

Polish Cartographical Review

Suplement w języku polskim

TOM 9 • NR 1–2 • 2024



POLSKIE TOWARZYSTWO GEOGRAFICZNE
Oddział Kartograficzny

Polish Cartographical Review

Suplement w języku polskim

TOM 9 • NR 1–2 • 2024
Półrocznik

Polish Cartographical Review
do 2015 roku Polski Przegląd Kartograficzny



POLSKIE TOWARZYSTWO GEOGRAFICZNE
Oddział Kartograficzny

Warszawa

Redakcja

Beata Konopska – redaktor naczelna, Jerzy Siwek – sekretarz redakcji
Redaktorzy działowi: Dariusz Gotlib, Jolanta Korycka-Skorupa

Redaktor językowy: Ewa Wolnicz-Pawłowska

Współpraca: Paulina Waszkiewicz (Grafos), Mariusz Olczyk

Adres redakcji

Oddział Kartograficzny Polskiego Towarzystwa Geograficznego
Redakcja „Polish Cartographical Review”
ul. Krakowskie Przedmieście 30
00-927 Warszawa
e-mail: jrsiwek@uw.edu.pl

Strona internetowa Suplementu www.kartografia.org/pcr-ppk

„Suplement w języku polskim” jest dodatkiem do „Polish Cartographical Review”
niepodlegającym ocenie (punktacji) Ministerstwa Edukacji i Nauki

SPIS TREŚCI

ARTYKUŁY

Jakub K u n a, Tomasz P a n e c k i, Mateusz Z a w a d z k i: Metodyka scalania i georeferencji wieloarkuszowych map dawnych o nieregularnych cięciach na przykładzie Topograficznej Karty Królestwa Polskiego	5
Paweł P ę d z i c h: Dzieje kartografii matematycznej na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej	34

NOTATKI

Jerzy S i w e k: IX Szkoła Kartograficzna w Komorowie – wspomnienie po trzydziestu latach	47
---	----

RECENZJE

Beata Medyrńska-Gulij: Kartografia geomatycznie i geomedialnie. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2024 (<i>W. Spallek</i>)	50
Rzeczpospolita Polska. Mapa podziału administracyjnego. Skala 1:500 000. Opracowanie kartograficzne i wydanie: Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa 2024 (<i>M. Okonek</i>)	52
Zagraniczne piśmiennictwo kartograficzne 1968–2018. Opracowanie Zenon Kozieł i Małgorzata Kozieł. Polskie Towarzystwo Geograficzne, Oddział Kartograficzny; Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydawnictwo Naukowe. „Biblioteka Polskiego Przeglądu Kartograficznego” Tom 5, Toruń – Warszawa 2023 (<i>M. Piekuth</i>)	55

KRONIKA

Uchwała Sejmu RP w sprawie upamiętnienia Eugeniusza Romera w siedemdziesiątą rocznicę śmierci ...	58
Osiemdziesięciolecie urodzin doktora habilitowanego Wiesława Ostrowskiego (<i>Redakcja</i>)	60
Bibliografia publikacji doktora hab. Wiesława Ostrowskiego w latach 2014–2023 (<i>zest. JO</i>)	61
Prof. dr hab. inż. Janusz Gołaski 16 VIII 1929 – 15 VI 2024 (<i>J. Ostrowski</i>)	63
Wybrane publikacje prof. Janusza Gołaskiego	65
Prof. dr hab. Stanisław Białousz 12 XI 1938 – 10 X 2024 (<i>K. Osińska-Skotak</i>)	68
Wybrane publikacje prof. Stanisława Białousza	70
Działalność Oddziału Kartograficznego Polskiego Towarzystwa Geograficznego w roku 2023 (<i>D. Dukaczewski</i>)	72
Siódme seminarium z serii „Warsaw Spatial Humanities” (<i>T. Panecki</i>)	73
Seminarium Naukowo-Techniczne nt. „Eugeniusz Romer patronem Muzeum Geodezji i Kartografii” w Domu Muzealnym w Opatowie (<i>J. Ostrowski</i>)	74
Walne Zebranie Sprawozdawczo-Wyborcze Członków Oddziału Kartograficznego Polskiego Towarzystwa Geograficznego (<i>D. Dukaczewski</i>)	75
Konferencja amerykańskich geografów w Honolulu na Hawajach (<i>I. Karsznia, I. Ajdacka</i>)	76
Seminarium Naukowe „Geospatial Methods in Cold War History” w Kopenhadze (<i>M. Okonek</i>)	77
XXVI Posiedzenie Grupy Roboczej ds. Egzonimów oraz XXVIII Posiedzenie Sekcji Regionalnej Europy Środkowo-Wschodniej i Południowo-Wschodniej w Pradze (<i>M. Zych</i>)	79
Wystawa sprzętu, map i metod wizualizacji na Politechnice Warszawskiej w ramach Nocy Muzeów 2024 (<i>M. Okonek</i>)	82
IV Akademia Kartografii i Geoinformatyki „Modelowanie czasoprzestrzenne” we Wrocławiu (<i>W. Spallek</i>)	83

IX Konkurs Stowarzyszenia Kartografów Polskich im. Krzysztofa Buczkowskiego na Internetową Mapę Roku (<i>J. Bac-Bronowicz, P.J. Kowalski</i>)	86
Kartografia na Międzynarodowych Targach Książki w Warszawie (<i>M. Okonek</i>)	88
Otwarte seminarium Oddziału Kartograficznego Polskiego Towarzystwa Geograficznego oraz Zakładu Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Uniwersytetu Warszawskiego w roku akademickim 2023/2024 (<i>J. Siwek</i>)	89
Sto dwudzieste dziewiąte, sto trzydzieste i sto trzydzieste pierwsze posiedzenie Komisji Standaryzacji Nazw Geograficznych poza Granicami Rzeczypospolitej Polskiej (<i>M. Zych</i>)	91
Specjalne otwarte seminarium Oddziału Kartograficznego Polskiego Towarzystwa Geograficznego oraz Zakładu Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Uniwersytetu Warszawskiego (<i>I. Gołębiowska, K. Słomska-Przech, J. Korycka-Skorupa</i>)	95
Seminarium Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej 2024 ICA Workshop on AI, Geovisualization, and Analytical Reasoning „CartoVis24” na Uniwersytecie Warszawskim (<i>I. Gołębiowska, K. Słomska-Przech, J. Korycka-Skorupa</i>)	95
Europejska Konferencja Kartograficzna EuroCarto 2024 w Wiedniu (<i>A. Adolf, I. Ajdacka, M. Solarz</i>)	96
Uroczysta konferencja poświęcona jubileuszowi stulecia „Przeglądu Geodezyjnego” (<i>B. Konopska</i>)	98
XLVI Ogólnopolska Konferencja Kartograficzna w Olsztynie (<i>R. Pelc-Mieczkowska</i>)	100
Dwudzieste trzecie posiedzenie Bałtyckiej Sekcji Regionalnej Grupy Ekspertów ONZ ds. Nazw Geograficznych w Wilnie (<i>M. Zych</i>)	103
XXXV Ogólnopolska Konferencja Historyków Kartografii (<i>M. Dworsatschek</i>)	106
Nagrody za publikacje kartograficzne na XXXII Ogólnopolskim Przeglądzie Książki Krajoznawczej i Turystycznej (<i>W. Ostrowski</i>)	110
XV Ogólnopolski Konkurs Prac Dyplomowych z zakresu Kartografii, Geomatyki i Geoinformacji (<i>D. Gotlib</i>)	112
Sto trzydzieste drugie i sto trzydzieste trzecie posiedzenie Komisji Standaryzacji Nazw Geograficznych poza Granicami Rzeczypospolitej Polskiej (<i>M. Zych</i>)	112
Pierwsze w trzynastej kadencji posiedzenie Narodowego Komitetu do spraw Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej (<i>D. Dukaczewski</i>)	115
Pierwsza Azjatycka Konferencja Kartograficzna AsiaCarto 2024 w Hongkongu (<i>I. Karsznia, I. Ajdacka</i>)	117
Spotkanie i seminarium naukowe w Józefosławiu w siedemdziesiątą rocznicę utworzenia studiów kartograficznych na Politechnice Warszawskiej (<i>A. Głazewski, P.J. Kowalski</i>)	118
Habilitacje i doktoraty z zakresu kartografii w 2024 roku (<i>Redakcja</i>)	120
NOWOŚCI LITERURY	
Nowości literatury polskiej (<i>J. Ostrowski</i>)	121

CONTENTS

PAPERS

Jakub K u n a, Tomasz P a n e c k i, Mateusz Z a w a d z k i: Methodology of mosaicking and georeferencing for multi-sheet early maps with irregular cuts using the example of the Topographic Chart of the Kingdom of Poland	5
Paweł P ę d z i c h: The history of mathematical cartography at the Faculty of Geodesy and Cartography of the Warsaw University of Technology	34

NOTES	47
--------------------	----

REVIEWS	50
----------------------	----

REPORTS	58
----------------------	----

NEWS OF POLISH LITERATURE (<i>J. Ostrowski</i>)	121
--	-----

JAKUB KUNA¹, TOMASZ PANECKI², MATEUSZ ZAWADZKI¹¹ Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Katedra Geomatyki i Kartografii

jakub.kuna@umcs.pl; mateusz.zawadzki@umcs.pl

orcid.org/0000-0003-0169-3008; orcid.org/0000-0002-2126-2822

² Polska Akademia Nauk, Instytut Historii

Zakład Atlasu Historycznego

tpanecki@ihpan.edu.pl

orcid.org/0000-0003-3483-2035

Metodyka scalania i georeferencji wieloarkuszowych map dawnych o nieregularnych cięciach na przykładzie Topograficznej Karty Królestwa Polskiego

Zarys treści. Topograficzna Karta Królestwa Polskiego 1:126 000 (zwana potocznie „mapą Kwatermistrzostwa”, dalej TKKP) jest pierwszą polską nowożytną mapą topograficzną (1843). W ocenie historyków kartografii koncepcja Kwatermistrzostwa Generalnego Wojska Polskiego, założenia redakcyjne i wykonanie techniczne należały do najwyższych standardów pierwszej połowy XIX wieku. Obecnie stanowi spuściznę dziedzictwa narodowego i bezcenne źródło informacji o topografii Królestwa Polskiego. TKKP jest szeroko wykorzystywana w badaniach geograficznych i historycznych, jednak do tej pory nie doczekała się kompleksowego opracowania geomatycznego oraz publikacji w postaci usług danych przestrzennych. Powodem jest przede wszystkim trudność scalenia i georeferencji 60-arkuszowego dzieła, wynikająca z niepewnej podstawy matematycznej oraz nieregularnego cięcia arkuszowego. W 2023 roku autorzy artykułu podjęli trud opracowania jednolitej mozaiki TKKP oraz georeferencji mapy z zachowaniem najwyższych standardów dopasowania mapy do współczesnych danych referencyj-

nych. W ramach badań autorzy dokonali gruntownej analizy kartometryczności dzieła, weryfikując dotychczasowe ustalenia. Projekt zakończył się sukcesem, a rezultaty są dostępne na platformie *Mapy z przeszłością*, opracowanej przez Instytut Historii PAN. Publikacja TKKP w formie usług danych rastrowych w standardach OGC: WMTS (*Web Map Tile Service*), ECW (*Enhanced Compression Wavelet*) oraz COG (*Cloud-Optimized GeoTIFF*) umożliwia szybkie i bezpośrednie wykorzystywanie wytworzonych danych przy użyciu narzędzi analitycznych WWW i GIS. Opublikowane dane badawcze, tabele punktów kontrolnych i mapa rozkładu zniekształceń TKKP dają możliwość prześledzenia postępowania i weryfikacji wyników. Cyfrowa edycja TKKP jest znakomitym źródłem do badań z zakresu zmian przestrzenno-czasowych środowiska naturalnego i antropogenicznego oraz dziedzictwa kultury.

