

TOMASZ PANECKI
Zakład Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego
tpanecki@uw.edu.pl

Problemy kalibracji mapy szczegółowej Polski w skali 1:25 000 Wojskowego Instytutu Geograficznego w Warszawie

Zarys treści. W artykule omówiono sposoby kalibracji mapy szczegółowej Polski WIG. Z uwagi na dużą liczbę arkuszy do przetworzenia (prawie 1400), głównym założeniem było maksymalne zautomatyzowanie procedury. Za pomocą wygenerowanego indeksu przestrzennego o oczkach siatki odpowiadających podziałowi arkuszowemu mapy i w odpowiednim układzie odniesienia, ręcznie uzyskano informacje o współrzędnych geograficznych z narożników arkuszy, po czym zastosowano skrypt, za pomocą którego dopasowano arkusze do indeksu przestrzennego. Problemem okazał się niejednorodny układ odniesienia mapy szczegółowej 1:25 000. Po nieudanej próbie kalibracji w układ „Borowa Góra”, podzielono arkusze według obszarów byłych zaborów i zastosowano układy odniesienia charakterystyczne dla każdego z nich – „Deutsches Hauptdreiecksnetz” (DHDN) dla pruskiego, „Hermannskogel” dla austriackiego i elipsoidę Żylińskiego dla rosyjskiego. Z uwagi na wciąż niezadowalające efekty, wydzielono dodatkowe obszary, na których zastosowano układ DHDN i „Borowa Góra”, minimalizując dotychczasowe błędy kalibracji.

Słowa kluczowe: Wojskowy Instytut Geograficzny, mapa szczegółowa 1:25 000, kalibracja map, GIS historyczny, Manifold System

1. Wprowadzenie

Mapy archiwalne stanowią istotny materiał źródłowy w badaniach nad dawnym krajobrazem i dlatego cieszą się zainteresowaniem nie tylko geografów, ale także geologów, botaników, archeologów i historyków. W dobie analiz komputerowych efektywne badanie stanu środowiska przedstawianego na dawnych mapach wymaga nadania im poprawnej georeferencji. Zagadnienie to jest przedmiotem zainteresowania zarówno geografów jak i historyków wyko-

rzystujących w badaniach systemy informacji geograficznej. Analizowano możliwości kalibracji map K. Perthéesa i mapy Kwaternistrzostwa (B. Szady 2008), archiwalnych map austriackich opartych na zdjęciach józefińskim i franciszkowskim (A. Affek 2012, 2013; B. Sobala 2012) i dawnych map morskich lodów Arktyki (K. Lange 2013). Zwrócono uwagę na główne trudności kalibracji takich map, tj. nie tylko ich niepewne podstawy matematyczne (odwzorowanie, elipsoida odniesienia), których wprowadzenia wymagają programy GIS, ale również niedokładność położenia obiektów wynikającą ze stosowanych ówczesnie instrumentów geodezyjnych.

Spośród map dotychczas analizowanych pod tym kątem, mapa szczegółowa Polski w skali 1:25 000 Wojskowego Instytutu Geograficznego jest najmłodsza i stosunkowo dobrze udokumentowana. O mapach sprzed 1945 roku pisano w okresie międzywojennym na łamach „Wiadomości Służby Geograficznej” (np. J. Słomczyński 1933), a po wojnie stały się one przedmiotem zainteresowania kilku badaczy (B. Krassowski 1973, E. Sobczyński 2000).

W odróżnieniu do wcześniejszych badań nad kalibracją map archiwalnych (B. Szady 2008, A. Affek 2012, 2013; B. Sobala 2012, K. Lange 2013), celem tego artykułu jest przedstawienie sposobu półautomatycznej kalibracji mapy. Takie działanie uzasadnia fakt, że na obszar II Rzeczypospolitej wydano niemal 1600 arkuszy mapy szczegółowej 1:25 000 i ręczne przetwarzanie takiej ich liczby byłoby bardzo czasochłonne. Ponadto, kalibracja mapy szczegółowej jest okazją do bliższego spojrzenia na jej podstawy matematyczne, a w szczególności elipsoidę odniesienia.

2. Mapa szczegółowa w skali 1:25 000 Wojskowego Instytutu Geograficznego

Mapa szczegółowa wydawana w latach 1919–1939 nie była dziełem jednolitym, zarówno pod względem grafiki jak i – co istotne w kontekście jej kalibracji – w zakresie podstaw matematycznych (elipsoida odniesienia, odwzorowanie). Tak jak w przypadku pozostałych map topograficznych opracowanych przez Wojskowy Instytut Geograficzny w latach międzywojennych, można wyróżnić kilka okresów jej opracowania (B. Krassowski 1973).

W pierwszych latach po odzyskaniu niepodległości, do 1922 roku, mapy w skali 1:25 000 wydawane były rzadko i wyłącznie jako reprodukcje map zaborczych: austriackich (*Militär-Aufnahme-sektion* 1:25 000), niemieckich (*Messtischblatt* 1:25 000) i rosyjskich (półwiorstówka 1:21 000 lub jednowiorstówka 1:42 000). Formaty arkuszy ($6' \times 10'$ i południk początkowy Ferro map niemieckich oraz map rosyjskich $5' \times 9'$ z południkiem Pułkowo), grafika oraz nazewnictwo pozostawały niezmienione, a treść map nie była aktualizowana.

Od 1923 do 1928 roku opracowywano kolejne arkusze na podstawie map zaborczych, wprowadzając zmiany treści i grafiki. Arkusze były sprawdzane w terenie, a nazewnictwo zmieniano na polskie. Wydawano także wersje czterobarwne z nadrukowaną siatką kilometrową (meldunkową). Wydano łącznie 70 arkuszy tego typu.

