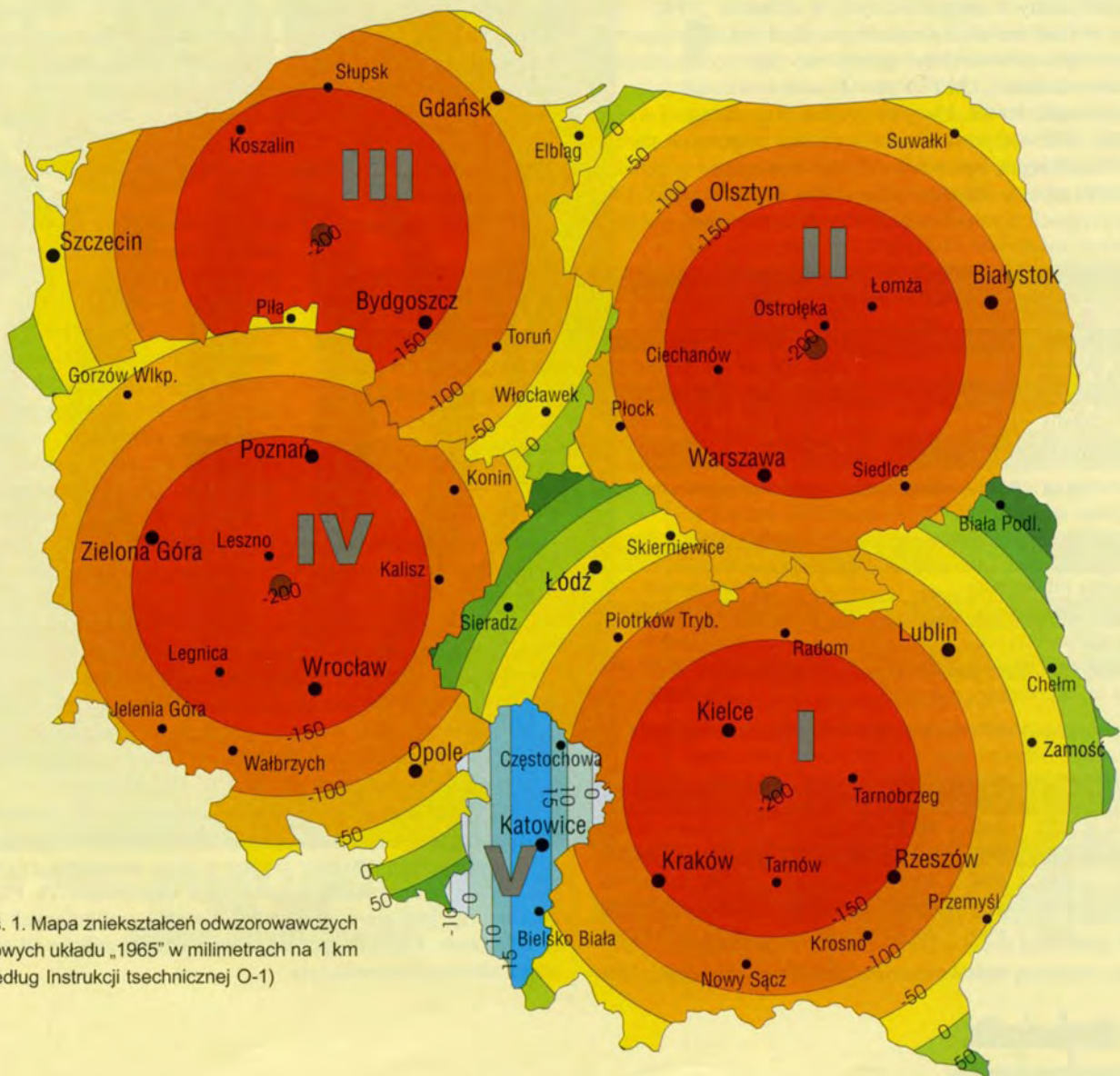


Państwowy układ współrzędnych płaskich „1965”

Jak przeliczać?

LESZEK JANUSZ JAWORSKI

W 1976 roku wprowadzony został dla potrzeb cywilnej służby geodezyjnej państwowy układ współrzędnych płaskich „1965”. Od tamtego czasu narosło wokół niego wiele niejasności i niedomówień, wynikających prawdopodobnie głównie ze sposobu jego wprowadzenia (nakazowo-decyzyjnego – z teczki) oraz nadania klauzuli tajne (później poufne) wszelkim informacjom o definicji układu. Uwidoczniło się to zwłaszcza w ilości informacji docierających do środowiska geodetów.