Słowa kluczowe: Topograficzna Karta Królestwa Polskiego, mapa Kwatermistrzostwa, GIS Historyczny, georeferencja, mozaikowanie, usługi OGC, Mapy z przeszłością

1. Wstęp

Idea cyfrowego opracowania Topograficznej Karty Królestwa Polskiego (zwanej potocznie „mapą Kwatermistrzostwa”, dalej TKKP) – jednego z najważniejszych dokonań polskiej kartografii – ma, wbrew pozorom, dość złożoną historię, niewynikającą jedynie ze znaczenia tej mapy dla badań z zakresu historii kartografii,

kartografii historycznej lub historii i geografii w ogóle. Mapa Kwatermistrzostwa interesowała badaczy takich jak B. Olszewicz (1921), który poświęcił jej dużo miejsca w swojej *Polskiej kartografii wojskowej* czy B. Krassowski, który obok opisu merytorycznego (1973) przygotował również jej edycję w ramach serii „Zabytki Polskiej Kartografii” (1978). Wielokrotnie była wykorzystywana jako źródło kartograficzne

i historyczne w badaniach nad dawnym krajobrazem (H. Szulc 1995; J. Babicz 1995; B. Degórska, A. Kurek 2015). Analizowana była także jej dokładność matematyczna (D. Kwiatkowski 1956; S. Pietkiewicz 1960, 1980, 1995; K. Bojarowski i in. 2000). Miały miejsce także próby cyfrowego opracowania mapy w środowisku internetowym, jak w przypadku Lubelszczyzny (*Mapa Kwatermistrzostwa* 2015; M. Zawadzki 2016).

Chęć pełnego cyfrowego opracowania mapy nie wynika jedynie z tych prac, ale przede wszystkim z faktu, że mapa Kwatermistrzostwa była jednym z podstawowych źródeł do wyrysowania elementów krajobrazu naturalnego (sieć wodna, lasy) dla serii „Atlas historyczny Polski. Mapy szczegółowe XVI wieku” – AHP (H. Rutkowski 2018, 2023; M. Słoń, K. Słomska-Przech 2021). Pozornie ma to mniejsze znaczenie niż dorobek B. Olszewicza, B. Krassowskiego i innych badaczy, ale w praktyce jest jednak inaczej. Redaktorzy AHP podjęli bowiem decyzję, aby efektem prac nad Atlasmem była nie tylko mapa, komentarz i indeks, ale także – na ile to możliwe – edycja podstawowych źródeł wykorzystywanych do jego opracowania. W przypadku źródeł pisanych były to rejestry poborowe z drugiej połowy XVI wieku, które zostały w znacznej większości udostępnione poprzez aplikację internetową (M. Słoń 2015a, 2015b; A. Borek i in. 2020). Analogiczna edycja miała także dotyczyć map dawnych, przede wszystkim tych z przełomu XVIII i XIX wieku, jednak ze względu na brak metodyki opracowania cyfrowych edycji źródeł kartograficznych należało przeprowadzić badania pilotażowe, których efektem jest cyfrowa edycja tzw. mapy Gaula/Raczyńskiego (T. Panecki 2021). Doświadczenia wypracowane podczas prac nad tą mapą oraz uruchomienie serwisu *Mapy z przeszłością* (2024) (<https://atlas.ihpan.edu.pl/pastmaps>) przez Instytut Historii PAN pozwoliły myśleć o cyfrowym opracowaniu źródeł kartograficznych do AHP: map z przełomu XVIII i XIX wieku, w tym mapy Kwatermistrzostwa.

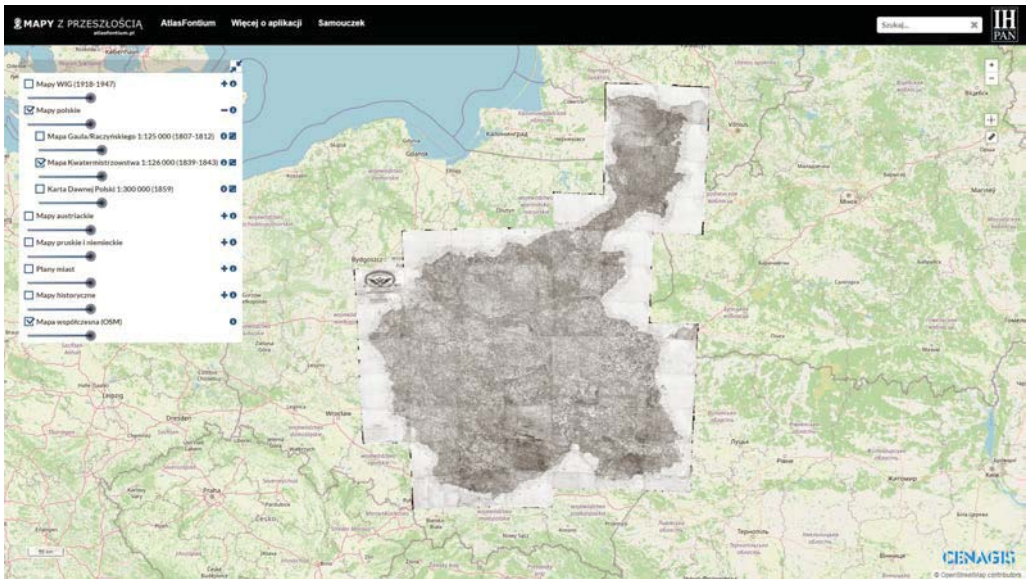
1.1. Geoportale z dawnymi mapami jako cyfrowe edycje zabytków kartograficznych

Geoportal *Mapy z przeszłością* będący częścią platformy *Atlas Fontium* (A. Borek, T. Pa-

necki 2016) jest serwisem, który umożliwia przeglądanie skalibrowanych i mozaikowych arkuszy najważniejszych dawnych map topograficznych i ogólnogeograficznych ziem polskich pochodzących głównie z XIX i pierwszej połowy XX wieku. Jego początki sięgają 2011 r., gdy geoportal o tej nazwie został uruchomiony przez firmę Cartomatic i był owocem praktyk studenckich studentów specjalizacji kartograficznej WGiSR UW (ówczesnej Katedry Kartografii). Podczas praktyk studenci kalibrowali m.in. mapy Wojskowego Instytutu Geograficznego. Po nieco ponad dziesięciu latach funkcjonowania, w 2022 r. działanie geoportalu zostało zawieszono.

Wkrótce po tym firma Cartomatic porozumiała się z Zakładem Atlasu Historycznego IH PAN w sprawie ponownego uruchomienia serwisu i usług. Zostały one przygotowane przy współpracy z Politechniką Warszawską (projekt CENAGIS, 2024). Od czerwca 2023 r. geoportal *Mapy z przeszłością* ponownie funkcjonuje pod szyldem *Atlasu Fontium*. Treścią geoportalu historycznego są zarówno dotychczasowe zasoby Cartomatic (m.in. mapy WIG-u, mapy niemieckie, plany miast), ale także nowe, w tym mapa Kwatermistrzostwa. Sam serwis zbudowany jest w technologii OpenLayers (2024), która do działania wykorzystuje usługi WMS serwowane przez Geoserver (2024). Usługi wyświetlane w aplikacji mapowej można implementować bezpośrednio w aplikacjach typu desktop GIS. Obecnie w serwisie dostępne są 43 mapy pogrupowane w sześć kategorii: mapy WIG, inne mapy polskie, mapy austriackie, mapy pruskie i niemieckie, plany miast oraz mapy historyczne (ryc. 1). Mapy wyświetlają się na podkładzie OpenStreetMap (2024). Aplikacja umożliwia nadawanie mapom przezroczystości, zbliżanie do warstwy, wyświetlanie informacji o warstwie, wyszukiwanie nazw (OSM Nominatim 2024), kopiowanie współrzędnych i dokonywanie podstawowych pomiarów.

Serwis *Mapy z przeszłością* jest geoportalem umożliwiającym użytkownikom dostęp do skalibrowanych i mozaikowych arkuszy dawnych map i może być traktowany jako forma cyfrowej edycji zabytków kartograficznych. Użytkownik, aby korzystać z map nie musi udawać się do biblioteki lub archiwum, nie musi też korzystać z cyfrowych repozytoriów umożliwiających pobieranie skanów poszczególnych arkuszy. W jego ręce trafia mapa już



Ryc. 1. Widok georeferencyjnej mozaiki TKKP w aplikacji *Mapy z przeszłością* – odsłonie portalu *Atlas Fontium* (<https://atlas.ihpan.edu.pl/pastmaps/>, dostęp 8 czerwca 2024)

złożona i połączona, co z pewnością ułatwia korzystanie z niej, ale kosztem możliwości zajrzenia do treści pozaramkowej. Geoportale ze skalibrowanymi mapami są jednym z rodzajów cyfrowych edycji dawnych map obok wspomnianych bibliotek, i archiwów umożliwiających pobieranie skanów oraz zaawansowanych geoportali zawierających nie tylko mapy rastrowe, ale także dane wektorowe opracowane na podstawie mapy będącej przedmiotem edycji (T. Panecki 2021). Biorąc pod uwagę funkcjonalność i stopień przetworzenia mapy, tego rodzaju aplikacje znajdują się pomiędzy bibliotekami/archiwami cyfrowymi a geoportalami z danymi wektorowymi.

Mapy z przeszłością nie są naturalnie jedynym tego typu serwisem dostępnym w Internecie, choć obecnie jedynym opracowanym w Polsce zawierającym mapy dawne szeroko rozumianych ziem polskich. Jego opracowanie zostało poprzedzone analizą i oceną podobnych rozwiązań. Należą do nich przede wszystkim serwisy: *Arcanum Maps* (<https://maps.arcanum.com/>, dawniej *Mapire.eu*), *GeoHistoricalData* (2024) (<https://geohistoricaldata.org/>) oraz *A Vision of Britain* (<https://www.visionofbritain.org.uk/>). Ich wspólną cechą jest

funkcjonalność – możliwość przeglądania wieloarkuszowych skalibrowanych dawnych map rastrowych, a różnią je zakres rzeczowy, przestrzenny i po części chronologiczny oraz sposób funkcjonowania.

