D	H	F
a_5	47.06	-823.5	132.2
a_4	19.02	52.9	0.0
a_3	-118.95	0.0	261.1
a_2	-65.66	0.0	137.1
a_1	1.53	4.7	-588.5
a_0	19.76	0.0	36.9
b_5	0.00	-226.9	66.2
b_4	5.04	23.2	-70.7
b_3	22.01	0.0	23.5
b_2	0.00	0.0	14.6
b_1	12.60	14.3	-229.4
b_0	4.36	-242.3	-197.7

PRZYKŁAD 1

Przykład obliczenia redukcji deklinacji magnetycznej $varD$ na dowolnym punkcie pomiarowym $P(\phi_p, \lambda_p)$ między epokami e_1 i e_2 oraz wartości deklinacji D_p na tym punkcie w epoce e_2 .

$$\phi_0 = 48^\circ 0' ; \lambda_0 = 12^\circ 0' ; e_0 = 1950 ; \phi_p = 52^\circ 0' ; \lambda_p = 19^\circ 0' ; e_1 = 1970 ; e_2 = 1990$$

$$D_p^{1970} = 124.6 \text{ (wartość pomiaru na punkcie P w epoce } e_1)$$

$$varE_{BELSK} = 72.2 \text{ (wartość przyrostu D w obserwatorium między epoką } e_1 \text{ i } e_2)$$

Zgodnie ze wzorami (2a):

$$x = (52.0 - 48.0) / 8 = 0.5$$

$$y = (19.0 - 12.0) / 14 = 0.5$$

$$t_1 = (1970 - 1950) / 40 = 0.5$$

$$t_2 = (1990 - 1950) / 40 = 1.0$$

Zgodnie ze wzorami (8a) i (8b):

$$A = 47.06 \cdot 0.25 + 19.022 \cdot 0.25 + (-118.95) \cdot 0.25 + (-65.66) \cdot 0.5 + 1.53 \cdot 0.5 + 19.76 = -25.53$$

$$B = 5.04 \cdot 0.25 + 22.01 \cdot 0.25 + 12.6 \cdot 0.5 + 4.36 = 17.42$$

Zgodnie ze wzorem (8):

$$\delta(t_1) = -25.54 \cdot 0.25 + 17.42 \cdot 0.5 = 2.3; \quad \delta(t_2) = -25.54 \cdot 1.0 + 17.42 \cdot 1.0 = -8.1$$

$$\delta(t_2) - \delta(t_1) = -10.4$$

Wartość deklinacji zredukowana na epokę e_2 wyniesie:

$$D_p^{1990} = D_p^{1970} + \text{var}D$$

a więc wykorzystując równanie (6) lub (9):

$$D_p^{1990} = 124.6 + 72.2 - 10.4 = 186.4$$

Tablica 2

PUNKTY WIEKOWE OBSERWATORIA	ODCHYLENIA STANDARDOWE		
	δ_D	δ_H	δ_F
Cisowo	1.30	7.1 nT	4.3 nT
Ogrodniki	1.60	5.7	4.8
Miłakowo	2.70	3.7	4.4
Rzewnowo	1.50	4.0	7.3
Sołtmany	1.70	4.7	4.1
Szczecinek	1.30	4.1	6.4
Kruszwica	1.90	5.4	6.3
Pęckowo	1.60	5.7	9.8
Rzepin	2.10	5.2	-
Podzamcze	2.00	4.8	4.4
Nałęczów	1.30	9.9	8.8
Okmiany	2.00	5.5	8.5
Klonów	2.00	6.8	22.7
Domaszków	1.40	10.3	13.3
Racibórz	1.70	7.2	11.5
Zakopane	1.70	6.4	8.5
Cisna	1.70	7.0	6.0
Białowieża	6.70	5.9	5.9
Komorowo	1.40	4.2	4.0
Hel	1.00	5.8	4.2
Hurbanovo	1.70	12.7	7.3
Niemegk	1.40	4.7	4.2
Lwów	1.00	8.2	8.7
Mińsk	2.60	3.8	6.3
Belsk	0.00	0.0	0.0