Od końca lat dwudziestych prowadzono prace nad typem „normalnym” mapy szczegółowej. Materiałami źródłowymi były przede wszystkim wielkoskalowe mapy zaborcze oraz fragmentarycznie zdjęcie terenowe WIG-u. Ustanowiono jednolitą wielkość arkusza ($5' \times 10'$) i południk początkowy Greenwich. Przyjęto także odwzorowanie wielościenne dla arkuszy opracowanych na podstawie materiałów zaborczych i quasi-stereograficzne Roussilhe'a dla oryginalnych zdjęć stolikowych. Mapy z zasady wydawano w wersji jednobarwnej, chociaż kilkadziesiąt arkuszy miało brązowe poziomicę lub niebieskie wody. 30 arkuszy opracowano jako „wersję turystyczną”, przeważnie w pięciu barwach wraz z fioletowo-szarym cieniowaniem (E. Sobczyński 2000).

Podczas prac nad typem „normalnym” wydawano nadal przedruki map zaborczych. W takim wypadku zmieniano jedynie cięcie arkusza (na

$5' \times 10'$) zachowując niezmienną treść. Zmiana cięcia arkuszy map zaborczych sprawiała, że nierzadko na jeden arkusz mapy szczegółowej przypadają dwa lub więcej arkuszy mapy przedrukowywanej, co niekorzystnie wpływało zarówno na grafikę (widoczne linie łączeń) jak i kartometryczność. Szczególnie dużo tego typu opracowań wydawano w okresie napięć politycznych na obszarach przygranicznych, np. na pograniczu polsko-czechosłowackim w drugiej połowie lat trzydziestych.

Obszar przedwojennej Polski pokrywało około 3900 arkuszy, z których do 1939 roku opracowano 1580 arkusze (typ „normalny” oraz przedruki), tj. 40,4% ogólnej ich liczby (B. Krassowski 1973).

3. Założenia kalibracji i dane wejściowe

Podstawowym założeniem kalibracji była kartometryczność mapy szczegółowej 1:25 000, opartej na wysokiej jakości pomiarach terenowych, której osnowę geodezyjną stanowiła triangulacja. Z literatury znana jest elipsoida odniesienia (elipsoida Bessela z 1841 r.) i odwzorowanie (wielościenne lub quasi-stereograficzne). Do poprawnej kalibracji powinny zatem wystarczyć cztery punkty kontrolne rozmieszczone w narożnikach arkuszy wraz z ich współrzędnymi geograficznymi oraz współrzędnymi pikseli (x, y) cyfrowego obrazu mapy. Z tego względu, zastosowano transformacje zakładające jedynie przesunięcie, zmniejszenie (parametr skali) i obrót cyfrowego obrazu mapy.

Ze względu na dużą liczbę arkuszy (1339 dostępnych godet), głównym problemem kalibracji mapy szczegółowej było jak największe zautomatyzowanie procesu. Nadawanie georeferencji każdemu arkuszowi z osobną poprzez odczytywanie wartości współrzędnych geograficznych w jego narożnikach, wprowadzenie ich do odpowiedniego modułu oprogramowania GIS oraz wybranie docelowego układu odniesienia i rodzaju transformacji byłoby niezwykle czasochłonne.

Automatyzacja polegała na wygenerowaniu indeksu przestrzennego w postaci siatki wektorowej (obiekt typu *polygon*) o oczku odpowiadającym cięciu arkuszowemu mapy szczegółowej, tj. $5' \times 10'$. Następnie, po dodaniu oczkom siatki informacji o godłach, utworzono połączenia między indeksem (tj. siatką wraz z godłem) a zeskanowanymi mapami. Kolejnym etapem pracy

było ręczne pozyskanie wartości współrzędnych geograficznych pochodzących z narożników arkuszy mapy i wprowadzenie ich do bazy danych. W ten sposób, dysponując przestrzennym indeksem wraz ze współrzędnymi geograficznymi pozyskanymi automatycznie (funkcja *extract coordinates*), ręcznie odczytanymi współrzędnymi geograficznymi z narożników arkuszy oraz informacją o połączeniu (relacji) oczka siatki z odpowiadającym mu plikiem *.jpg można było przystąpić do kalibracji. Zastosowano przy tym skrypt, który automatycznie dopasowywał po kolei zeskanowane arkusze do odpowiadających im oczek siatki, tj. przypisane zostały im informacje o układzie odniesienia, odwzorowaniu oraz współrzędnych geograficznych właściwych każdemu arkuszowi. Każdy plik po otrzymaniu georeferencji w zadanym układzie odniesienia był transformowany do układu WGS-84.

Zaletą zautomatyzowanego podejścia jest możliwość kontrolowania jakości danych – wszystkie wartości współrzędnych, które wymagane są do kalibracji (współrzędne geograficzne materiału referencyjnego, tj. siatki wektorowej, współrzędne geograficzne zeskanowanych arkuszy mapy oraz odpowiadające im współrzędne pikseli) zapisane są w bazie danych jako atrybuty. Można także zmieniać docelowy układ odniesienia kalibrowanych rastrów poprzez zmianę układu odniesienia indeksu przestrzennego stanowiącego materiał referencyjny przy kalibracji mapy szczegółowej Polski. Wizualna ocena tych transformacji była dokonywana na podstawie porównywania skalibrowanych map z tym pochodzącymi z serwisu Google Maps, co pozwoliło zachować jednolitość materiału porównawczego na całym obszarze, który obejmuje, poza Polską, także Białoruś, Litwę i Ukrainę.

Proces kalibracji został przeprowadzony w programie „Manifold System” podczas projektu realizowanego w firmie „Cartomatic”.