Rys. 1. Mapa zniekształceń odwzorowawczych liniowych układu „1965” w milimetrach na 1 km (Według Instrukcji technicznej O-1)

Dopiero w latach 90. zaczęły pojawiać się nowe publikacje na ten temat, ograniczające się jednak do podawania formuł odwzorowawczych. Jako przykład służyć może cykl artykułów w czasopiśmie „Geodezja i Kartografia” Jerzego Balcerzaka, Bogusława Gdowskiego i Jana Panasiuka z Politechniki Warszawskiej oraz podręcznik „Kartografia matematyczna dla geodetów” prof. Idziego Gajderowicza.

Ponieważ należałem do nielicznej grupy osób mających dostęp do danych Centralnego Banku Osnowy Poziomej (CBOP) przy okazji prac prowadzonych na zlecenie Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii, miałem możliwość analizy różnych sposobów wyznaczenia współrzędnych płaskich xy w układzie „1965”, poczynając od rozwinięć wielomianowych (zwykłych i konforemnych), a kończąc na kilku wariantach formuł odwzorowawczych.

Metoda przedstawiona w dalszej części artykułu jest według mnie optymalna ze względu na przejrzystość wzorów, ich zwięzłą formę, a przede wszystkim bardzo wysoką dokładność. Na obszarze całego kraju, bez względu na położenie punktu głównego odwzorowania, uzyskuje się dokładność przeliczeń poniżej 0,0001 m (0,1 mm).

Podstawowe definicje układu „1965”

Państwowy układ współrzędnych płaskich „1965” powstał przez zastosowanie wybranych formuł odwzorowawczych do współrzędnych geograficznych w układzie „1942”. Nie byłoby w tym nic niezrozumiałego, gdyż takie postępowanie jest dość powszechne, gdyby nie fakt jednoczesnego wycofania układu „1942” z zastosowań cywilnych.

Aż do początku lat 90., kiedy do produkcji geodezyjnej weszła technika GPS, nie powodowało to jednak większych problemów. Współrzędne z pomiarów GPS otrzymujemy w układzie geocentrycznym z elipsoidą odniesienia WGS-84 (GRS-1980 w precyzyjnych wyznaczeniach) i w związku z tym przejście

do układów państwowych na elipsoidzie Krasowskiego wymaga posługiwania się przestrzennymi współrzędnymi kartezjańskimi XYZ lub elipsoidalnymi BLH (choć tak naprawdę niekoniecznie, gdyż zrealizowałem wielomianowe przejście ze współrzędnych płaskich xy w układzie PSWG-92 na współrzędne płaskie xy w układzie „1965” i jest ono dostępne w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej). Wracając jednak do właściwego tematu, obszar kraju podzielony został na 5 stref:

- dla stref od I do IV przyjęto odwzorowanie Roussilhe’a, określane w Polsce jako quasi-stereograficzne,

- dla strefy V, obejmującej obszar byłego woj. katowickiego (z okresu przed zmianami administracyjnymi w 1975 roku), przyjęto odwzorowanie Gaussa-Krügera (w wytycznych technicznych G-1.10 nie wiem, dlaczego jest: „odwzorowanie zbliżone do Gaussa-Krügera”).

Definiując każde z tych odwzorowań, musimy znać pewną liczbę parametrów początkowych:

- dla odwzorowania quasi-stereograficznego – 5 (związanych z przyjętym punktem głównym – jego współrzędne B_0 , L_0 i x_0 , y_0 oraz skalę m),

- dla odwzorowania Gaussa-Krügera – 4 (związane z południkiem osiowym – L_0 , x_0 , y_0 oraz skalę m ; zakładając, że początek osi x znajduje się na równiku $B_0 = 0^\circ$).

Większość tych informacji można było określić, pomimo ich poufności, analizując instrukcje i wytyczne techniczne (szczególnie O-1 i G-1.10). Mapa zniekształceń odwzorowawczych liniowych z instrukcji O-1 (rys. na poprzedniej stronie) niesie informacje o skali w punkcie głównym (dla stref I-IV: -200 mm, czyli skala $m = 0,9998$) i w południku osiowym dla strefy V (około -17 mm, czyli skala $m = 0,999983$). Dodatkowo w przybliżeniu można określić położenie punktów głównych i południka osiowego.