Tablica 3

PUNKTY WIEKOWE OBSERWATORIA	WSPÓŁCZYNNIKI KIERUNKOWE		
	m_D	m_H	m_F
Cisowo	0.07	-0.33	-0.13
Ogrodniki	0.04	-0.29	0.18
Miłakowo	-0.21	-0.10	0.20
Rzewnowo	0.08	-0.13	-0.51
Sołtmany	-0.06	-0.14	0.02
Szczecinek	0.03	-0.10	0.16
Kruszwica	-0.12	-0.36	0.50
Pęckowo	-0.09	-0.43	0.50
Rzepin	-0.02	-0.18	-
Podzamcze	-0.14	-0.18	0.03
Nałęczów	-0.04	0.79	1.06
Okmiany	-0.05	0.03	-0.18
Klonów	-0.09	-0.10	-1.17
Domaszków	-0.05	-0.02	0.65
Racibórz	-0.11	0.14	0.98
Zakopane	-0.06	-0.25	-0.74
Cisna	-0.05	-0.01	0.02
Białowieża	-0.66	-0.27	0.24
Komorowo	-0.14	-0.04	0.38
Hel	-0.03	-0.48	0.06
Hurbanovo	0.08	-1.10	-0.09
Niemegk	0.02	0.42	-0.09
Lwów	-0.01	-0.81	0.36
Mińsk	0.09	0.03	-0.17
Belsk	0.00	0.00	0.00

Wnioski końcowe

1. Podstawą oceny dokładności analitycznego opracowania zmian wiekowych są:

a) standardowe odchylenia obserwowanych wartości średnich rocznych D,H,F od wartości aproksymowanych, obliczone dla każdego punktu i obserwatorium (tabl. 2);

b) współczynniki kierunkowe prostych regresji $v = m e + b$ jako wskaźniki rozkładu czasowego poprawek obserwacji v elementów pola D,H,F (tabl. 3).

Ad. a) Odchylenia standardowe σ na wszystkich punktach wiekowych i obserwatoriach są znacznie mniejsze od średniej zmiany rocznej poszczególnych elementów pola magnetycznego (D,H,F). Oznacza to, że przyjęte wielomiany prawidłowo aproksymują zjawisko zmian wiekowych tych elementów w okresie omawianego czterdziestolecia.

Większe wartości σ na niektórych punktach mogą świadczyć o większych błędach obserwacji powstałych z różnych przyczyn - przede wszystkim zakłóceń pola magnetycznego - lub o istnieniu anomalii zmiany wiekowej na danym punkcie.

Ad. b) Obliczenie współczynników kierunkowych m (tabl. 3) ma na celu próbę identyfikacji jednej z tych dwóch przyczyn. Ułożenie poprawek v w pewnym porządku czasowym daje duży współczynnik m i może świadczyć o istnieniu anomalii zmiany wiekowej na tym punkcie. Rozrzut v spowodowany błędami pomiaru lub zakłóceniami pola magnetycznego ma charakter przypadkowy i nie powoduje wzrostu tego współczynnika.

Według tego kryterium, największe prawdopodobieństwo istnienia anomalii zmiany wiekowej deklinacji magnetycznej ma punkt wiekowy Miłakowo. Duża wartość współczynnika m na innych punktach (np. Białowieża, Klonów, Nałęczów) wymaga głębszej analizy ze względu na istniejące warunki zewnętrzne.

2. Opracowane pole zmian wiekowych, ze względu na zadawalającą dokładność aproksymacji może być wprost stosowane do redukcji lub aktualizacji map i danych magnetycznych.