Chociaż nadawanie georeferencji zostało przeprowadzone na wszystkich dostępnych arkuszach (1339 godel), to na potrzeby artykułu dokładniejszej analizie poddano siedem arkuszy: dwa z zaboru austriackiego (P51 S32 D „Muszyna”, P50 S41 F „Zbaraż-Południe”), dwa z obszaru zaboru niemieckiego (arkusz P38 S26 C „Kruszwica”, P30 S27 F „Hel”) oraz trzy z terenów zaboru rosyjskiego (P38 S27 A

„Bachorce”, P30 S40 H „Skorbuciany”, P39 S32 H „Warszawa-Praga”).

W kontekście kalibracji warto omówić arkusze map pod względem ich podstaw matematycznych, wykorzystanych materiałów źródłowych i lat wydania. Arkusz „Muszyna” to jedyny spośród nich, który opracowano w wersji wielobarwnej. Wydany został w 1935 r. w tzw. wersji turystycznej, a źródłem do jego opracowania było austriackie zdjęcie topograficzne z 1875 r. sprawdzone w terenie w 1933 roku. Arkusz „Zbaraż-Południe” został wydany w 1939 r., a materiałem źródłowym było austriackie zdjęcie stolikowe z 1893 r. zaktualizowane w 1938 roku. Arkusz „Kruszwica” wydano w roku 1934, a jako podkład wykorzystano sprawdzone w 1933 r. niemieckie zdjęcie topograficzne z 1888 r. Arkusz „Hel” pochodzi z 1938 r. i podobnie jak w przypadku arkusza „Kruszwica” bazował na niemieckim zdjęciu stolikowym z 1908 r., sprawdzonym w 1937 roku. Leżący na pograniczu zaborów niemieckiego i rosyjskiego arkusz „Bachorce” wydano w 1936 r., a materiałem źródłowym było niemieckie zdjęcie topograficzne z roku 1908 oraz w mniejszym stopniu zdjęcie rosyjskie z 1903 roku. Z kolei arkusz „Skorbuciany” z 1935 jako jedyny spośród omawianych został opracowany na podstawie zdjęcia topograficznego WIG-u z roku 1933. Arkusz „Warszawa-Praga” (1934), podobnie jak arkusz „Bachorce”, opierał się na dwóch materiałach źródłowych: zdjęciach rosyjskich z lat 1889–1890 oraz zdjęciu polskim z 1925 roku.

4. Kalibracja

4.1. Jednolity układ „Borowa Góra”

Pierwszą próbą kalibracji było przetworzenie arkuszy wykorzystujące parametry układu „Borowa Góra”: elipsoidy Bessela z 1841 r. i odwzorowania wielościennego lub quasi-stereograficznego (w zależności od roku wydania arkuszy).

Śród siedmiu analizowanych arkuszy, jedynie arkusz „Skorbuciany” został skalibrowany dostatecznie poprawnie, a treść z mapy WIG-u była niewiele przesunięta w stosunku do materiału z warstwy referencyjnej (Google Maps) (ryc. 1). Treść pozostałych arkuszy cechowała się znacznymi (200–300 m) przesunięciami względem materiału referencyjnego zarówno

wzdłuż południków jak i równoleżników. Dzięki poprawnie skalibrowanym arkuszom niemieckiej mapy w skali 1:25 000 (*Messtischblatt*)¹ porównano treść oraz jej przesunięcia na arkuszach „Hel” i „Kruszwica”, dla których mapa niemiecka była materiałem źródłowym. Okazało się, że w stosunku do mapy niemieckiej treść mapy szczegółowej przesunięta jest o jed-

4.2. Układy odniesień w poszczególnych zaborach

Przed 1918 rokiem ziemie polskie były pokryte osmioma sieciami triangulacyjnymi. W byłym zaborze pruskim były dwie powiązane ze sobą sieci: Rauenberg i Potsdam-Helmertturm, obie oparte na elipsoidzie Bessela, tworzące układ



Ryc. 1. Kalibracja arkusza „Skorbuciany” na układ „Borowa Góra”. Kółkiem oznaczono zbieżność przebiegu dróg na kalibrowanej mapie i mapie referencyjnej, co wskazuje na dostateczną jakość kalibracji

Fig. 1. Calibration of the “Skorbuciany” sheet to the “Borowa Góra” system. The circle marks the convergence of roads on the calibrated map and on the reference map, which indicates sufficient calibration quality

nolity wektor. Próby kalibracji tych arkuszy przy wykorzystaniu jako warstwy referencyjnej mapy niemieckiej przyniosły dobre rezultaty, a obydwa arkusze uzyskały poprawną georeferencję. Zamiast narożników arkuszy ze współrzędnymi geograficznymi, do kalibracji wykorzystano charakterystyczne punkty (skrzyżowania dróg, kościoły).