Treścią węgierskiego portalu *Arcanum Maps* są przede wszystkim mapy austriackie i austro-węgierskie, w tym pierwsze, drugie i trzecie zdjęcie topograficzne, ale także wybrane mapy niemieckie, rosyjskie, włoskie i francuskie. Serwis umożliwia wyszukiwanie współczesnych miejscowości, a także korzystanie ze współczesnego podkładu (*Bing maps* 2024). Istotną cechą geoportalu jest odpłatność za usługi wyświetlane w postaci WMTS w aplikacjach desktop GIS (dostęp przez przeglądarkę internetową jest bezpłatny). Zamieszczone mapy, a raczej przetworzenia na nich wykonane są w wielu przypadkach omówione w postaci artykułów naukowych (G. Timár 2004; G. Timár i in. 2006; S. Biszak i in. 2007; G. Molnár, G. Timár 2009; T. Podobnikar 2009; G. Timár 2009; G. Molnár 2010; G. Timár i in. 2010).

O ile w *Arcanum Maps* użytkownik styka się z wieloma mapami, to w *GeoHistoricalData* ma do dyspozycji w zasadzie jedną: *Carte géométrique de la France*, tj. tzw. mapę Cassi-

niego w skali 1:86 400 z końca XVIII wieku (A. Czerny 2015). Arkusze mapy zostały połączone, skalibrowane i opublikowane na geoportalu. Jego treścią są także wybrane elementy mapy w modelu wektorowym: miejscowości, drogi, lasy i wody. Niestety, nie ma możliwości wyświetlania danych atrybutowych warstw wektorowych, choć można je pobrać. Istotną cechą serwisu, która może zaważyć na jego dalszym funkcjonowaniu jest fakt, że od dawna (4 lata) nie był w żaden sposób aktualizowany. Problemy z utrzymaniem stabilności usług cyfrowych są niestety znane i jak dotąd nie znaleziono satysfakcjonującego rozwiązania innego niż kosztowne i czasochłonne utrzymywanie informatyczne.

Brytyjski *A Vision of Britain through Time* to serwis o odmiennej filozofii niż dwa poprzednie, ponieważ dawne mapy stanowią w nim jedynie jeden z komponentów. Jego główną treścią są dane statystyczne, spisy miejscowości oraz opisy podróży, a zatem źródła i dane pisane do geografii historycznej Wielkiej Brytanii (H. Southall 2016). Tym niemniej mapy dawne stanowią jego istotną część. W odpowiedzi zakładce użytkownik ma dostęp do trzech kategorii map: topograficznych (11 serii z lat 1805–1958), granicznych (13 serii z lat 1803–1949) oraz pokrycia terenu (3 serie z lat 1925–1948). Zgromadzone mapy to zarówno efekty prywatnych inicjatyw, jak produkty urzędowe (*Ordnance Survey*). Arkusze poszczególnych map można przeglądać w wersji połączonej i skalibrowanej, jak również pojedynczo, arkusz po arkuszu. W tym przypadku użytkownik ma także informacje o podstawowych metadanych, np. roku wydania.

Podsumowując ten wątek, serwis *Mapy z przeszłością* wpisuje się zarówno treścią, formą oraz funkcjonalnością w obecne trendy związane z możliwościami cyfrowego upowszechniania źródeł kartograficznych. Zasady działania tego typu serwisów są zbliżone dzięki wykorzystywaniu narzędzi WebGIS, prezentują podobny zakres treści, na który składają się najważniejsze serie dawnych map topograficznych, a także przeznaczone są dla szerokiego grona odbiorców: od zwykłych użytkowników Internetu po badaczy i naukowców różnych dyscyplin. Różnice – poza prezentowanymi mapami – dotyczą przede wszystkim szczegółowych funkcjonalności oraz kwestii utrzymania i rozwoju. Istotne jest bowiem, aby stale zwiększać

zakres informacyjny serwisów poprzez opracowywanie i udostępnianie kolejnych map.

1.2. TKKP jako źródło kartograficzne i historyczne

Przygotowanie szczegółowej mapy topograficznej Królestwa Polskiego wpisywało się w ówczesny nurt sporządzania systematycznych zdjęć i pomiarów terenowych w państwach ponapoleońskiej Europy. Wprawdzie państwa ościenne, przede wszystkim Prusy i Austria (w mniejszym stopniu Rosja) rozpoczęły prace kartograficzne o znaczeniu państwowym jeszcze w drugiej połowie XVIII wieku, to na nowoczesne jak na te czasy prace kartograficzne na ziemiach polskich przyszło czekać do epoki rozbiorów i początku XIX wieku. Opracowane (i to nie w pełni) mapy specjalne województw koronnych Karola Perthéesa, geografa Stanisława Augusta Poniatowskiego, wyraźnie odbiegały jakością od prac kartografów pruskich i austriackich przede wszystkim z uwagi na brak podstawy geodezyjnej (K. Buczek 1966). Czego nie dokonała wolna Rzeczpospolita, dokonali zaborcy poprzez opracowywanie map nowo zdobytych terytoriów jeszcze w końcu XVIII w., a później powołane w strukturach Księstwa Warszawskiego w 1807 r. Biuro Topograficzne i – po 1815 roku – Kwatermistrzostwo Generalne armii Królestwa Polskiego (B. Olszewicz 1921). Kwatermistrzostwo było jedną z autonomicznych instytucji Królestwa Polskiego niezależnych od Rosji zgodnie z nadaną mu w 1815 roku konstytucją. Jego zadaniem w czasie pokoju było m.in. opracowywanie map podobnie jak czyniły to analogiczne jednostki w armiach państw ościennych.

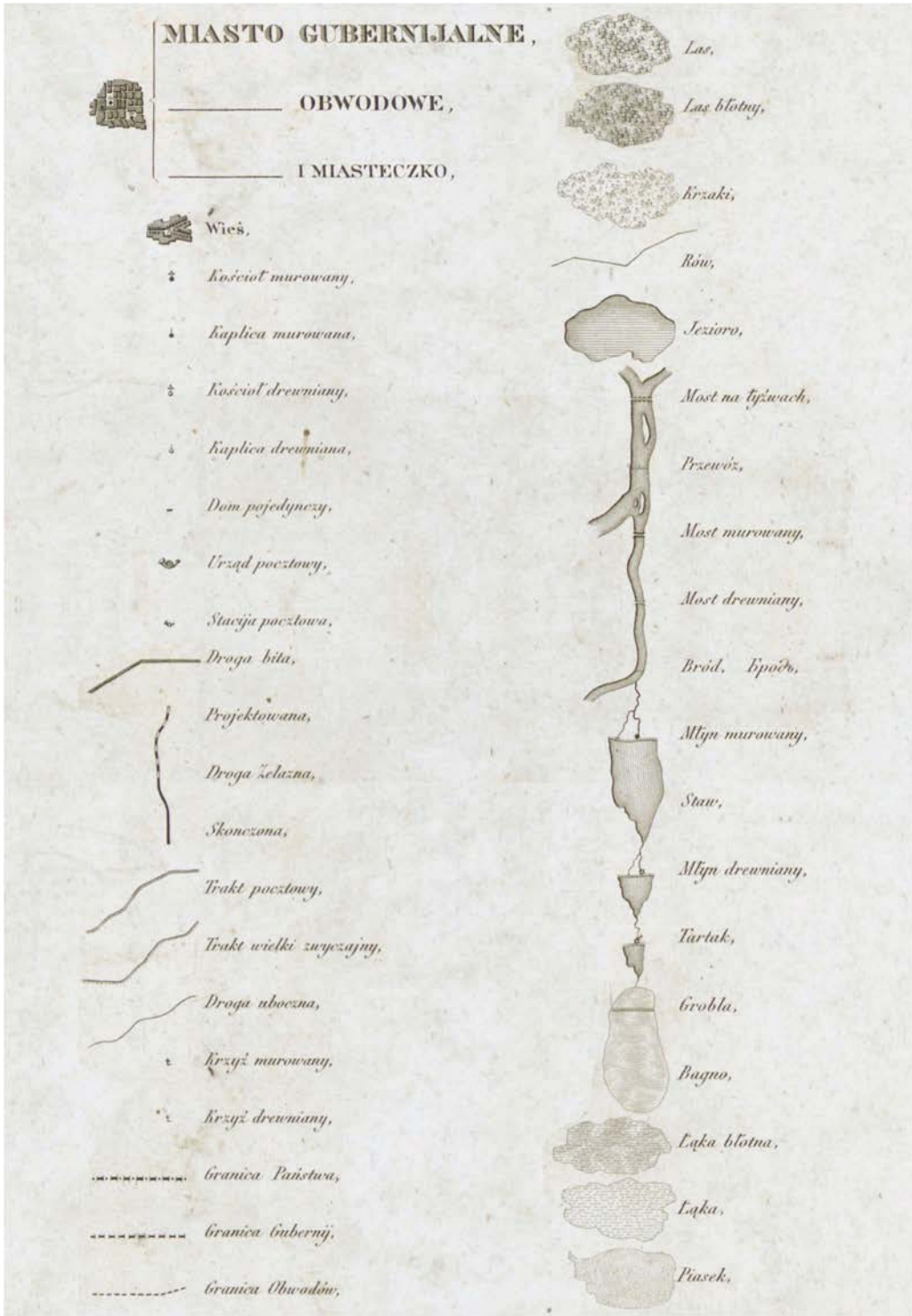
Prace nad mapą rozpoczęły się w 1822 r. – wcześniej Kwatermistrzostwo pracowało nad delimitacjami granic z Austrią i Prusami. Wobec braku wcześniejszych wzorców w tym zakresie zastosowano do projektowanej mapy rosyjskie miary (wiorsty), a docelową skalą opracowania miała wynosić 1:126 000, tj. trzy wiorsty (1066 m) w calu angielskim (2,54 cm). Przyjęto odwzorowanie pseudostożkowe Bonne'a znane z map francuskich, a punktem przyłożenia było przecięcie południka warszawskiego z równoleżnikiem 52° (więcej na ten temat w podrozdziale 2.3). Powierzchnią odniesienia była elipsoida Wallbecka (P. Cebrykow 2015). Zdjęcia

terenowe przeprowadzano w skali trzykrotnie większej, tj. 1:42 000. Według B. Krassowskiego (1973, 1978) można tu jednak bardziej mówić o 'reambulacji' i 'unacześnianiu' treści map zaborczych z zastosowaniem pomiarów terenowych i przeprowadzonej pobieżnie triangulacji. Topografowie opierali się bowiem na treści wydrukowanych dotychczas map: Gilly'ego (1:150 000, 1802–1803), Textora (1:152 200, 1808) i Heldensfelda (1:172 800, 1808). W czasie pomiarów prowadzonych wiosną każdy topograf dysponował stolikiem mierniczym z roboczym materiałem pochodzącym z materiałów pruskich lub austriackich sprowadzonych do skali 1:42 000. Następnie wykonywał rysunek sytuacji i rzeźby, mierząc za pomocą instrumentów albo na oko (M. Stankiewicz 2000, A. Czerny 2015). W czasie prac kameralnych rysunek był generalizowany do skali docelowej, jak twierdzi B. Krassowski (1978), przez stałą grupę kartografów (i według jednolitej instrukcji), co zapewniło dziełu jednolitość. Mapy niestety nie udało się wykończyć i wydać przed wybuchem powstania listopadowego w 1830 roku. Do tego czasu opracowano około połowy z docelowych 59 arkuszy. W 1832 r. prace nad wykończeniem mapy przejął rosyjski korpus topografów z gen. Karolem Richterem na czele. Do 1839 r. korekcie poddano prace wykonane przez Kwatermistrzostwo, a także wyrysowano i wyrytowano brakujące arkusze. Mapa została wydana w 1843 r. z datą o cztery lata wcześniejszą z tytułem i objaśnieniem znaków w językach francuskim, polskim i rosyjskim, ale z treścią wyłącznie po polsku (P. Cebryk 2015; A. Czerny 2015; M.W. Meksuła, L. Grzechnik 2015, s. 181–185).