Obliczone i przedstawione w tabl. 1 współczynniki wielomianu aproksymacyjnego pozwalają w bardzo prosty sposób wyznaczyć przyrost dowolnego elementu pola magnetycznego między dowolnymi epokami i na dowolnym punkcie pomiarowym (względem obserwatorium w Belsku). Aby wyznaczyć ostateczną wartość elementu pola należy oczywiście dysponować wartością pomierzoną na wybranym punkcie i przyrostem tego elementu w Belsku (między epoką pomiaru i epoką redukcji - patrz przykład 1).

Przewiduje się, że w miarę uzyskiwania danych obserwacyjnych tablica współczynników będzie aktualizowana.

3. Aproksymowane w opisany sposób pole zmian wiekowych może być traktowane jako pole normalne obszaru Polski wraz z otoczeniem. Umożliwia ono dodatkową interpretację istniejących już wyników badań zmian wiekowych, na przykład badań Małozewskiego [6] zarówno powierzchniowych jak i profilowych (rys. 5-7). Dla obserwacji prowadzonych w okresie poprzedzającym ostatnie czterdziestolecie rolę danych z obserwatorium w Belsku mogłyby spełniać wyniki rejestracji w dawnym obserwatorium magnetycznym w Świdrze.

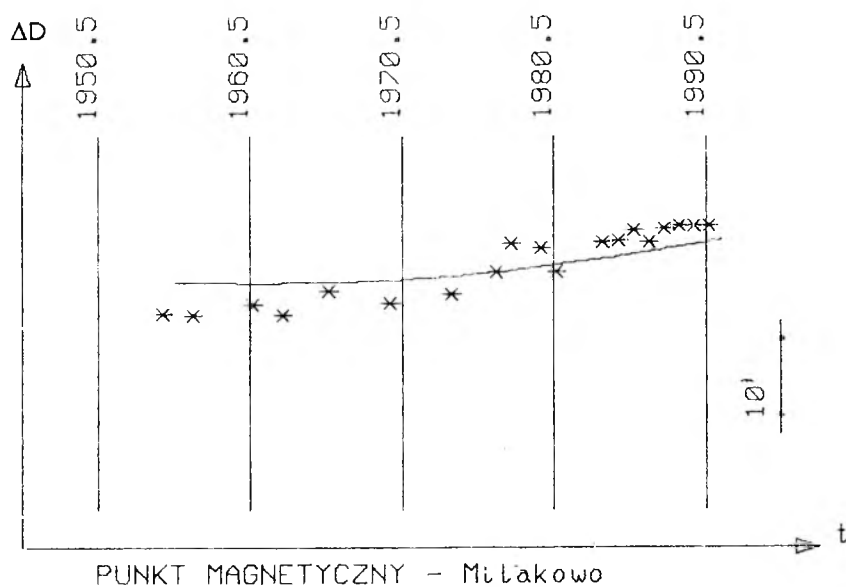
LITERATURA

- [1] Balicka M.: *Izopory deklinacji magnetycznej w Europie w okresie 1950-1980*. Warszawa: Prace IGiK t. XXVI 1979 nr 3.
- [2] Dąbrowski A.: *Pomiary absolutne na punktach wiekowych w 1949r.* Biuletyn PIG 1952 nr 82.
- [3] Krzemiński W.: *Izopory deklinacji w Europie w latach 1900-1950*. Prace IGiK t. II 1962 nr 2.
- [4] Krzemiński W., Uhrynowski A., Żółtowski A.: *Sieć magnetycznych punktów wiekowych w Polsce*. Prace IGiK t. VIII 1961 nr 2.
- [5] Krzemiński W., Uhrynowski A., Żółtowski A.: *Sieć magnetycznych punktów wiekowych (II)*. Prace IGiK t. X 1963 nr 2.
- [6] 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, Kraków 1965 nr 44.
- [7] Olczak T.: *Zmiany wiekowe magnetyzmu ziemskiego na ziemiach polskich w pięćdziesięcioleciu 1900-1950*. Biuletyn PIG 1952 nr 82.
- [8] Pawłowski St.: *Zmiany składowej poziomej w Polsce w latach 1928-1949*. Biuletyn PIG 1952.
- [9] Reich H.: *Sakularvariation der Vertikalintensitat in Deutschland fur die Zeit von 1901 bis 1931*. Leipzig: Beitrage zum angewendten Geophysik, Band 4, 1934.
- [10] Stenz E., Olczak T.: *O zmianach wiekowych składowej pionowej magnetyzmu ziemskiego na ziemiach polskich*. Biuletyn Towarzystwa Geofizycznego w Warszawie 1936 z. 13.
- [11] Tillo A.: *O geograficzeskom rozpredienii i wiekowom izmiereniju sklonienija i naklonienija magnitnoj strietki na prostranstwie Jewropiejskoj Rosii*. *Meteorologiceskij Sbornik Petersburg* t. VIII 1884 nr 2.
- [12] Uhrynowski A.: *Pomiary na sieci magnetycznych punktów wiekowych w Polsce w 1963 r.* Biuletyn IGiK-Prz. Geod. t. XIV 1964 nr 2.
- [13] Uhrynowski A.: *Badania zmian wiekowych magnetycznego pola Ziemi na terenie Polski*. Prace IGiK t. XXIV 1977 nr 2.
- [14] Uhrynowski A.: *Izopory magnetycznego pola Ziemi w Polsce w okresie 1957-1971*. Prace IGiK t. XXIV 1977 nr 3.
- [15] Uhrynowski A., Żółtowski A.: *Secular Variations of the Earth's Magnetic Field in Poland*. Gerlands Beitrage zur Geophysik t. 89 1980 nr 6.
- [16] Uhrynowski A.: *Wyznaczenie zmiany wiekowej magnetycznego pola Ziemi na Bałtyku w interwale 1982-1985*. Prace IGiK t. XXXIV 1987 nr 2.
Uhrynowski A., Mroczek S., Kasjanienko L.G., Tsutskarev B.M., Krasik