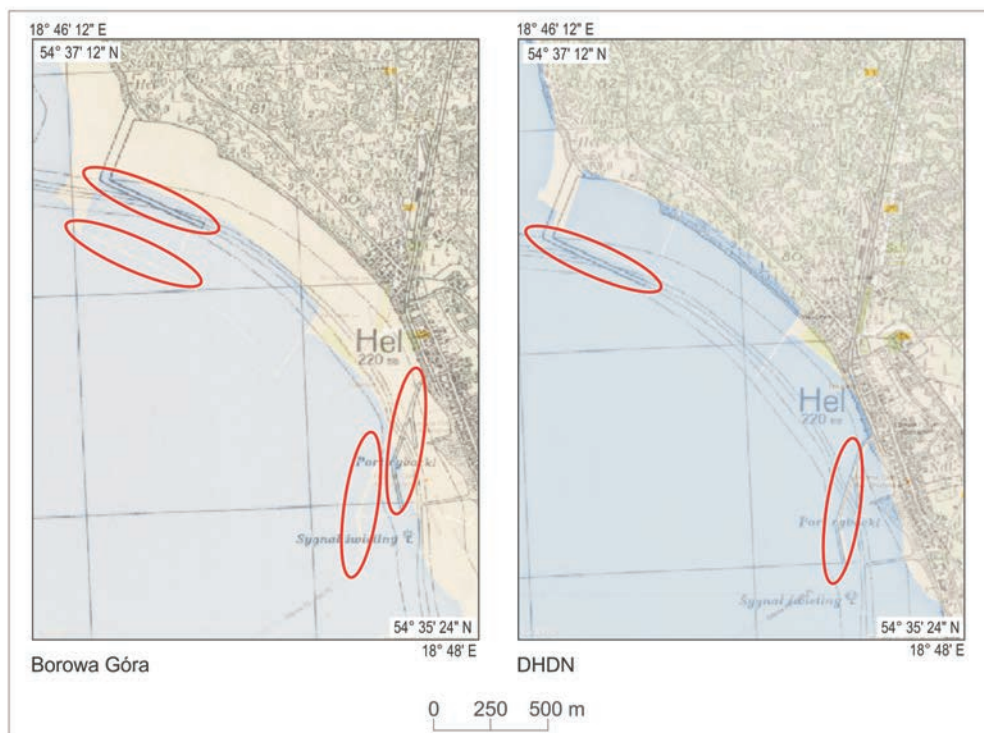
Oznacza to, że mapa szczegółowa nie została opracowana w jednolitym układzie odniesienia i do jej poprawnej kalibracji potrzebna jest znajomość parametrów układów odniesienia stosowanych na ziemiach polskich przed odzyskaniem niepodległości w 1918 roku.

„Deutsches Hauptdreiecksnetz” (DHDN) z południkiem zerowym Ferro. Triangulacja na obszarze zaboru rosyjskiego składała się z czterech sieci: największej, opartej na elipsoidzie wyrównującej Żylińskiego z punktem wyjścia w Warszawie (tzw. triangulacja warszawska), dwóch układów z punktem wyjścia w Dorpacie (elipsoida Bessela) oraz pokrywającego wschodnią część ziem II Rzeczypospolitej układu opartego na elipsoidzie Walbecka (punkt wyjścia Niemież). Długość geograficzną liczono od obserwatorium w Pułkowie. W zaborze austriackim powierzchnią odniesienia była elipsoida Bessela, na której został oparty układ „Hermannskogel” z punktem wyjścia w Wiedniu. Południkiem zerowym był austriacki południk Ferro, różniący się od Ferro niemieckiego o 11” (J. Słomczyński 1933).

¹ Kalibracja niemieckich map topograficznych 1:25 000 (*Messtischblatt*) odbywała się podczas realizacji tego samego projektu w firmie „Cartomatic”.

Spośród analizowanych arkuszy dwa należą do układu DHDN („Hel” i „Kruszwica”), trzy arkusze do układu opartego na elipsoidzie Żylińskiego („Bachorce”, „Warszawa-Praga” i „Skorbuciany”) oraz dwa („Muszyna” i „Zbaraż-Południe”) do układu „Hermannskogel”.

nych geograficznych pochodzących z układu DHDN (ryc. 2). Korzystając z parametrów układu „Hermannskogel” (A. Affek 2013) podjęto również próbę kalibracji arkuszy „Muszyna” i „Zbaraż-Południe” z obszaru zaboru austriackiego. W tym przypadku, podobnie jak podczas próby



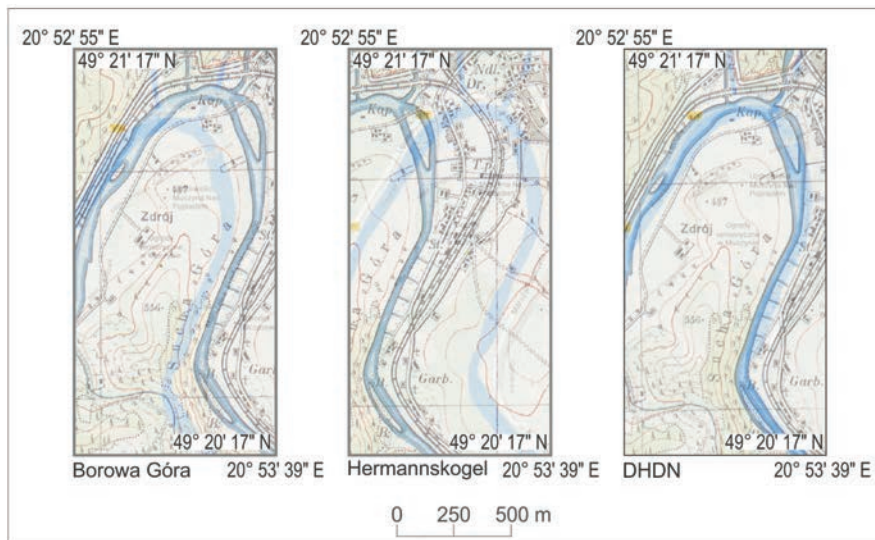
Ryc. 2. Kalibracja arkusza „Hel” na układ „Borowa Góra” i „DHDN”. Elipsami oznaczono przykładowe przesunięcie treści (infrastruktura portowa) przy kalibracji na układ „Borowa Góra” oraz brak takiego przesunięcia przy kalibracji na układ „DHDN”. Wskazuje to na znacznie lepsze efekty kalibracji na podstawie współrzędnych geograficznych z układu „DHDN”

Fig. 2. Calibration of the „Hel” sheet to the „Borowa Góra” and the „DHDN” systems. The ellipses mark instances of contents shifts (harbor infrastructure) while calibrating to the „Borowa Góra” system and the lack thereof while calibrating to the „DHDN” system. This indicates that the results of the calibration on the basis of geographical coordination from the „DHDN” system are much better

Po wybraniu odpowiednich parametrów układów odniesień w programie Manifold System przystąpiono do kalibracji. Arkusze „Hel” i „Kruszwica” z obszaru zaboru niemieckiego, które uzyskały w poprzedniej próbie poprawną georeferencję przy zastosowaniu mapy referencyjnej (*Messtischblatt*), zostały skalibrowane poprawnie także przy wykorzystaniu współrzęd-

kalibracji z wykorzystaniem układu „Borowa Góra”, pojawiły się bardzo duże błędy położenia obiektów sięgające nawet 500 m (ryc. 3).