Topografia jest prezentowana na mapie za pomocą 54 czytelnych i dobrze zaprojektowanych znaków kartograficznych, 30 skrótów oraz 10 krojów pisma (M.W. Meksuła, L. Grzechnik 2015; T. Panecki 2017; W. Ostrowski, I. Karsznia, T. Panecki 2018). Na mapie oznaczono drogi i koleje, miejscowości i obiekty gospodarcze, elementy powierzchniowe, wody, granice oraz rzeźbę terenu (ryc. 2). Na sieć komunikacyjną składają się cztery kategorie dróg: drogi bite (szosy), trakty pocztowe, trakty zwyczajne i drogi uboczne. Na uwagę zwraca graficzny wyraz szos, który różni się od pozostałych nie tylko dwoma grubymi krawężnikami, ale także prostym przebiegiem, co miało jasno pokazywać ich nowoczesność i wysoką jakość. Razem

z drogami pokazano także drogi żelazne, tj. linie kolejowe, przy czym na mapie pierwszej edycji z 1843 r. pokazano tylko linię warszawsko-wiedeńską oraz jej odnogę ze Skierniewic do Łowicza, która wówczas była jeszcze w budowie. Miejscowości zostały oznaczone zarysem zabudowy z podziałem na drewnianą i murowaną, co miało niebagatelne znaczenie dla wojska. Podobne rozróżnienie dotyczyło także np. kościołów, karczm i młynów. Wielkość osad została pokazana odmiennymi krojami pisma, a o szczegółowości opisów świadczy fakt, że umieszczano je także przy drobnych przysiółkach i osadach. Elementami podziału politycznego i administracyjnego są granice państwa, guberni i obwodów naniesione według stanu z 1841 roku. Województwa zostały bowiem przemianowane na gubernie (te są w legendzie i na mapie) w 1837 r., a obwody na powiaty w 1842 r. (na mapie są jeszcze obwody). O aktualności właśnie na rok 1841 może świadczyć zmieniona już nazwa guberni kieleckiej (z krakowskiej), co miało miejsce na podstawie ukazu z 15 czerwca 1841 r. (W. Trzebiński, A. Borkiewicz 1956). Elementy powierzchniowe na mapie oznaczono zgodnie z jej wojskowym charakterem, pokazując różne rodzaje lasów i łąk, które mogą stanowić przeszkodę w terenie lub dać możliwość schronienia, ale nie oznaczono nieużytków i pól uprawnych jako miejsc o nikłym znaczeniu strategicznym. Taka też filozofia przyświecała prezentacji wód: większe rzeki pokazano powierzchnią, a z dużą szczegółowością oznaczono różne rodzaje przepraw i mostów, nawet na drogach niskich kategorii. Rzeźbę terenu oddano zmodyfikowanym kreskowaniem metodą Lehmana, które sprawiło powiększenie drobnych form. Prezentacja rzeźby była oceniana jako najsłabiej opracowany element mapy (B. Krassowski 1978, A. Czerny 2015, A. Rzucidło 2015).

Topograficzna Karta Królestwa Polskiego była pierwszą i na długo jedyną oryginalną w koncepcji polską mapą topograficzną spełniającą ówczesne wysokie standardy merytoryczne, techniczne i funkcjonalne. Jak twierdził B. Krassowski, przewyższała swoją jakością (dokładnością matematyczną i szczegółowością ujęcia treści) mapę pruską 1:100 000 opracowaną w podobnym okresie, która to „(...) reprezentowała jeszcze typ mapy z końca XVIII wieku, natomiast Topograficzna Karta Królestwa Polskiego poszczególnymi rozwią-



zaniem technicznymi i dostosowaniem doboru znaków do ówczesnych potrzeb wojskowych wybiega w wiek XX." (B. Krassowski 1978, s. 21). O jej jakości może także świadczyć fakt, że Rosjanie w dużej mierze oparli na koncepcji mapy Kwatermistrzostwa swoje prace kartograficzne opracowując tzw. mapę trójwiorstową (A. Czerny 2015). Według badań D. Kwiatkowskiego (1956) i S. Pietkiewicza (1960, 1980, 1995) średnie błędy położenia punktów na mapie to ok. 747 m (6 mm na mapie). B. Krassowski (1978) twierdził, że te wartości są zwiększone przez skurczenie papieru, które – na podstawie porównania różnych zachowanych kopii jednego z arkuszy – mogło wynosić nawet 2 mm (tj. ok. 250 m w terenie). Kartometryczność była badana metodami numerycznymi (K. Bojarowski i in. 2000) – uzyskane wyniki świadczyły o dużej dokładności mapy, błędy położenia w większości nie przekraczały 100 m (poniżej 1 mm na mapie), a rzadko dochodziły do 500 m (poniżej 5 mm na mapie). W dalszej części artykułu (podrozdziały 2.4 i 2.6) autorzy przedstawiają weryfikację tych spostrzeżeń.

1.3. Cyfrowe zbiory TKKP i ich ocena

Topograficzna Karta Królestwa Polskiego jest ważnym historycznym źródłem kartograficznym o dużym znaczeniu informacyjnym i kulturowym. Ze względu na wartość mapy, istnieje duże zainteresowanie zarówno jej digitalizacją, jak i udostępnianiem (M. Zawadzki 2016, 2018, 2019). Cyfrowe kopie mapy Kwatermistrzostwa są przechowywane i udostępniane przez biblioteki, archiwa oraz inne instytucje kultury. W niniejszym artykule skupiono się na portalach, za pośrednictwem których użytkownik ma możliwość przeglądania i pozyskania skanów wyłącznie poprzez kwerendę online. W ramach różnych projektów instytucje często współpracują ze sobą, aby zdigitalizować i udostępnić cyfrowe kopie TKKP. Działania te doprowadziły do powstania wielu kopii, które są udostępniane przez różne platformy i portale. Przystępując do prac projekto-

wych, zostały wzięte pod uwagę następujące zasoby cyfrowe:

1) Biblioteka Uniwersytecka im. Jerzego Giedroycia w Białymstoku, <https://bg.uwb.edu.pl/TKKP/>;

2) Federacja Bibliotek Cyfrowych, <https://fbc.pionier.net.pl/>;

3) Jagiellońska Biblioteka Cyfrowa, <https://jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra/publication/242425/>;

4) Kujawsko-Pomorska Biblioteka Cyfrowa, <https://kpbc.umk.pl/dlibra/publication/203143/>;

5) Platforma Cyfrowa Biblioteki Kórnickiej, [https://platforma.bk.pan.pl/pl/search_results/195766/](https://platforma.bk.pan.pl/pl/search_results/195766;);

6) Podlaska Biblioteka Cyfrowa, <https://pbc.biaman.pl/dlibra/publication/54779/>;

7) Repozytorium Cyfrowe Instytutów Naukowych, <https://rcin.org.pl/dlibra/publication/12322/edition/834/>;

8) Wielkopolska Biblioteka Cyfrowa, <https://www.wbc.poznan.pl/dlibra/publication/533840/edition/474741/>;

9) Mapy archiwalne Polski i Europy Środkowej/ MAPSTER, <http://igrek.amzp.pl/mapindex.php?cat=TKKP126K>.

Wersje analogowe mapy Kwatermistrzostwa udostępniane w formie cyfrowych kopii przez wymienione repozytoria są dostępne w: Bibliotece Uniwersyteckiej im. Jerzego Giedroycia w Białymstoku (1, 2, 6, 8), Bibliotece Narodowej (2, 8), Bibliotece Jagiellońskiej (2, 3, 8), Wojewódzkiej i Miejskiej Bibliotece Publicznej w Bydgoszczy (2, 4, 8), Bibliotece Kórnickiej PAN (2, 5, 8) oraz Centralnej Bibliotece Geografii i Ochrony Środowiska Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN (2, 7, 8). Witryna MAPSTER (2024) zawiera zasoby udostępniane przez wszystkie powyższe repozytoria. Wszystkie objęte analizą cyfrowe kopie TKKP znajdują się w domenie publicznej oraz otwartym dostępie, a repozytoria umożliwiają ich pobranie (zależnie od polityki repozytorium) w postaci plików w formacie JPEG, TIFF lub formacie DJV. Szczegółową analizę zawiera tabela 1, w której uwzględniono lokalizację oryginału cyfrowej kopii.

W zrealizowanym projekcie wykorzystano skany z zasobów Biblioteki Uniwersyteckiej

Tab. 1. Zestawienie cyfrowych kopii TKKP udostępnianych przez wybrane repozytoria

Lokalizacja oryginału	Wydanie	Liczba arkuszy / kart	Rodzaj skanu	Opis skanów	Karta zbiorowa
Biblioteka Narodowa	Brak danych	60	skan barwny	Mapy podklejone na płótnie, przerwy między arkuszami	TAK
Biblioteka Jagiellońska	wyd. II	60	skan barwny	Skany miejscami zniekształcone	TAK
Biblioteka Uniwersytecka im. Jerzego Giedroycia w Białymstoku	wyd. IV, ok. 1863 r.	59	skan barwny	Brak defektów. Zasób po konserwacji, brak jednej sekcji, nieprawidłowo odcięta ramka mapy	TAK
Centralna Biblioteka Geografii i Ochrony Środowiska Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN	Brak danych	56	skan barwny	Mapy podklejone na płótnie, przerwy między arkuszami.	TAK
Biblioteka Kórnicka PAN	Prawdopodobnie 1863 r.	55	skan barwny	Wersja zmniejszona i niekompletna. Mapy podklejone na płótnie, przerwy między arkuszami	NIE
Wojewódzka i Miejska Biblioteka Publiczna w Bydgoszczy	Brak danych	60	skan barwny	Skany miejscami zniekształcone	TAK



Ryc. 3. Fragment arkusza Kol. VII. Sek. II. ze zbiorów Biblioteki Uniwersyteckiej im. Jerzego Giedroycia w Białymstoku. Warto zwrócić uwagę na nieprawidłowo odciętą ramkę mapy, w wyniku czego następuje utrata do ok. 0,5 mm treści (ok. 63 m w terenie). Wielkość oryginalna

im. Jerzego Giedroycia w Białymstoku oraz brakujący arkusz (Kol. V, Sek. V) z Biblioteki Jagiellońskiej. Udostępnione cyfrowe kopie charakteryzują się wysoką jakością, na co ma wpływ gruntownie przeprowadzony proces konserwacji. W wyniku prac konserwatorskich zniwelowano zniekształcenia (<https://bg.uwb.edu.pl/TKKP/?id=OKonserwacji>). Ponadto arkusze zostały udostępnione w wysokiej rozdzielczości oraz łatwej w użytkowaniu formie. Jedynym mankamentem jest nieprawidłowo odcięta ramka mapy (ryc. 3).