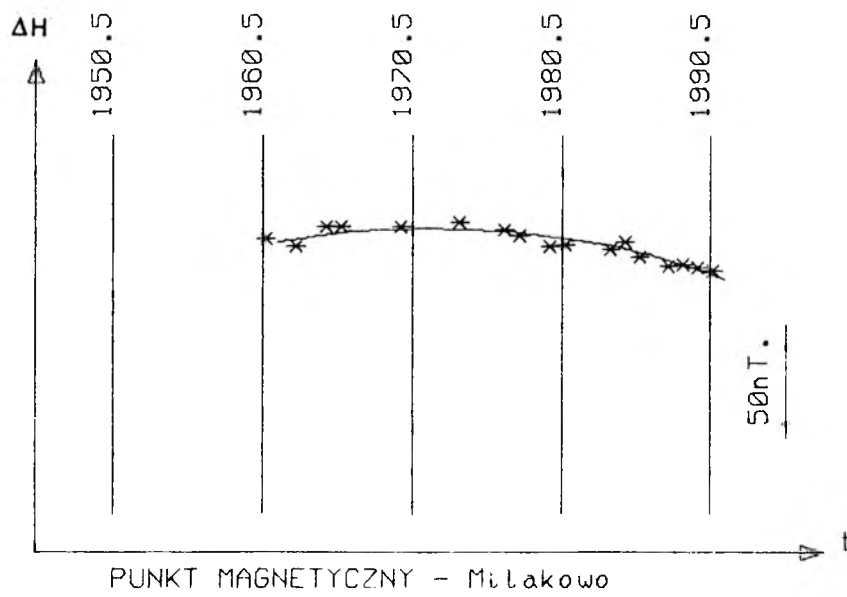
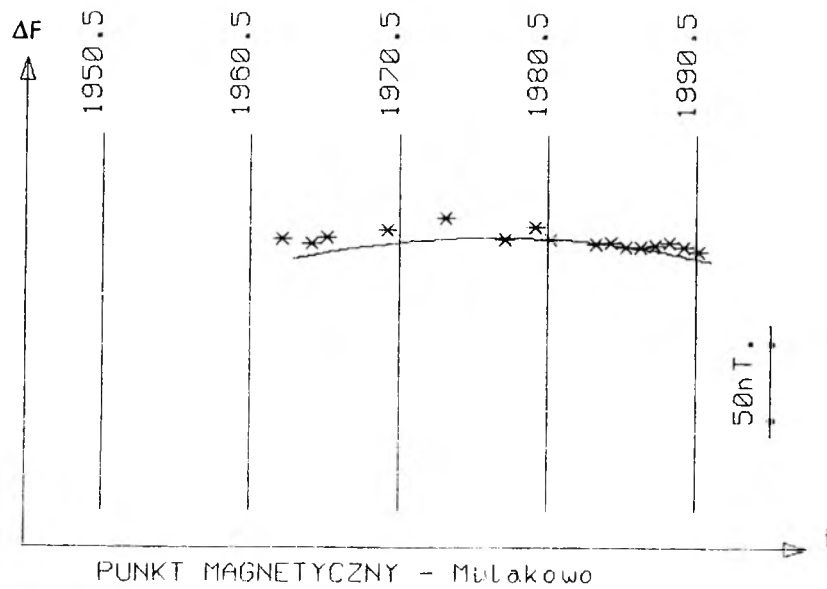
- [17] A.M.,Mundt W.,Auster V.,Ritter E.:*Investigations of the Secular Variations of the Geomagnetic Field on the Baltic Sea.* Gerlands Beitrage zur Geoph. t.99 1990 nr 2.
- [18] Uhrynowski A.:*Zmiany wiekowe magnetycznego pola Ziemi w Polsce w latach 1970-1990.* Prace IGiK t.XXXIX 1992 nr 1.
- [19] Żółtowski A.:*Zmiany wiekowe deklinacji magnetycznej w Polsce w latach 1957-1961.* Prace IGiK t.IX 1962 nr 2.