Z wytycznych technicznych G-1.10 możemy się dowiedzieć, jakie są wartości współrzędnych początkowych x_0 , y_0 punktów głównych w strefach I-IV.

Do zdefiniowania pozostało nam jedynie określenie współrzędnych geograficznych B_0 , L_0 oraz długości geodezyjnej L_0 południka osiowego i współrzędnych x_0 , y_0 dla strefy V. Wystarczy mieć kilka punktów o znanych B , L i x , y w danej

strefie, aby można było te informacje odtworzyć i sprawdzić (sam w ten sposób wyznaczyłem brakujące informacje).

Tabele 1 i 2 zawierają zestawienie wartości liczbowych definiujących odwzorowania dla wszystkich stref. Na szczególną uwagę zasługują współrzędne geodezyjne B_0 , L_0 punktów głównych. Na jednej ze stron WWW znalazł się artykuł zawierający inne wartości, które są nieprawidłowe. Odnoszą się one do wstępnych definicji, które uległy modyfikacji w trakcie zmian granic stref II, III i IV.

Tabela 3. ma znaczenie dla osób korzystających ze współczynników rozwinięć wielomianowych. Wyznaczane były one dla pewnego obszaru i tylko w jego granicach zagwarantowane jest uzyskanie poprawnych współrzędnych. Problem ten nie istnieje w przypadku wzorów realizujących odwzorowanie, kiedy to granica stosowalności zależy od sposobu realizacji rozwinięcia.

Układ „1965”	Strefa I	Strefa II	Strefa III	Strefa IV
Elipsoida odniesienia	Krasowski, duża półka $a = 6\,378\,245$ m, spłaszczenie $\alpha = 1/298,3$			
Punkt główny – x_0	5 467 000,00	5 806 000,00	5 999 000,00	5 627 000,00
Punkt główny – y_0	4 637 000,00	4 603 000,00	3 501 000,00	3 703 000,00
Punkt główny – B_0	50°37’30,0”	53°00’07,0”	53°35’00,0”	51°40’15,0”
Punkt główny – L_0	21°05’00,0”	21°30’10,0”	17°00’30,0”	16°40’20,0”
Skala m_0 w punkcie głównym	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998

Tabela 1. Układ „1965” – odwzorowanie quasi-stereograficzne, strefy I-IV

Układ „1965”	Strefa V
Elipsoida odniesienia	Krasowski
Stała dodawania – x_0	-4 700 000 m
Stała dodawania – y_0	+237 000 m
Południk osiowy – L_0	18°57’30,0”
Skala m_0 w południku osiowym	0,999983

Tabela 2. Układ „1965” – odwzorowanie Gaussa-Krügera, strefa V

Strefa	ΔB	ΔL	Zakres B	Zakres L
I	3°25’	6°10’	48°55’ ≤ B ≤ 52°20’	18°00’ ≤ L ≤ 24°10’
II	3°10’	5°00’	51°20’ ≤ B ≤ 54°30’	19°00’ ≤ L ≤ 24°00’
III	2°40’	5°55’	52°10’ ≤ B ≤ 54°50’	14°05’ ≤ L ≤ 20°00’
IV	3°35’	4°50’	48°45’ ≤ B ≤ 53°20’	14°15’ ≤ L ≤ 19°05’
V	2°00’	1°20’	49°20’ ≤ B ≤ 51°20’	18°20’ ≤ L ≤ 19°40’

Tabela 3. Przedziały stosowania dla poszczególnych stref układu „1965”

Formuły odwzorawcze

Od strony teoretycznej omawianą realizację odwzorowania quasi-stereograficznego należy określić jako poczwórne złożenie odwzorowań konforemnych:

- całej elipsoidy (współrzędne B, L) na całą sferę (współrzędne φ, λ) konforemnym odwzorowaniem Lagrange'a,
- całej sfery (φ, λ) na nieograniczony w kierunku W-E pas płaszczyzny (X_L, Y_L) konforemnym poprzecznym walcowym odwzorowaniem Lamberta I (poprzeczne odwzorowanie Mercatora),
- płaszczyzny Lamberta (X_L, Y_L) na płaszczyznę Gaussa (x_G, y_G),
- płaszczyzny Gaussa (x_G, y_G) na płaszczyznę Roussilhe'a (x_Q, y_Q)