2. Procedura badawcza

Analiza kartometryczności dawnych map topograficznych nie jest nowym problemem badawczym; najstarsze prace w tym zakresie powstały w Niemczech jeszcze w XIX wieku (R. Wolf 1879, H. Walser 1896). Pionierskie badania dla obszaru ziem polskich przypisywane są H. Merczyngowi (1913), następnie R. Jacykowi (1931) i W. Hartnackowi (1939). W drugiej połowie XX wieku badania kontynuowano w Katedrze Kartografii UW; analizowane były zarówno mapy dawne w skalach przeglądowych jak i topograficznych (D. Kwiatkowski 1956; S. Pietkiewicz 1960, 1980, 1995). U schyłku XX wieku zagadnieniami kartometryczności map zajmowali się m.in. A. Konias (1984, 2000), J. Szeliga (1993), E. Krzywicka-Blum (1994), J. Łuczyński (2001), J. Ostrowski (2014), a po upowszechnieniu się metod komputerowych także K. Nieścioruk (2004, 2007a, 2007b, 2013). Deformacje geometryczne wprowadzane celowo w ramach cenzury były przedmiotem badań B. Konopskiej (2011), kontynuowanych przez M. Kuźmę (2020, 2021). Wraz z rozwojem i upowszechnieniem się systemów informacji geograficznej zauważalnie wzrosła liczba analiz dotyczących map szczegółowych, map opracowanych w układach lokalnych oraz planów miejskich.

Georeferencja dawnych map topograficznych z wykorzystaniem narzędzi GIS i różnych metod transformacji obrazów rastrowych od ponad dwóch dekad znajduje zainteresowanie autorów zagranicznych (T. Fuse i in. 1998; F. Guerra i in. 2000; E. Shimizu, T. Fuse 2003; V. Baiocchi, K. Lelo 2005; C. Baletti 2006; B. Jenny 2006; I.N. Gregory, P.S. Eil 2007; B. Jenny i in. 2007; G. Bitelli i in. 2009; J. Krejčí 2009; V. Baiocchi, K. Lelo 2010; G. Bitelli, G.

Gatta 2011; B. Veverka i in. 2011; J. Cajthaml 2011; B. Jenny, L. Hurni 2011; H. Southall, P. Pridal 2012; M.A. Brovelli, M. Minghini 2012; V. Baiocchi i in. 2013; G. Timár i in. 2013; J. Cajthaml 2013; R. Nicolai 2018; A. Novak, V. Ostash 2022; P. Gašperič 2023). Na gruncie polskim najważniejsze prace w tym zakresie opublikowali m.in. B. Szady (2008), T. Giętkowski i M. Zachwatowicz (2010), A. Affek (2012, 2013), J. Nita i U. Myga-Piątek (2012), J. Wolski (2012), M. Jaskulski, G. Łukasiewicz i M. Nalej (2013), T. Panecki (2014), M. Jaskulski i M. Nalej (2015), J. Kuna (2015). W dyskusji w zakresie wykorzystania narzędzi GIS zabrali również głos K. Strzelecki (2016), D. Lorek (2017) i D. Lorek z zespołem (2019).

Osobną grupę prac stanowią rozważania w zakresie transformacji zniesionych układów współrzędnych geodezyjnych (lokalnych i krajowych) na układy współczesne (T. Kluss 1964; M. Ligas, P. Banasik 2011; R. Bauer 2013; P. Banasik, K. Bujakowski 2018; P. Banasik, Ł. Borowski 2021). Prace tego typu wymagają zestawienia współrzędnych punktów pomiarowych dawnej osnowy geodezyjnej z wartościami pomiarowymi tych samych obiektów we współczesnym układzie odniesienia. Wyprowadzone równania i parametry przekształceń elipsoid umożliwiają bezpośrednią georeferencję map dawnych z wykorzystaniem natywnie zarejestrowanych współrzędnych (geograficznych lub prostokątnych), co stanowi znaczące ułatwienie.

Z punktu widzenia niniejszej publikacji szczególnie ważne są prace zespołu węgierskiego reprezentujące systemowe podejście do georeferencji, mozaikowania i publikacji serijnych map archiwalnych w portalu *Arcanum Maps* (2024). Prace te charakteryzują przygotowanie georeferencyjnych map dawnych (topograficznych, katastralnych) w różnych regionach i skalach, ze szczególnym uwzględnieniem ziem dawnej Monarchii Austro-Węgierskiej. Z punktu widzenia metodyki zespół węgierski łączy oba podejścia: (1) transformacje układów → podejście geodezyjne oraz (2) przekształcenia rastrow → podejście gisowe.

2.1. Metody i narzędzia pracy

Procedura badawcza opracowania georeferencyjnej mozaiki TKKP była wieloetapowa i wymagała wykorzystania standardowego

zestawu narzędzi współczesnego badacza HGIS: oprogramowania do edycji grafiki rastrowej (Adobe Photoshop CS6), oprogramowania typu desktop GIS (ArcMap 10.8.1, ArcGIS Pro 2.5, QGIS 3.16.7), bibliotek Python i GDAL oraz środowiska serwerowego do publikacji efektu prac w postaci usług danych przestrzennych (Geoserver do publikacji usług WMS, OpenLayers do aplikacji Web GIS). W toku pracy programy te wykorzystywano naprzemiennie, kierując się przede wszystkim ergonomią postępowania, doświadczeniem i przyzwyczajeniami. Kolejne etapy prac zilustrowano w postaci schematu postępowania na rycinie 4. Ogólny schemat pracy można opisać jako:

1) pozyskanie kopii cyfrowych, zapisanie na dysku lokalnym;

2) preprocessing, tj. przygotowanie surowych skanów map, usunięcie defektów skanów, adiacja tonalna, optymalizacja formatów wejściowych;

3) georeferencja arkusza Kol. IV, Sek. IV (funkcja TPS/adjust dla lokalnych punktów

kontrolnych) i ustalenie punktu początkowego układu współrzędnych Bonne'a;

4) opracowanie podstawy matematycznej, tj. ustalanie parametrów elipsoidy odniesienia, generowanie siatki kartograficznej w oczkach $10' \times 10'$;

5) rektyfikacja arkuszy z wykorzystaniem wygenerowanej siatki 10-minutowej (funkcja TPS/adjust, od 20 do 40 punktów na arkusz);

6) uzgodnienie styków arkuszy;

7) opracowanie wektorowego skorowidza arkuszy i modyfikacja krawędzi do rzeczywistego zasięgu arkuszy (nieregularne wieloboki);

8) przycięcie arkuszy z wykorzystaniem skorowidza wektorowego i utworzenie maski przezroczystości;

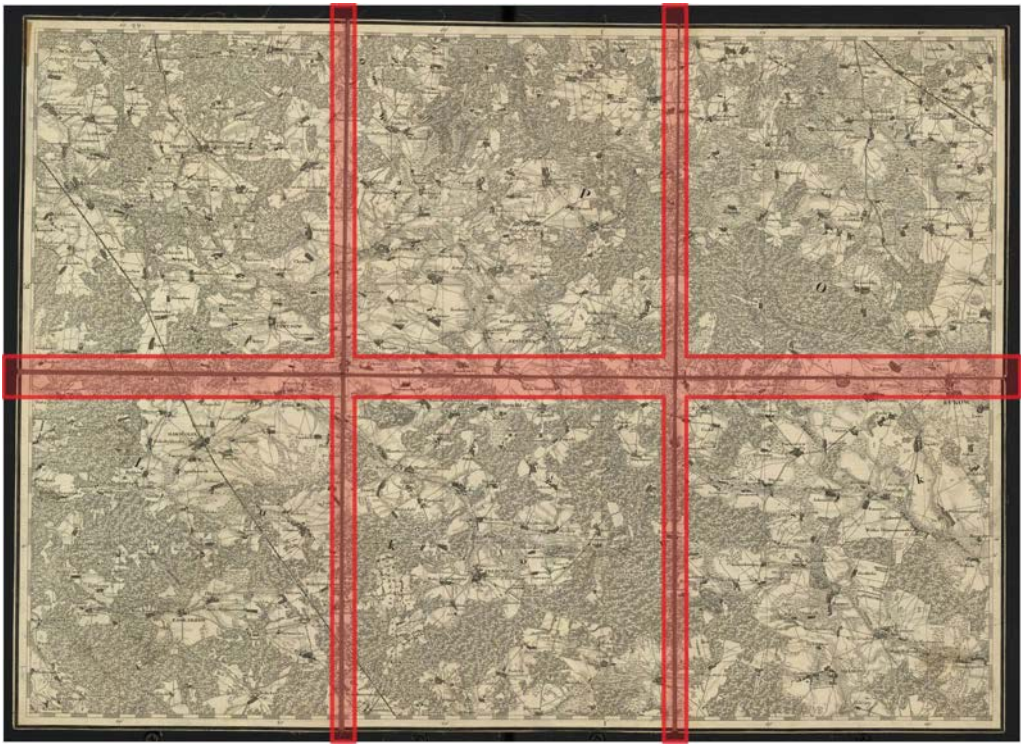
9) opracowanie stosu warstw i mozaikowanie arkuszy do postaci jednolitego rastra wynikowego;

10) georeferencja właściwa jednolitego rastra mapy (układ ETRF2000/PL-1992, funkcja TPS/adjust);

11) transformacja (utworzenie duplikatu) plików w układzie WGS84/Web-Mercator



Ryc. 4. Schemat opracowania i publikacji jednolitej georeferencyjnej mozaiki TKKP



Ryc. 5. Arkusz Kol. V, Sek. V ze zbiorów Biblioteki Cyfrowej POLONA. Kolorem czerwonym zaznaczono miejsca rozcięcia mapy na 6 części i podklejenia fragmentów na płótnie. Szerokość przerw dochodzi do ok. 2,7 mm (ok. 340 m w terenie). 24% wielkości oryginalnej

(EPSG: 3857), konwersja formatów i optymalizacja sieciowa;

12) opracowanie zestawu metadanych dla usług sieciowych;

13) publikacja rastrowej Topograficznej Karty Królestwa Polskiego w serwisie *Mapy z przeszłością* będącej częścią *Atlasu Fontium* oraz w postaci usług danych rastrowych OGC (WMS/WMTS, ECW, COG).

Poszczególne kroki, wykorzystywane oprogramowanie i przykładowe rozwiązania metodyczne zostały szczegółowo omówione w kolejnych podrozdziałach.

2.2. Preprocessing

Jak już wspomniano w podrozdziale 1.3, materiał źródłowy do badań stanowił zestaw 60 arkuszy mapy w postaci skanów wysokiej jakości. Pliki arkuszy standardowych pozyskano

w formacie TIFF o rozdzielczości 600 dpi, wymiarach ok. 14 tys. × 10 tys. pikseli, 24-bitowej głębi kolorów RGB, kompresji LZW i rozmiarze ok. 0,5 GB. Łączna objętość danych źródłowych przekroczyła 21 GB! W celu optymalizacji zużycia pamięci, zbiór plików rastrowych poddano (stratnej) konwersji do formatu JPG, uzyskując około 20-krotną redukcję rozmiaru plików. Konwersję wykonano w programie Adobe Photoshop CS6 z wykorzystaniem sekwencji wsadowej (ang. *batch processing*), umożliwiającej półautomatyczne wykonanie powtarzalnych czynności na całym zbiorze plików. Na etapie preprocessingu wykonano także automatyczną adiustację kontrastu, koloru i tonów.