- [20] Żółtowski A.:*Numeryczna metoda aktualizacji zdjęcia deklinacji magnetycznej obszaru Polski.* Prace IGiK t.XXVI 1979 nr 1.
- [21] Żółtowski A.:*Numeryczna metoda aktualizacji zdjęcia deklinacji magnetycznej obszaru Polski (cz.II).* Prace IGiK t.XXVIII 1981 nr 1.

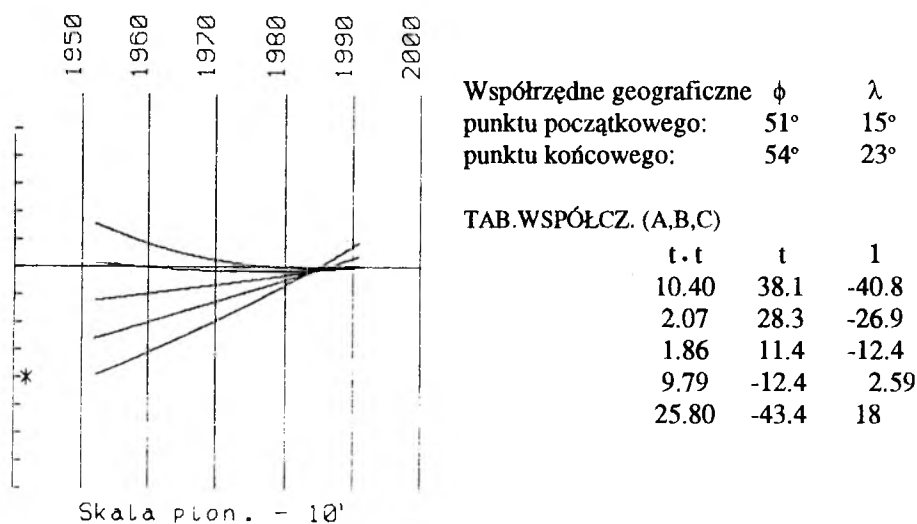
Recenzował: dr A.Dąbrowski

Przyjęto do opublikowania w dniu 4 lutego 1993 r.