Przyznaje, wygląda to trochę zniechęcająco, ale to tylko pozory. Na pocieszenie przytoczę fakt, że powyższą realizację odwzorowania Gaussa-Krügera (punkty 1-3) podał Louis Johannes Krüger już w 1912 roku, a w Polsce bardzo gruntownie zajmowali się tymi wzorami przy okazji realizacji odwzorowania PSWG-92 wspomniani już panowie Balcerzak, Gdowski i Panasiuk. Użyteczność tego podejścia ograniczały funkcje wykładnicze, trygonometryczne i hiperboliczne, za nic nie przystające do obliczeń ręcznych lub na arytmetrach (tak, tak, było coś takiego). Natomiast my żyjemy w erze superszybkich komputerów, dla których nie stanowią one najmniejszego problemu i należy z tego korzystać.

Punkt 4 powstał na podstawie publikacji dr. Jerzego Balcerzaka „Projective reductions in the Roussilhe projection”.

Zadanie wprost

1. Cała elipsoida na całą sferę

$$\lambda = L - L_0, \quad \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{B}{2}\right) \cdot \left(\frac{1 - e \cdot \sin B}{1 + e \cdot \sin B}\right)^e$$

Uwaga: e w wykładniku potęgi nie jest pierwszym mimośrodem, lecz podstawą logarytmu naturalnego. Pozostałe wartości e we wzorze są pierwszym mimośrodem elipsoidy odniesienia.

2. Cała sfera na płaszczyznę Lamberta I (Mercatora)

$$X_L = R \cdot \operatorname{arc\,tg} \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\cos\lambda}, \quad Y_L = \frac{R}{2} \ln\left(\frac{1 + \sin\lambda \cdot \cos\varphi}{1 - \sin\lambda \cdot \cos\varphi}\right)$$

3. Płaszczyzna Lamberta I na płaszczyznę Gaussa (i Krügera)

$$x_G = X_L + R \cdot \sum_{j=1}^{\infty} W_{2j} \cdot \sin\left(2j \frac{X_L}{R}\right) \cdot \cosh\left(2j \frac{Y_L}{R}\right)$$

$$y_G = Y_L + R \cdot \sum_{j=1}^{\infty} W_{2j} \cdot \cos\left(2j \frac{X_L}{R}\right) \cdot \sinh\left(2j \frac{Y_L}{R}\right)$$

gdzie:

■ R jest promieniem sfery o długości łuku południka równej długości łuku południka elipsoidy obrotowej

$$R = \frac{a}{1+n} \cdot \left(1 + \frac{n^2}{4} + \frac{n^4}{64} + \frac{n^6}{256} + \frac{25n^8}{16384} + \dots\right)$$

■ Współczynniki W_2, W_4, W_6, W_8 są stałymi zależnymi od parametrów elipsoidy odniesienia (i wyłącznie od nich):

$$W_2 = \frac{1}{2}n - \frac{2}{3}n^2 + \frac{5}{16}n^3 + \frac{41}{180}n^4 + \dots$$

$$W_4 = \frac{13}{48}n^2 - \frac{3}{5}n^3 + \frac{557}{1440}n^4 + \dots$$

$$W_6 = \frac{61}{240}n^3 - \frac{103}{140}n^4 + \dots$$

$$W_8 = \frac{49561}{161280}n^4 + \dots$$

■ n jest parametrem z geometrii elipsoidy obrotowej

$$n = \frac{a-b}{a+b}$$

Przedstawione szeregi funkcji trygonometrycznych i hiperbolicznych są szybko zbieżne i w praktyce przyjęcie pierwszych 4 współczynników W_2, W_4, W_6 i W_8 wystarcza nawet do zastosowań w pasach o szerokości 30° od południka osiowego. Dokładnie takie wzory zostały zdefiniowane dla odwzorowania PSWG-92 dla obszaru całej Polski, gwarantując dokładność przejścia $BL \rightarrow xy$ i powrót $xy \rightarrow BL$ poniżej 0,0001m.