O ile w przypadku układów odniesienia w zaborach austriackim i niemieckim, ich parametry były zdefiniowane w programie Manifold System (układ DHDN) lub w literaturze (A. Affek 2013), to parametry elipsoidy wyrównującej



Ryc. 3. Kalibracja arkusza „Muszyzna” na układ „Borowa Góra”, „Hermannskogel” i „DHDN”. Widoczne przesunięcia przebiegu rzeki w stosunku do mapy referencyjnej pokazują różnice położenia obiektów w tych układach odniesienia w wyniku kalibracji

Fig. 2. Calibration of the “Muszyzna” sheet to the “Borowa Góra” system, the “Hermannskogel” system and the “DHDN” system. The apparent shifts of river course in relation to the reference map show the differences of object location in these reference systems in result of calibration

Żylińskiego trzeba było wprowadzić ręcznie na podstawie informacji z materiałów międzywojennych (J. Słomczyński 1933; J. Michałowski, T. Sikorski 1932). Z *Katalogu punktów trygonometrycznych na obszarze RP* odczytano wartości współrzędnych punktów trygonometrycznych, zestawiono je z wartościami współrzędnych tych samych punktów pochodzących z elipsoidy WGS-84 i przeliczono za pomocą odwrotnych wzorów Mołodieńskiego (program ILWIS *Inverse Molodensky*). Otrzymane wartości dX , dY i dZ (w metrach) pozwoliły określić przesunięcie między elipsoidami (A. Affek 2012). Pomimo tych zabiegów, efekty kalibracji arkuszy „Bachorce”, „Warszawa-Praga” i „Skorbuciany” wciąż były niezadowalające, a błędy położenia obiektów nawet większe niż w przypadku poprzedniej próby i oscylowały wokół 300 m (ryc. 4).

4.3. Poprawa jakości kalibracji

Kolejną możliwością poprawienia jakości kalibracji było przeanalizowanie arkuszy o błędnie

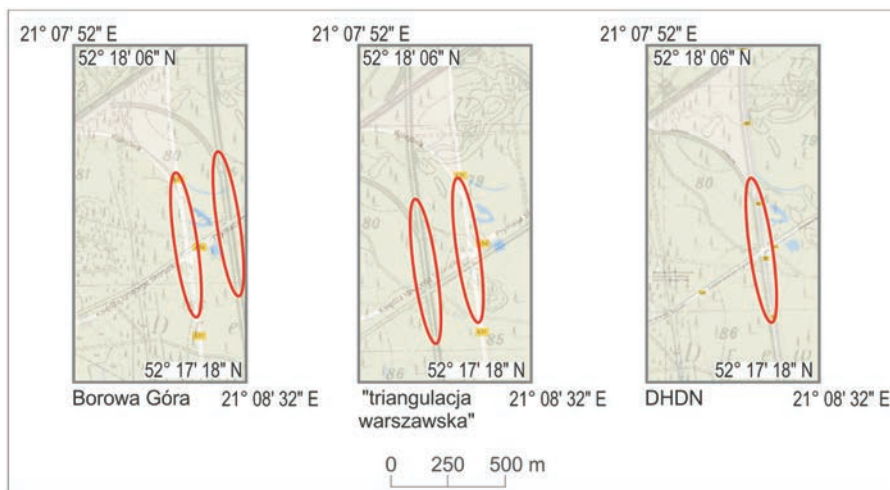
nadanej georeferencji pod względem materiałów źródłowych, na których były oparte. Dla niektórych arkuszy leżących w obrębie danego układu odniesienia podkładem były mapy zaborcze pochodzące z innego układu, np. arkusz „Bachorce”, który mimo że znajdował się na obszarze tzw. triangulacji warszawskiej (elipsoida Żylińskiego), to w większości został opracowany na podstawie niemieckiego zdjęcia topograficznego.

Transformacja tego arkusza z wykorzystaniem układu DHDN (takiego jak na niemieckiej mapie topograficznej 1:25 000) pozwoliła zmniejszyć przesunięcia obiektów z około 300 m (układ „Borowa Góra”) do 100 m (DHDN). Podjęto zatem próbę kalibracji pozostałych arkuszy z obszaru tzw. triangulacji warszawskiej wykorzystując parametry elipsoidy niemieckiej. W przypadku arkusza „Warszawa-Praga”, którego treść po kalibracji (układ „Borowa Góra”) różni się z treścią mapy referencyjnej o około 250–300 m, uzyskał teraz poprawną georeferencję (ryc. 4).

Mimo że ten arkusz mapy szczegółowej oparty był wyłącznie na pomiarach rosyjskich

z 1889 i 1890 r. oraz uzupełniająco na zdjęciu stolikowym WIG-u z 1925 roku, lepsze efekty kalibracji uzyskano wykorzystując współrzędne geograficzne pochodzące z niemieckiego układu DHDN niż z tzw. triangulacji warszaw-

„Skorbuciany”, który podobnie jak „Warszawa-Praga” i „Bachorce” leżał w obrębie triangulacji warszawskiej, został skalibrowany poprawnie już podczas pierwszej próby na układ „Borowa Góra”.