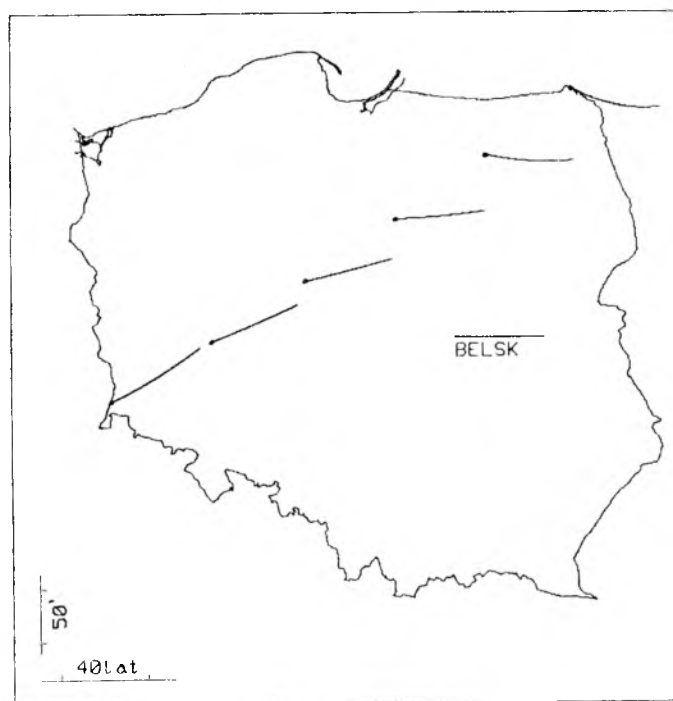


Rys.1. Przebieg zmian ΔD na punkcie magnetycznym przed i po wyrównaniu

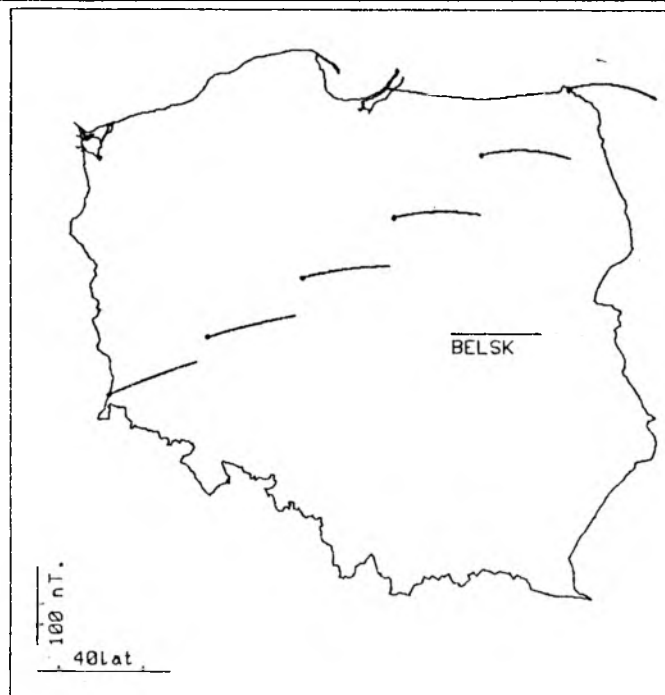
Rys.2 Przebieg zmian ΔH na punkcie magnetycznym przed i po wyrównaniuRys.3 Przebieg zmian ΔF na punkcie magnetycznym przed i po wyrównaniu



Rys.4. Przebieg wyrównanych (normalnych) zmian rocznych deklinacji magnetycznej D na punktach dowolnego profilu w stosunku do analogicznych zmian w obserwatorium w Belsku (* gwiazdka oznacza pierwszy punkt profilu).