4. Płaszczyzna Gaussa-Krügera na płaszczyznę Roussilhe'a (quasi-stereograficzną)

$$x_Q = \frac{2R_0 \cdot \sin\left(\frac{x_G - x_{G0}}{R_0}\right)}{\cos\left(\frac{x_G - x_{G0}}{R_0}\right) + \cosh\left(\frac{y_G}{R_0}\right)}$$

$$y_Q = \frac{2R_0 \cdot \sinh\left(\frac{y_G}{R_0}\right)}{\cos\left(\frac{x_G - x_{G0}}{R_0}\right) + \cosh\left(\frac{y_G}{R_0}\right)}$$

Występujące w tym wzorze nowe zmienne R_0 i x_{G0} zdefiniowane są następująco:

■ R_0 oznacza średni (gaussowski) promień krzywizny powierzchni w punkcie głównym danej strefy (B_0, L_0). Poniższy wzór jest powszechnie znany w geodezji wyższej

$$R_0 = \sqrt{M_0 \cdot N_0} = \frac{a(1-e^2)^{1/2}}{1-e^2 \cdot \sin^2 B_0}$$

■ x_{G0} jest po prostu rzędną w odwzorowaniu Gaussa-Krügera punktu głównego danej strefy ($y_{G0} = 0$).

Do otrzymania ostatecznych współrzędnych w układzie „1965” pozostało nam uwzględnić skalę odwzorowania i współrzędne x_0, y_0 punktu głównego:

$$x_{65} = mx_Q + x_0$$

$$y_{65} = my_Q + y_0$$

I to już wszystko w zadaniu wprost.

Zadanie odwrotne

4. Płaszczyzna Roussilhe'a (quasi-stereograficzna) na płaszczyznę Gaussa-Krügera

Jedynie w tym miejscu wzorom brakuje finezji. Ponieważ nie udało mi się znaleźć wzorów ściślejszych na funkcję odwrotną, posiłkowałem się rozwinięciem w szereg. Na szczęście niezbyt długi i wystarczająco dokładny.

$$x_Q = \frac{x_{65} - x_0}{m}$$

$$y_Q = \frac{y_{65} - y_0}{m}$$

$$x_G = x_{G0} + x_Q - \frac{x_Q^3}{12R_0^2} + \frac{x_Q y_Q^2}{4R_0^2} + \frac{x_Q^5}{80R_0^4} - \frac{x_Q^3 y_Q^2}{8R_0^4} + \frac{x_Q y_Q^4}{16R_0^4} - \frac{x_Q^7}{448R_0^6} + \frac{3x_Q^5 y_Q^2}{64R_0^6} - \frac{5x_Q^3 y_Q^4}{64R_0^6} + \frac{x_Q y_Q^6}{64R_0^6} + \dots$$

$$y_G = y_Q - \frac{x_Q^2 y_Q}{4R_0^2} + \frac{y_Q^3}{12R_0^2} + \frac{x_Q^4 y_Q}{16R_0^4} - \frac{x_Q^2 y_Q^3}{8R_0^4} + \frac{y_Q^5}{80R_0^4} - \frac{x_Q^6 y_Q}{64R_0^6} + \frac{5x_Q^4 y_Q^3}{64R_0^6} - \frac{3x_Q^2 y_Q^5}{64R_0^6} + \frac{y_Q^7}{448R_0^6} + \dots$$

3. Płaszczyzna Gaussa-Krügera na płaszczyznę Lamberta I

$$X_L = x_G + R \cdot \sum_{j=1}^{\infty} w_{2j} \cdot \sin\left(2j \frac{x_G}{R}\right) \cdot \cosh\left(2j \frac{y_G}{R}\right)$$

$$Y_L = y_G + R \cdot \sum_{j=1}^{\infty} w_{2j} \cdot \cos\left(2j \frac{x_G}{R}\right) \cdot \sinh\left(2j \frac{y_G}{R}\right)$$

gdzie:

współczynniki w_2, w_4, w_6, w_8 są określone podobnie jak w zadaniu wprost:

$$w_2 = -\frac{1}{2}n + \frac{2}{3}n^2 - \frac{37}{96}n^3 + \frac{1}{360}n^4 + \dots$$

$$w_4 = -\frac{1}{48}n^2 - \frac{1}{15}n^3 + \frac{437}{1440}n^4 + \dots$$

$$w_6 = -\frac{17}{480}n^3 + \frac{37}{840}n^4 + \dots$$

$$w_8 = -\frac{4397}{161280}n^4 + \dots$$

2. Płaszczyzna Lamberta I (Mercatora) na całą sferę

$$\alpha = \frac{X_L}{R}, \quad h = 2 \arctg\left(e^{\frac{Y_L}{R}}\right) - \frac{\pi}{2}$$

Uwaga: e – podstawa logarytmu naturalnego.