Ryc. 4. Kalibracja arkusza Warszawa-Praga na układ „Borowa Góra”, „triangulacja warszawska” i „DHDN”. Oznaczone elipsami skrzyżowania dróg wskazują na znaczne przesunięcia treści względem mapy referencyjnej w przypadku kalibracji na układ „Borowa Góra” i „triangulacja warszawska” oraz brak przesunięcia przy kalibracji na układ „DHDN”

Fig. 4. Calibration of the “Warszawa-Praga” sheet to the “Borowa Góra” system, “Warsaw triangulation” and “DHDN”. The road junctions marked with ellipses indicate a considerable shift of contents in relation to the reference map in the case of calibration to the “Borowa Góra” system and the “Warsaw triangulation” system and a lack of shift in the case of calibration to the “DHDN” system

skiej lub układu „Borowa Góra”. Wytlumaczenie takiego stanu rzeczy nie jest proste. Wiadomo, że okolice Warszawy objęto kartowaniem, którego podstawą była elipsoida wyrównująca Żylińskiego (J. Słomczyński 1933), więc współrzędne geograficzne z tej elipsoidy powinny dać dobre efekty przy kalibracji map tego obszaru. Z drugiej strony, wszystkie współrzędne geograficzne (przynajmniej po 1933 r.) miały być według J. Słomczyńskiego dopasowywane do triangulacji niemieckiej jako pomierzonej najdokładniej. Nie tłumaczy to jednak, dlaczego współrzędne geograficzne z elipsoidy DHDN stanowią dobrą podstawę do kalibracji np. arkusza „Warszawa-Praga”, a w przypadku arkusza „Bachorce” udało się je zmniejszyć z około 300 m do i tak niezbyt zadowalającego poziomu około 150 m. Jak wspominałem, arkusz

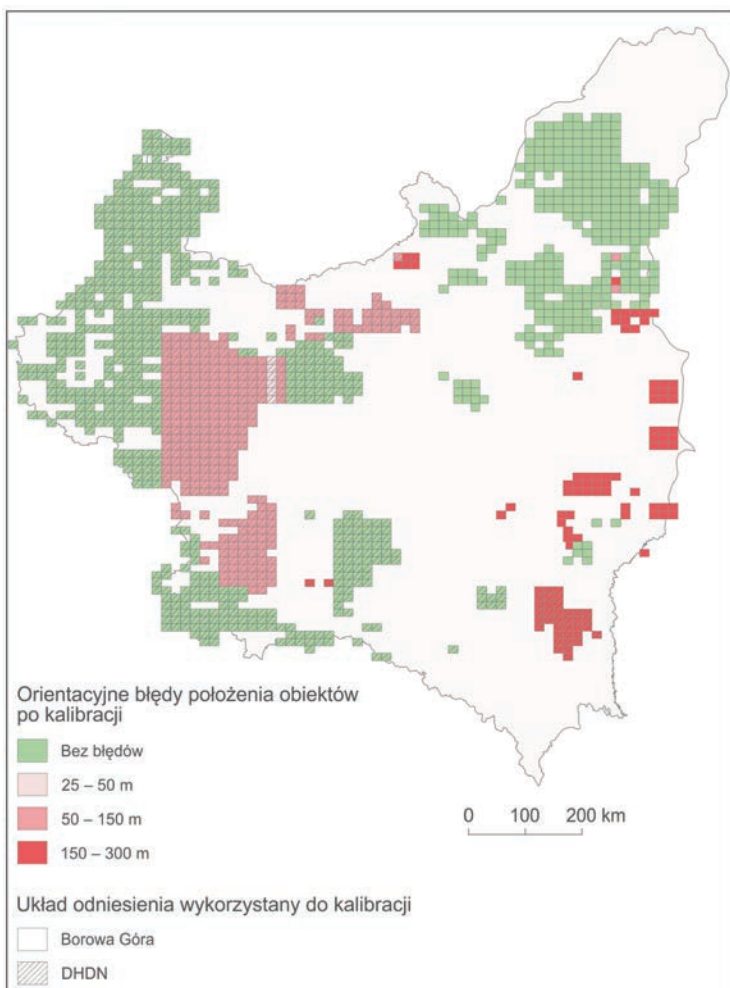
Podjęto również próbę kalibracji arkusza z obszaru zaboru austriackiego, korzystając z parametrów układu DHDN. Arkusz „Muszyna” został skalibrowany poprawnie, z błędami położenia nie większymi niż kilkanaście metrów (ryc. 3), a arkusz „Zbaraż-Południe” około 100–120 m, co z pewnością oznacza poprawę jakości kalibracji, lecz nie eliminuje przesunięć, jak chociażby w przypadku arkusza z zaboru niemieckiego lub arkusza „Warszawa-Praga”.