Interesujące wyzwanie techniczne z zakresu preprocessingu stanowiło przygotowanie do georeferencji skanu arkusza Kol. V, Sek. V, pochodzącego z Cyfrowej Biblioteki POLONA

(2024)¹. Arkusz jest zachowany na sześciu kartach klejonych na płótnie (ryc. 5). Szerokość przerwy między składkami dochodzi do ok. 2,7 mm. Wykonanie georeferencji takiego materiału źródłowego już na wstępie jest obciążone dużym błędem – w analizowanym przypadku to ok. 340 m w terenie. Niestety, nierzadko nawet w najnowszych publikacjach (np. M. Bozzano i in. 2024, ryc. 2 i 5) i renomowanych portalach zagranicznych (*Arcanum Maps 2024* – warstwy map topograficznych Królestwa Bawarii oraz Imperium Rosyjskiego w XIX w. itp.) spotyka się przykłady georeferencji rozczłonkowanych map podklejonych na płótnie. Analizy modeli transformacji rastrowej i próby oceny kartometryczności wykonywane na takiej podstawie są co najmniej dyskusyjne. Dla uniknięcia tego problemu powstaje konieczność wycięcia poszczególnych składek i ponownego scalenia arkusza. Abstrahując od ingerencji w fizyczny arkusz mapy, wycięcie składek i scalenie można wykonać w środowisku grafiki rastrowej (np. Photoshop) lub z użyciem cięcia i georeferencji zerowej w programach GIS. Pod terminem georeferencji zerowej autorzy rozumieją zarejestrowanie mapy w układzie natywnych współrzędnych pikseli mapy bitowej (Column, Row) lub w układzie uwzględniającym fizyczną wielkość arkusza mapy [X, Y, w mm]. Georeferencja zerowa poprzedza georeferencję właściwą i może być wykorzystywana do: 1) scalenia rozczłonkowanych arkuszy mapy, 2) łączenia map wieloarkuszowych w cięciu prostokątnym lub 3) rektyfikacji map do siatki prostokątnej. Bardzo trudno uzyskać dopasowanie zgodne co do piksela z pierwotnym rysunkiem, jednak redukcja niezgodności poniżej 0,2 mm na fizycznym arkuszu mapy jest wystarczająca.

2.3. Opracowanie podstawy matematycznej

Z punktu widzenia przyjętej metody badawczej najważniejszym etapem projektu było opracowanie podstawy matematycznej do georeferencji TKKP. Definiowanie podstaw matematycznych w środowisku GIS wymaga precyzyjnego ustalenia trzech zespołów para-

metrów:

1) charakterystyki elipsoidy odniesienia (półoś równikowa – a , półoś biegunowa – b , spłaszczenie – f);

2) jej relacji względem obowiązującej geoidy (przesunięcie środka geometrycznego w osiach dX , dY , dZ);

3) rodzaju i parametrów odwzorowania kartograficznego.

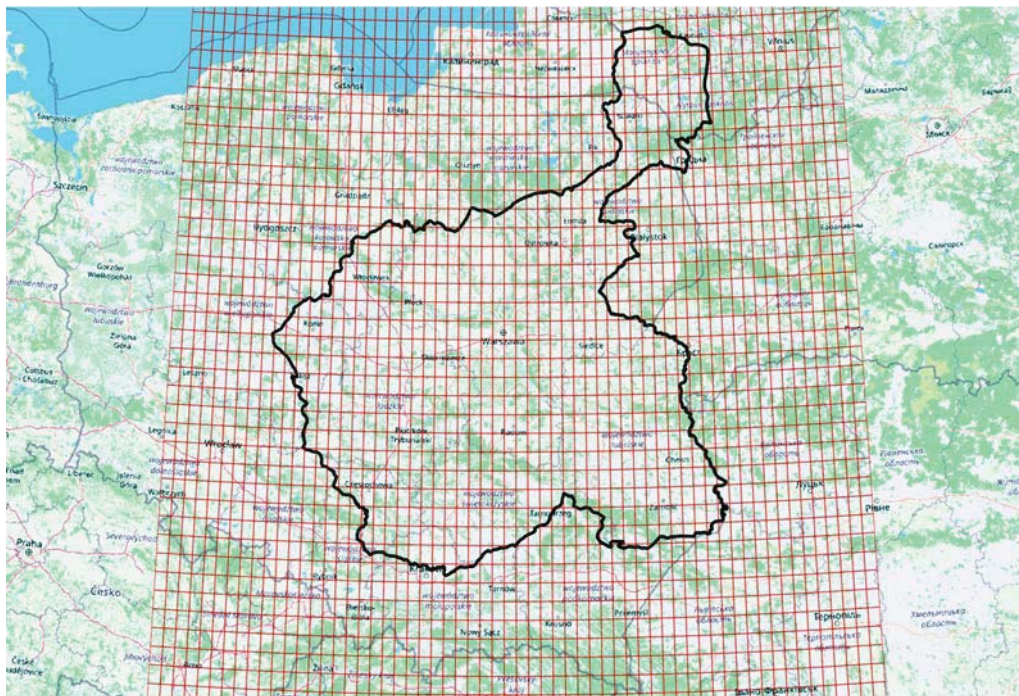
Ze względu na brak zdefiniowanych parametrów elipsoidy Wallbecka, w pracy eksperymentowano z wykorzystaniem elipsoidy Bessela 1841 o parametrach ($a = 6377397,155$; $b = 6356078,962818189$; $1/f = 299,1528128$ – *EPSG:7004-ellipsoid, Bessel 1841*). Niestety, odniesienie elipsoidy Bessela 1841 do geoid austriackich (*EPSG:4805, MGI (Ferro)*; *EPSG:3906, MGI 1901*) oraz niemieckich (*EPSG:4314, DHDN*; *EPSG:6314-Datum, DHDN-Datum*) nie przyniosło pożądanych rezultatów. Ostatecznie zdecydowano się na wykorzystanie elipsoidy WGS84 (*EPSG:4326, WGS 84 – WGS84 – World Geodetic System 1984*) i manipulację pozostałymi parametrami odwzorowania. Zgodnie z zapisami literatury (B. Olszewicz 1921, B. Krassowski 1973, A. Czerny 2015) wykorzystano odwzorowanie pseudostożkowe wiernopolowe Bonne'a o wartościach południka osiowego $\lambda_0 = 21.025$ E oraz równoleżnika głównego $\varphi_1 = 52.003$ N. Położenie punktu początkowego określono eksperymentalnie (ryc. 6) na podstawie szczegółowej lokalnej georeferencji arkusza Kol. IV, Sek. IV, zawierającego przecięcie Południka Warszawskiego z równoleżnikiem 52 N (B. Olszewicz 1921; A. Czerny 2015). Według B. Olszewicza (1921) Południk Warszawski przyjmuje wartość $38^{\circ}42'30''$ E od Ferro, uwzględniając austriacką poprawkę Ferro względem Greenwich ($-17^{\circ}40'$) otrzymujemy wartość $21^{\circ}2'30''$ E, tj. 21.041666666... [DD]. Uwzględniając niemiecką poprawkę Ferro do Greenwich ($-17^{\circ}39'57,6''$) otrzymujemy $21^{\circ}2'32,4''$ E, tj. 21.04233333... [DD]. Linia Południka Warszawskiego wyznaczona eksperymentalnie w GIS jest przesunięta na zachód względem obu poprawek występujących w literaturze i osiąga wartość $21^{\circ}1'30''$, tj. 21.025 [DD]. Błąd położenia linii równoleżnika 52° N obliczony przez S. Pietkiewicza (1960) wynosił $11,8''$, natomiast wektor wyznaczony eksperymentalnie wyniósł $0,003$ DD, tj. $10,8''$.

W tak utworzonej podstawie matematycznej wygenerowano siatkę południków i równoleż-

¹ 11764056 @ Top. Karta Królestwa Polskiego / Tonorpa-
фическая Карта Царства Польского / Carte Topographique
du Royaume de Pologne (mapa Kwatermistrzostwa)
1:126 000, <http://igrek.amzp.pl/details.php?id=11764056>



Ryc 6. Lokalizacja punktu początkowego układu współrzędnych, tj. przecięcia Południka Warszawskiego i równoleżnika 52 N. Na arkuszu TKKP Kol. IV, Sek. IV współrzędne TKKP – linia czerwona, współrzędne WGS 84 – linia niebieska. Wektor przesunięcia siatki 10-minutowej z punktu 21 E, 52 N do punktu początkowego TKKP wyniósł $d\lambda = +0,025$ DD oraz $d\phi = +0,003$ DD; podkład OSM



Ryc. 7. Generowana komputerowo siatka 10-minutowa TKKP i granice Królestwa Polskiego. Odzworowanie pseudocylindryczne wiernopolowe Bonne'a z zastosowaniem parametrów przedstawionych w definicji WKT; podkład OSM

ników w odstępach 10 minut (ryc. 7). Procedura obejmowała wygenerowanie siatki kwadratowej w układzie geograficznym i odwzorowaniu *Plate Carrée*, przesunięcie siatki o wektor $d\lambda = +0.025$ [DD], $d\phi = +0.003$ [DD] oraz transformację siatki do postaci trapezoidalnej w odwzorowaniu Bonne'a. Parametry odwzorowania *Bonne_Kingom_of_Poland2* w formacie WKT podano niżej:

Kod 1. Definicja WKT dla układu *Bonne_Kingdom_of_Poland2*. Układ wykorzystuje odwzorowanie Bonne'a dla elipsoidy WGS84, południk środkowy 21.025 oraz równoleżnik standardowy 52.003. Układ nie uwzględnia transformacji między elipsoidą Bessela 1841 a WGS84.