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\cosh \sin \alpha}{1 - \cos^2 h \sin^2 \alpha}\right)$$

$$\lambda = \arctg\left(\frac{\sin h}{\cosh \cos \alpha}\right)$$

1. Cała sfera na całą elipsoidę

$$L = \lambda + L_0$$

$$B = \varphi + \sum_{j=1}^{\infty} k_{2j} \cdot \sin(2j\varphi)$$

gdzie:

współczynniki k_2, k_4, k_6, k_8 są określone podobnie jak poprzednio:

$$k_2 = 2n - \frac{2}{3}n^2 - 2n^3 + \frac{116}{45}n^4 + \dots$$

$$k_4 = \frac{7}{3}n^2 - \frac{8}{5}n^3 - \frac{227}{45}n^4 + \dots$$

$$k_6 = \frac{56}{15}n^3 - \frac{136}{35}n^4 + \dots$$

$$k_8 = \frac{4279}{630}n^4 + \dots$$

I to już wszystko w zadaniu odwrotnym.

Poprawki odwzorowawcze

Pełna definicja odwzorowania wymaga podania również poprawek odwzorowawczych długości, powierzchni, kierunku oraz zbieżności południków. Nie zamieszczam ich w artykule, aby nie zamęczyć czytelników wzorami. Użytkownicy mają tutaj duże możliwości wyboru. Najprostszym wariantem to sięgnąć do definicji w wytycznych technicznych G-1.10, alternatywę stanowi zastosowanie wzorów podanych w różnych pracach (patrz literatura).

Dokładności podanych wzorów

Najlepsze zostawiłem na koniec. Wzory w znacznej części są ściśle, a w przypadku rozwinięć zastosowane zostały szeregi trygonometryczne, dzięki czemu uzyskuje się dokładności przeliczeń daleko wyższe i dla znacznie większego obszaru niż w przypadku rozwinięć w szeregi potęgowe.

Wykonałem dwojakiego rodzaju sprawdzenie poprawności wyznaczenia współrzędnych tą metodą:

1. przez porównanie z innymi znanymi formułami odwzorowania quasi-stereograficznego (znam 4, w tym oficjalne z „zielonej książki” definiującej układ „1965”) oraz rozwinięciami wielomianowymi: swoimi i zewnętrznymi z programu znajdującego się w Banku Osnów. W granicach przedziałów stosowności dla poszczególnych stref otrzymałem identyczne wyniki z najdokładniejszymi (poniżej 0,0001 m dla oficjalnych wzorów i wielomianów). Poza granicami tych obszarów najbliższe, ale mniej dokładne wyniki dawało oficjalne rozwinięcie odwzorowania quasi-stereograficznego;

2. przez wykonanie przejścia wprost $BL \rightarrow xy$ i powrót $xy \rightarrow BL$. W tym przypadku podane wzory były bezkonkurencyjne. Obszar stosowności, dla którego wzory zapewniają uzyskanie dokładności 0,0001 m, wynosi ponad 8° (około 1000 km, całkiem duży kawałek Europy) od przyjętego punktu głównego. Część związana z odwzorowaniem Gaussa-Krügera ma nawet większy zasięg stosowności.

Uwagi dla dociekliwych

Tworząc procedury obliczeniowe, można powyższe wzory optymalizować, uwzględniając fakt, że współczynniki $W_2, W_4, W_6, W_8; w_2, w_4, w_6, w_8; k_2, k_4, k_6, k_8$ oraz R związane są jedynie z elipsoidą odniesienia, zatem będą identyczne dla wszystkich stref (również dla strefy V) i mogą zostać wyznaczone jednokrotnie. R_0 i x_{G0} są identyczne w ramach każdej ze stref. Pełniejsze opisy stosowanych rozwinięć czytelnicy mogą znaleźć w dołączonej literaturze.