5. Wnioski

Pierwszym wnioskiem, jaki narzuca się po nadaniu georeferencji mapie szczegółowej Polski WIG-u jest fakt, że – wbrew dotychczasowym ustaleniom (B. Krassowski 1973, E. Sobczyński 2000) – z pewnością nie została ona

opracowana w spójnym, jednolitym układzie współrzędnych. Świadczą o tym przesunięcia treści analizowanych arkuszy o stały wektor przy kalibracji w układ „Borowa Góra” (z wyjątkiem arkusza „Skorbuciany”). Co więcej, podział na „strefy układów odniesienia” odpowiadające obszarom zaborów i powiązanie z nimi arkuszy

z zaboru austriackiego, podobnie jak zastosowanie jako materiału referencyjnego współrzędnych geograficznych z tzw. triangulacji warszawskiej arkuszom z zaboru rosyjskiego. Wyjątkiem jest obszar byłego zaboru niemieckiego, w którym obowiązującym układem był „Deutsches Hauptdreiecksnetz” (DHDN),



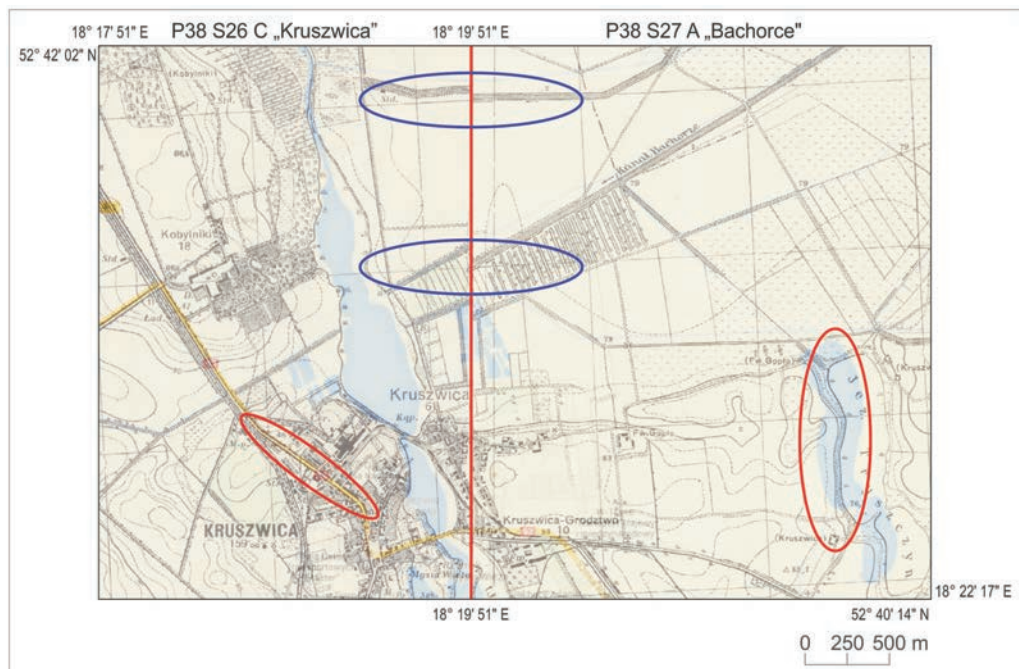
Ryc. 5. Wyniki kalibracji mapy szczegółowej Polski 1:25 000
Fig. 5. The results of calibration of the detailed map of Poland in 1:25,000

mapy szczegółowej również nie dało dobrych rezultatów przy nadawaniu im georeferencji.

Zastosowanie układu „Hermannskogel” nie przyniosło poprawy jakości kalibracji arku-

gdzie udało się uzyskać w pełni poprawną kalibrację.

Ostatecznie, chcąc uzyskać jak najlepszy efekt kalibracji, po analizie kilkudziesięciu ar-



Ryc. 6. Fragmenty arkuszy „Kruszwica” i „Bachorce”. Widoczna niespójność współrzędnych geograficznych i treści arkuszy pomiędzy słupem 26 i 27. Czerwona linia oznacza podział arkuszowy (współrzędne 18°20' E na mapie WIG, 18°19'51" E po przeliczeniu na elipsoidę „WGS-84”). Położenie treści na arkuszu „Kruszwica” zgadza się z treścią mapy referencyjnej, w przeciwieństwie do arkusza „Bachorce” (różnice położenia treści oznaczono na czerwono). Pomimo to siatka kilometrowa (w niebieskich elipsach) obydwu arkuszy nie jest wzajemnie przesunięta

Fig. 6. Fragments of the “Kruszwica” and the “Bachorce” sheets. Apparent inconsistency of geographic coordination and sheet contents between “26” and “27” sheet line system. The red line marks sheet division (coordinates 18°20' E on the WIG map, 18°19'51" E after calculation onto the “WGS-84” ellipsoid). The contents on the “Kruszwica” sheet is consistent with the contents of the reference map, unlike the “Bachorce” sheet (differences in contents layout have been marked in red). Even so, the kilometer grid (in blue ellipses) of both sheets is not shifted

kuszy sztucznie rozciągnięto układ DHDN jako materiał referencyjny na wschód i południe, wykorzystując dla pozostałych arkuszy układ „Borowa Góra”. Taki podział mapy szczegółowej na potrzebny jej kalibracji sprawił, że prawie 70% arkuszy zostało skalibrowanych poprawnie (ryc. 5).

Z drugiej strony, spójność mapy szczegółowej w aspekcie geometrycznym (liniowym i kątowym) potwierdzają próby kalibracji z wykorzystaniem kartometrycznego materiału referencyjnego, np. map topograficznych udostępnianych przez Geoportall w ramach usługi WMS (*Web Map Service*). Kalibracja z użyciem czterech punktów dostosowania (rozieszczonych według

charakterystycznych i trwałych punktów terenowych takich jak skrzyżowania dróg i mosty) oraz tych samych metod transformacji, jak w przypadku kalibracji automatycznej, dawała dla analizowanych arkuszy dobre efekty, a treść mapy szczegółowej korespondowała z treścią materiału referencyjnego. Taki sposób kalibracji dla wszystkich 1339 arkuszy wymagałby ręcznej obróbki każdego pliku z osobna i byłoby przez to niezwykle czasochłonne.