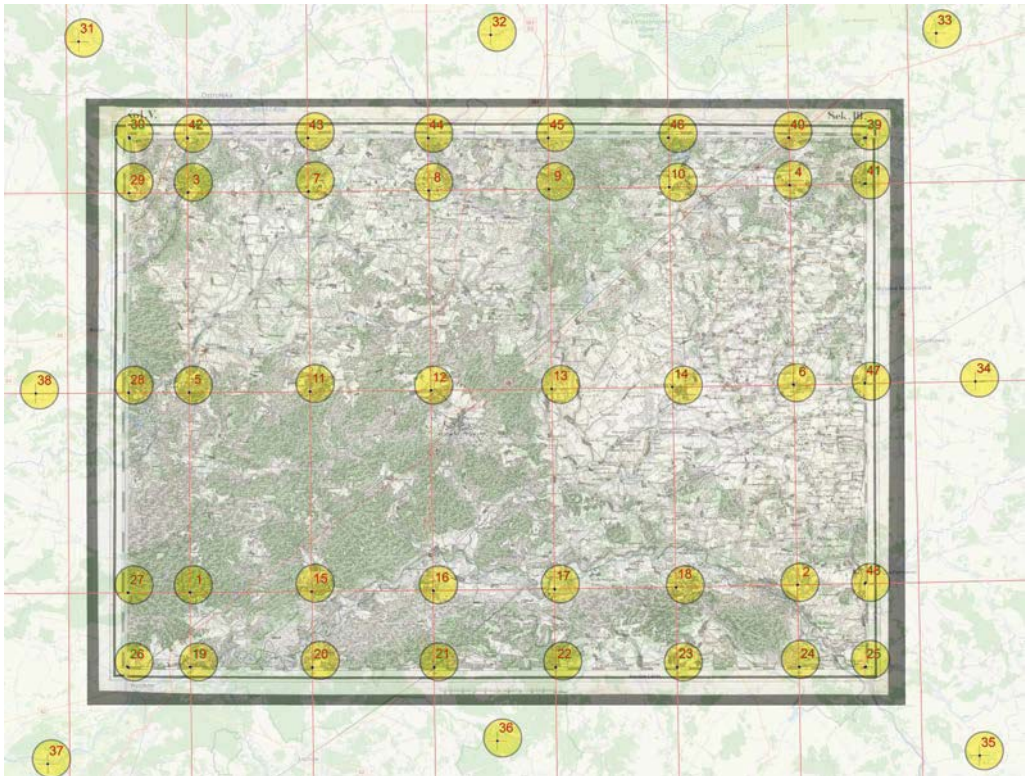
2.4. Rektyfikacja arkuszy i uzgodnienie styków

Opracowanie siatki 10-minutowej dla zasięgu TKKP było ważnym krokiem dla prawidłowej rektyfikacji mapy. Metoda obliczania współrzędnych i rysowania siatki kartograficznej, wpływ czasu, odkształcenia papieru oraz błędy powstające w trakcie skanowania przełożyły się na powstawanie lokalnych deformacji treści mapy, które negatywnie wpływały na proces georeferencji. W celu minimalizacji tych deformacji wszystkie arkusze poddano procesowi rektyfikacji (ryc. 8), tj. naciągnięcia zaznaczonych na mapie punktów przecięcia siatki kartograficznej do korespondujących punktów przecięć generowanej komputerowo siatki 10-minutowej (K. Bojarowski i in. 2000; G. Molnár, G. Timár 2009; A. Affek 2013; J. Kuna 2015). W zależności od rozmiaru i położenia arkusza, liczba punktów przecięć wahała się od kilku do kilkudziesięciu, średnio ok. 41 pkt/arkusz. Dystrybucja punktów była bardzo równomierna i dobrze korespondowała z elementami treści oraz ramką minutową. Podczas rektyfikacji arkuszy przedmiotem szczególnej troski były miejsca wylotu linii siatki 10-minutowej przy krawędziach oraz narożniki – te elementy wykorzystano do uzgodnienia styków między sąsiednimi arkuszami (G. Molnár, G. Timár 2009; J. Cajthaml 2013; J. Kuna 2015). W szczególnych okolicznościach kilkukrotnie poprawiano punkty kontrolne dla lepszego dopasowania styków sąsiednich arkuszy. Tabelę 2513 punktów rektyfikacji poszczególnych arkuszy załączono

```
WKT
PROJCRS[„Bonne_Kingdom_of_Poland2”,
BASEGEOGCRS[„WGS 84”,
DATUM[„World Geodetic System 1984”,
ELLIPSOID[„WGS 84”,6378137,298.257223563,
LENGTHUNIT[„metre”,1]],
ID[„EPSG”,6326]],
PRIMEM[„Greenwich”,0,
ANGLEUNIT[„Degree”,0.0174532925199433]],
CONVERSION[„unnamed”,
METHOD[„Bonne”,
ID[„EPSG”,9827]],
PARAMETER[„Latitude of natural origin”,52.003,
ANGLEUNIT[„Degree”,0.0174532925199433],
ID[„EPSG”,8801]],
PARAMETER[„Longitude of natural origin”,21.025,
ANGLEUNIT[„Degree”,0.0174532925199433],
ID[„EPSG”,8802]],
PARAMETER[„False easting”,0,
LENGTHUNIT[„metre”,1],
ID[„EPSG”,8806]],
PARAMETER[„False northing”,0,
LENGTHUNIT[„metre”,1],
ID[„EPSG”,8807]]],
CS[Cartesian,2],
AXIS[„(E)”,east,
ORDER[1],
LENGTHUNIT[„metre”,1,
ID[„EPSG”,9001]]],
AXIS[„(N)”,north,
ORDER[2],
LENGTHUNIT[„metre”,1,
ID[„EPSG”,9001]]]]]
```

w pliku *.CSV* (dane uzupełniające – *TKKP_rectification.csv* – link do danych badawczych zamieszczono na końcu artykułu).

Oznaczenie korespondujących punktów węzłowych i symulacja kalibracji wielomianem 1. stopnia wykazały lokalne zniekształcenia treści od kilkunastu centymetrów do blisko 250 m w terenie (średnio ok. 43 m w terenie, tj. 0,34 mm na mapie), co potwierdza ustalenia K. Bojarowskiego z zespołem (2000, s. 238) w zakresie poprawności geometrii siatki kartograficznej (ryc. 9). Błąd dopasowania nie przekroczył wartości progowej 25,2 m w terenie (0,2 mm na mapie) dla ponad 25% wszystkich punktów kontrolnych, a dalsze 50% punktów mieści się w przedziale 25,2–63 m w terenie (0,2–0,5 mm na mapie). Patrząc na skalę i wiek mapy nawet skrajne przesunięcie 280 m w terenie nie jest przesadnie dużą wartością (od-



Ryc. 8. Arkusz Kol. V, Sek. III *Ostrów Mazowiecka*. Wstępna kalibracja do siatki 10-minutowej metodą wielomianu pierwszego stopnia. Warto zwrócić uwagę na rozmieszczenie punktów peryferyjnych w celu uzgodnienia styków i zachowania zewnętrznej formy arkusza. Rektyfikacja funkcją sklejaną TPS/adjust pozwala usunąć deformacje wewnętrzne mapy powstające w wyniku odkształcenia papieru lub podczas skanowania, podkład OSM. Tabelę zbiorczą 2513 punktów rektyfikacji dla 60 arkuszy załączono w pliku *TKKP_rectification.csv* udostępniono w materiałach uzupełniających (link do danych badawczych zamieszczono na końcu artykułu)

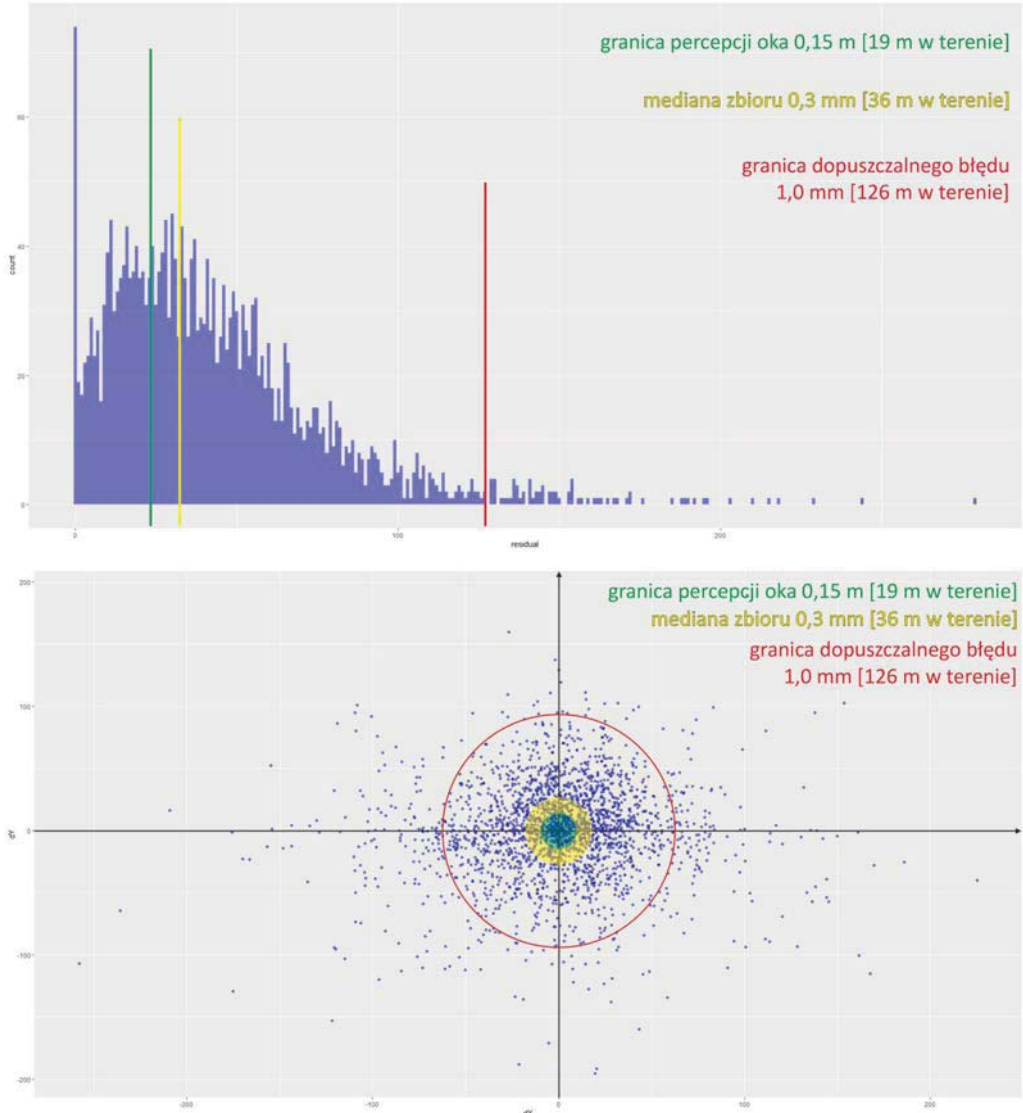
powiada błędowi o wartości 2,2 mm na mapie i dotyczy przecięcia linii siatki znajdującego się poza obszarem treści topograficznej). Pomimo obiecujących wyników rektyfikacji, autorzy uznali, że komentarze (K. Bojarowski i in. 2000, s. 238) dotyczące odchyłki punktów topograficznych dochodzących do 500 m są niepokojące – różnice położenia osnowy matematycznej względem faktycznego położenia treści topograficznej będą powodowały dalszą kumulację błędów na etapie mozaikowania i georeferencji. Mając na uwadze wysokie wymagania współczesnego odbiorcy autorzy wykonali rektyfikację wszystkich 60 arkuszy metodą segmentacji rastra i funkcji sklejaną TPS/adjust (T. Fuse i in. 1998; E. Shimizu, T. Fuse 2003).