Inne metody wyznaczeń współrzędnych xy w układzie „1965”

Istnieje możliwość korzystania z rozwinięć wielomianowych realizujących te same zadania:

1. Wielomianami konforemnymi. Według mnie jest to najmniej efektywna metoda, gdyż wielomiany konforemne stopnia 4 realizują przejście xy na xy między odwzorowaniami konforemnymi (stosowane jest przejście między Gauss-Krügerem i Roussilhe'm, czyli punkt 4), a następnie i tak należy zdefiniować przejście $BL \rightarrow xy$ lub $xy \rightarrow BL$ dla odwzorowania Gauss-Krügera.

2. Wielomianami ogólnymi. Ten rodzaj wielomianów umożliwia bezpośrednie przejście $BL \rightarrow xy$ i odwrotnie. Ceną jest wyższy stopień wielomianu (5) konieczny do osiągnięcia tego samego wyniku. Niewątpliwym zyskiem jest wyeliminowanie wszystkich pośrednich etapów. Takie wielomiany (oraz przejścia do układu EUREF-89/PSWG-92) zostały wyznaczone przeze mnie w 1997 roku, w trakcie pracy w Departamencie Geodezji GUGiK, a następnie przekazane wraz z dokumentacją do Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej, gdzie są odpłatnie udostępniane zainteresowanym.

Wnioski

Przestawiony sposób realizacji odwzorowania dowodzi, że ogólne definicje są często znacznie bardziej przejrzyste i dokładniejsze od ich aproksymacji szeregami potęgowymi. Również czasochłonność obliczeń może być porównywalna z wykonywanymi wielomianami konforemnymi czy zwykłymi. Dla mnie osobiście

największą zaletą jest jednak możliwość rozwiązania jednym zestawem wzorów wszystkich wariantów układów bazujących na odwzorowaniach Gaussa-Krügera i quasi-stereograficznego. Punkty od 1 do 3 definiują odwzorowanie Gaussa-Krügera, i to z dokładnością spełniającą wymogi każdego ze stosowanych w Polsce układów – „1942”, PSWG-92, UTM. Wystarczy jedynie podstawić odpowiednie stałe dodawania x_0 , y_0 , skalę w południku osiowym m oraz jego długość geograficzną geodezyjną L_0 . Podobnie ma się sprawa z odwzorowaniem quasi-stereograficznym w przypadku układów państwowych – „1965”, „1965-86”, GUGiK-80, a nawet przedwojennego układu WIG-owskiego.

Autor jest pracownikiem Zakładu Geodezji Planetarnej Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie. Będzie wdzięczny za wszelkie uwagi (przede wszystkim krytyczne, ale konstruktywne) odnośnie podanej metody oraz dalszego uproszczenia wzorów (jeżeli jest to możliwe); e-mail: leszek@cbk.waw.pl

Literatura:

- [1] Jerzy Balcerzak, *Projective reductions in the Roussilhe projection*, „Geodezja i Kartografia”, t. XLVI, z. 4 (s. 254-261), 1997
- [2] Franciszek Biernacki, *Podstawy teorii odwzorowań kartograficznych*, PWN, 1973
- [3] Idzi Gajderowicz, *Kartografia matematyczna dla geodetów*, skrypt ART, 1991
- [4] Jan Panasiuk, Jerzy Balcerzak, Bogusław Gdowski, *The Importance of Professor Franciszek Biernacki's Accomplishments in the Development of the Theory of Cartographic Projections*, „Geodezja i Kartografia” t. XLVI, z. 2 (s. 127-132), 1997
- [5] Jan Panasiuk, Jerzy Balcerzak, Urszula Pokrowska, *Wybrane zagadnienia z podstaw teorii odwzorowań kartograficznych*, Skrypt PW, 1995
- [6] *Instrukcja techniczna O-1*
- [7] *Wytyczne techniczne G-1.10*

Sprzęt geodezyjny firm: NIKON, TOPCON, SOKKIA, BERGER, BHI i innych

Sprzęt kreślarski firm: STANDARDGRAPH-MECANORMA, KIN, ROTRING, STAEDTLER

Światłokopiarki firm: REGMA, NEOLT

Materiały eksploatacyjne firm: REGMA, RENKER

Materiały do ploterów – papiery, folie, kalki
Folie kserograficzne

Pomocniczy sprzęt geodezyjny: ruletki, piony, węgielnice, łaty, tyczki, lustra, statywy

GEOZET S.C.

01-018 Warszawa, ul. Wolność 2a, tel./faks 838-41-83