Wykorzystanie siatki kilometrowej (meldunkowej) do kalibracji mapy szczegółowej 1:25 000 byłoby niemożliwe. Po pierwsze – nie znajduje się ona na wszystkich arkuszach – zwłaszcza na przedrukach. Po drugie – niektóre arkusze

dostępne są w wydaniu niemieckim jako *Topographische Karte 1:25 000* i mają siatkę topograficzną *Deutsche Gitternetz* z układu DHDN. Wreszcie po trzeciej linii oddzielającej słupy 26 i 27 (południk 18° 20' E) jest granicą między arkuszami kalibrowanymi poprawnie z wykorzystaniem DHDN a tymi, które niezależnie od zdefiniowanego układu charakteryzują się znacznymi przesunięciami (około 100 m) (ryc. 6). Pomimo niedopasowania treści pomiędzy ar-

kuszkami słupów 26 i 27 zgadzają się wartości siatki kilometrowej. Pojawia się zatem kwestia poprawności współrzędnych – geograficznych z narożników arkuszy i topograficznych z siatki kilometrowej, które, jak pokazał przykład arkuszy „Kruszwica” i „Bachorce”, nie są spójne. To również zdaje się potwierdzać wniosek o niespójności mapy szczegółowej Polski 1:25 000 w aspekcie podstaw matematycznych.

Literatura

- Affek A., 2012, *Kalibracja map historycznych z zastosowaniem GIS*. W: *Źródła kartograficzne w badaniach krajoznawstwa kulturowego*, „Prace Komisji Krajoznawstwa Kulturowego” Nr 16, Sosnowiec, s. 48–62.
- Affek A., 2013, *Georeferencing of historical maps using GIS, as exemplified by the Austrian military surveys of Galicia*. „Geographia Polonica” Vol. 86, issue 4, s. 337–390.
- Krassowski B., 1973, *Polska kartografia wojskowa w latach 1918–1945*. Warszawa: Wydawn. MON.
- Lange K., 2013, *Kalibracja dawnych map zasięgu lodów morskich w Arktyce z zastosowaniem systemów informacji geograficznej*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 45, 2013, nr 4, s. 344–351.
- Michałowski J., Sikorski T., 1932, *Katalog punktów trygonometrycznych na obszarze RP*. „Biblioteka Służby Geogr.” T. 8.
- Słomczyński J., 1933, *Uzgodnienie wyników triangulacji na obszarze Polski*. „Biblioteka Służby Geogr.” T. 11, s. 5–67.
- Sobala M., 2012, *Zastosowanie austriackich map katastralnych w badaniach użytkowania ziemi w połowie XIX wieku*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 44, 2012, nr 4, s. 324–333.
- Sobczyński E., 2000, *Historia Służby Geograficznej i Topograficznej Wojska Polskiego*. Warszawa: Dom Wydawniczy Bellona.
- Szady B., 2008, *Zastosowanie systemów informacji geograficznej w geografii historycznej*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 40, 2008, nr 3, s. 279–283.

Problems with calibration of the detailed map of Poland in 1:25,000 published by the Military Geographical Institute (WIG) in Warsaw

Summary

Keywords: Military Geographical Institute, detailed map in 1:25,000, map calibration, historical GIS, Manifold system

The article aims to present a method of semi-automatic calibration of a detailed map of Poland in 1:25,000 published in 1920s and 1930s by the Military Geographical Institute in Warsaw. The necessity of semi-automatic calibration results from the large number of sheets (approx. 1400) which made manual processing impractical.

Although geo-reference was determined for all available sheets (1339), only seven of them are analyzed in the research paper: two from the former Austrian section of partitioned Poland (P51 S32 D „Muszyna”, P50 S41 F „Zbaraż-Południe”), two from the former German section (sheet P38 S26 C „Kruszwica”, P30 S27 F „Hel”) and three from the former Russian section (P38 S27 A „Bachorce”, P30 S40 H „Skorbuciany”, P39 S32 H „Warszawa-Praga”).

High level of detail of the map in 1:25,000 resulting from precise field measurements was assumed during the process of calibration. Thus, four control points in map corners together with their geographic coordination and pixel coordinates (x,y) should be sufficient for correct calibration. Scale, shift and rotate raster transformations were used.

Automation of calibration involved generating a spatial index in the form of a vector grid (polygon-type object) with a single field relating to the sheet division of the map in 1:25,000, i.e. 5'×10'. After adding sheet designation to the grid, a connection between the index (vector grid with sheet designation) and map scans was established. After that geographic coordinates from sheet corners were “manually” read and entered into the database. With the spatial index including automatically obtained geographic coordinates, “manually” read geographic coordinates from sheet corners and the relation between the grid fields and

the corresponding *.jpg file, it was possible to execute calibration. The script applied in the process automatically matched scanned sheets to corresponding grid fields, i.e. determined their reference system, projection and geographic coordinates. After acquiring geo-referential data, each file was transformed into a WGS-84 ellipsoid.

Map calibration to the "Borowa Góra" system did not bring good results, only the quality of the "Skorbuciany" sheet was sufficient (fig. 1). The contents of the remaining sheets was considerably shifted (by 200–300 m). In order to increase the calibration's precision, map sheets were divided according to the areas of former annexions of Poland and their respective reference systems were employed – "Deutsches

Hauptdreiecksnetz" (DHDN) for the former German section, "Hermannskogel" for the Austrian section and Żyliński's ellipsoid for the Russian section. The "Hel" and the "Kruszwica" sheets from the area of the former German section were properly calibrated to the DHDN system (fig. 2), but the contents of the remaining sheets was significantly shifted (figs. 3 and 4). Considering the fact that the effects of calibration were still insufficient, additional areas were distinguished, on which the "DHDN" and the "Borowa Góra" systems were applied thus minimizing previous mistakes. About 70 % of the sheets of the map in 1:25,000 were properly calibrated.

Translated by M. Horodyski