Rys.5. Przebieg wyrównanych (normalnych) zmian rocznych deklinacji D na punktach profilu EUROPROBE w stosunku do analogicznych zmian w obserwatorium w Belsku.



Rys.6 Przebieg wyrównanych (normalnych) zmian rocznych składowej poziomej H na punktach profilu EUROPROBE w stosunku do analogicznych zmian w obserwatorium w Belsku.



Rys.7 Przebieg wyrównanych (normalnych) zmian rocznych natężenia F na punktach profilu EUROPROBE w stosunku do analogicznych zmian w obserwatorium w Belsku.

ELŻBIETA WELKER
ANDRZEJ M. ŻÓŁTOWSKI

NORMAL FIELD OF SECULAR CHANGES OF EARTH MAGNETISM
ON THE TERRITORY OF POLAND

S u m m a r y

Relative changes D, H, F were presented as functions of epoch (year) and coordinates, on the basis of observations of D, H, Z/F elements of geomagnetic field, which were conducted for the network of secular points at the period 1950 - 1991. Approximation was applied to distribution of differences of mean annual values, existing between secular points plus observatories at neighbouring countries and respective values, collected at the Central Geophysical Observatory in Belsk. The standard x,y,t coordinate system was assumed, according to formulas (2).

Secular variation of E element between any two epochs t_1 and t_2 can be computed using formula:

$$\text{var}E = \text{var}E_{\text{BELSK}} + t [A(x,y) (t_1+t_2) + B(x,y)]$$

where $t = t_2 - t_1$ and $A(x,y)$, $B(x,y)$ coefficients are calculated from equations (8a, 8b) and from data included in table 1. $\text{Var}E$ value can be treated as a normal field of secular changes during last forty years, but it can be also used for data reduction (from t_1 to t_2 epoch).

Standard deviations between observed and approximated values were determined; they characterize accuracy of approximation (table 2). Distribution of v deviations, i.e. value of directional coefficient of regression line $v = mt + b$ (table 3) was assumed as an index of anomalies of secular changes for particular points under study.

Translation: Zbigniew Bochenek

ЭЛЬЖБЕТА ВЕЛЬКЕР
АНДЖЕЙ М. ЖУЛТОВСКИ

НОРМАЛЬНОЕ ПОЛЕ ВЕКОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЬШИ

Резюме

На основе наблюдений элементов D, H, Z/F геомагнитного поля, производимых в период 1950-1991 годов на сети вековых пунктов, представлены относительные вековые изменения D, H, F как функции координат и эпохи (года).

Аппроксимация касалась распределения разниц средних годовых величин между вековыми пунктами и обсерваториями соседних стран, а соответствующими величинами в Центральной геофизической обсерватории в Бельске. Была принята нормализованная система координат x, y, t согласно уравнениям [2].

Вековая вариация элемента E между произвольными эпохами t_1 и t_2 может быть вычислена по формуле

$$\text{var}E = \text{var}E_{\text{BELSK}} + \Delta t((A(x,y)(t_1 + t_2) + B(x,y)))$$

где $\Delta t = t_2 - t_1$, а координаты $A(x,y)$ и $B(x,y)$ вычислены из уравнений (8a), (8b), а также из данных таблицы 1.

Величину $\text{var}E$ можно рассматривать как нормальное поле вековых изменений в период последнего сороколетия, а также можно её использовать при редукции данных из одной эпохи в другую.

Были вычислены стандартные отклонения наблюдаемых величин от аппроксимированных, характеризующие точность аппроксимации (таб. 2.) Как показатель аномальности вековых изменений на отдельных пунктах принято распределение отклонений v , т.е. величину направляющего коэффициента простой регрессии $v = mt + b$ (таб.3.).

Перевод: Roza Tołstikowa