2.5. Opracowanie skorowidza wektorowego i cięcie arkuszy, mozaikowanie rastra

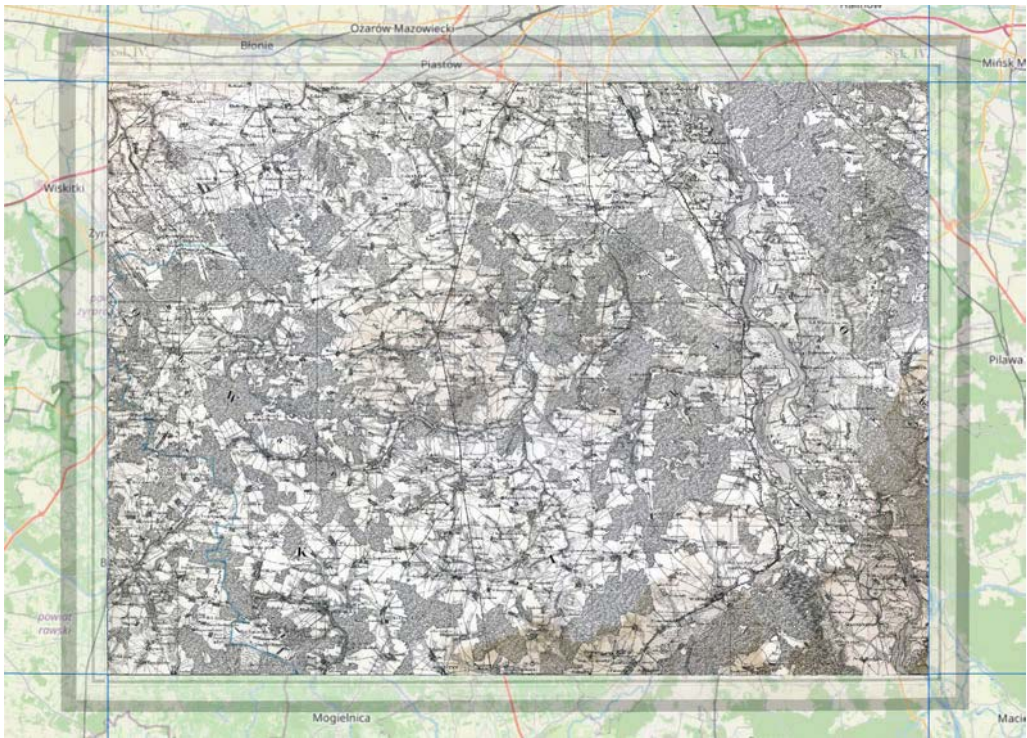
Po wykonaniu rektyfikacji kolejnym etapem prac kameralnych było przygotowanie skorowidza arkuszy w formie wektorowej. Główną trudnością tego etapu była nieregularna forma arkuszy – chociaż na pierwszy rzut oka są zbliżone do prostokątów, w rzeczywistości zasięg każdego arkusza stanowi indywidualny wielobok (poligon). Konieczne okazało się ręczne wyrysowanie granic między arkuszami. Istotnym elementem tego etapu prac było zachowanie spójności topologicznej między poligonami reprezentującymi poszczególne zasięgi. W tym

celu zdecydowano, żeby w pierwszej kolejności wykonać zewnętrzny obrys wszystkich 60 arkuszy, a w dalszych krokach wycinać poszczególne wieloboki. Uzgodnienie styków arkuszy wykonano od arkusza zawierającego początek układu współrzędnych (Kol. IV, Sek. IV)

gólne wieloboki. Uzgodnienie styków arkuszy wykonano od arkusza zawierającego początek układu współrzędnych (Kol. IV, Sek. IV)



Ryc. 9. Zniekształcenia TKKP uzyskane w wyniku rektyfikacji poszczególnych arkuszy do siatki 10-minutowej w wygenerowanym odwzorowaniu Bonne'a. Na górze – w analizie statystycznej dominują wartości błędów ok. 20–40 m w terenie (ok. 0,16–0,32 mm na mapie). Histogram asymetryczny lewostronny (dodatni). Wskaźniki statystyczne: minimum = 0,0 m; kwartył 1 = 18,79 m; mediana = 36,28 m; średnia = 43,25 m; kwartył 3 = 58,21 m; maksimum = 279,1 m. Na dole – przesunięcia dX, dY punktów kontrolnych. Różnice między transformacją afiniczną (wielomian pierwszego stopnia) i transformacją sklejaną (TPS/adjust) dochodzą do ± 250 m w osi W–E oraz ± 200 m w osi N–S. Wartości średnie dX, dY są skrajnie bliskie 0, co oznacza, że mimo rozrzutu poszczególnych punktów, deformacje arkuszy nie mają określonego charakteru kierunkowego. W materiałach uzupełniających udostępniono pliki wykresów w wysokiej rozdzielczości



Ryc. 10. Arkusz Kol. IV, Sek. IV Piaseczno – kopia netto po przycięciu maską wektorową. Wymaskowaną treść oryginalnego arkusza przedstawiono z przezroczystością 75%; 20% wielkości oryginalnej, podkład OSM

w kierunku arkuszy peryferyjnych (ryc. 10); dzięki tak zaplanowanym działaniom, dla większości arkuszy możliwe było uzgodnienie dwóch krawędzi już na etapie wstępnej rektyfikacji.

W dalszej kolejności skorowidz wektorowy wykorzystano do przycięcia poszczególnych arkuszy oraz utworzenia maski przezroczystości (kanał alfa) dla elementów znajdujących się poza obszarem ramki wewnętrznej. W ten sposób uzyskano zestaw kopii 'netto', zawierających tylko treść mapową (ryc. 11). Pliki uporządkowano w postaci stosu warstw i ponownie wykonano kontrolę wizualną uzgodnienia styków. Mankamentem pozostały nieznaczne wadliwe uzgodnienia styków wynikające z niedokładnego fizycznego obcięcia ramki w materiale źródłowym (sekcja I.III, ryc. 3, 11 i 12).

Po zatwierdzeniu projekt wyeksportowano do postaci jednolitego pliku mozaiki w formacie BigTIFF. Ze względu na konieczność optymalizacji zasobów, plik docelowy ma postać maczycy o wielkości ok. 75 tys. × 92 tys. pikseli,

rozdzielczość 500 dpi i 8-bitową głębię kolorów (skala szarości). Rozmiar nieskompresowanego pliku GeoTIFF to ponad 13 GB! Ponieważ manipulacja tak dużym plikiem w programie typu desktop GIS wymaga użycia bardzo dużych zasobów komputera (program wczytuje zawartość całego pliku do pamięci podręcznej RAM), przed rozpoczęciem georeferencji właściwej plik poddano dalszej optymalizacji chmurowej w środowisku GDAL (2024).

Pliki GeoTIFF zoptymalizowane chmurowo (ang. *Cloud Optimized GeoTIFF*, dalej: COG; por. Open Geospatial Consortium, 2024) zmieniają strukturę zapisu danych – raster zostaje wewnętrznie podzielony na szereg mniejszych paczek danych tzw. kafelków, którym zostaje nadany indeks hierarchiczny (zależny od przybliżenia widoku) i przestrzenny (w obrębie maczycy rastra). Odpowiednia konstrukcja indeksu pozwala tymczasowo wczytywać do programu tylko wybrane (widoczne w danym momencie) fragmenty rastra, bez konieczności wczytywa-



Ryc. 11. Uzgodnienie styków czterech peryferyjnych arkuszy Kol. VI, Sek. I, Kol. VI, Sek. II, Kol. VII, Sek. I, Kol. VII, Sek. II. Warto zwrócić uwagę na braki treści lewej krawędzi arkusza Kol. VII, Sek. II. spowodowane nieprawidłowym fizycznym obcięciem krawędzi w materiale źródłowym; 200% wielkości oryginalnej

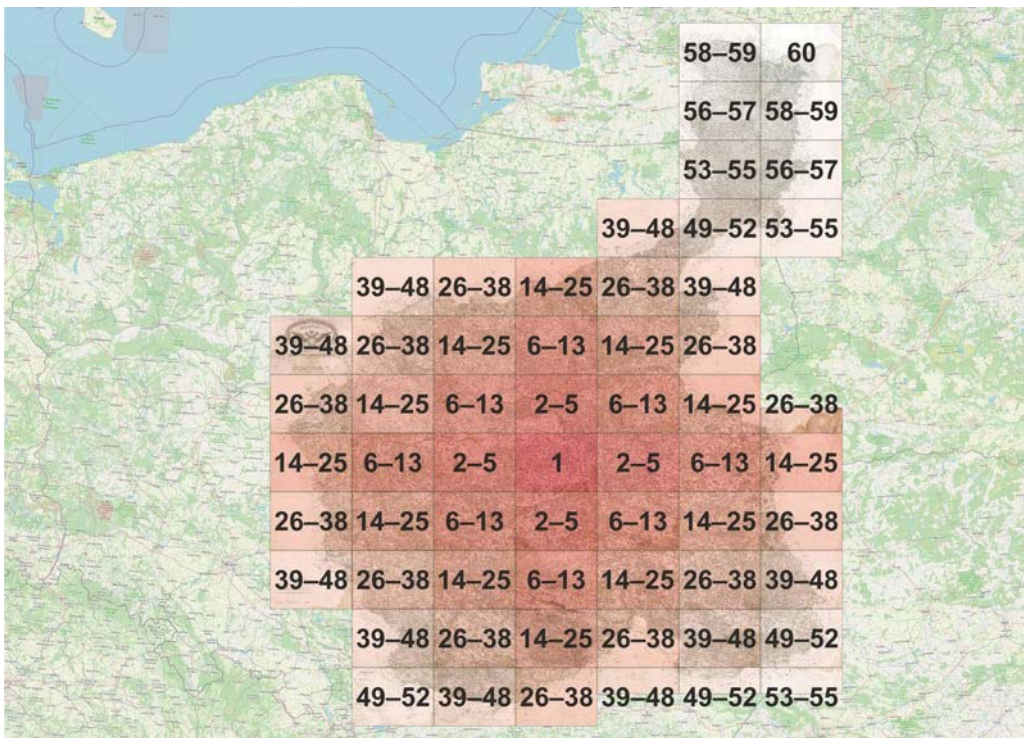
nia całości pliku do pamięci podręcznej. Zastosowanie kompresji JPEG pozwoliło, kosztem nieznacznej utraty jakości, zmniejszyć rozmiar pliku do 1,2 GB, tj około 10-krotnie. Pliki COG są odczytywane przez programy typu desktop tak samo jak standardowe pliki GeoTIFF i można wykonywać na nich pełny zestaw operacji rastrowych, łącznie z georeferencją, mozaikowaniem, etc.

2.6. Georeferencja właściwa

Georeferencja właściwa jednolitej mozaiki TKKP COG przebiegała w sposób analogiczny do standardowych metod georeferencji map dawnych, jednak w dużo większej skali przestrzennej. Dla zachowania kompatybilności z popularnymi usługami danych przestrzennych GUGiK jako docelowy zastosowano układ współrzędnych ETRF2000/PL-1992

(EPSG:2180). Georeferencję wykonano na podstawie punktów stabilnych (*Control Points*, Cps). Podstawową referencją była *Wizualizacja BDOT10k* udostępniona przez GUGiK jako usługa WMTS (Geoportal 2024). Dla arkuszy mapy Kwatermistrzostwa, których treść wykracza poza granice współczesnej Polski, jako referencję wykorzystano *Open Street Map*. W kilku przypadkach, kiedy na współczesnej mapie referencyjnej nie można było zlokalizować punktów stabilnych, posiłowano się mapą taktyczną Polski w skali 1:100 000 udostępnioną w postaci usługi WMS przez projekt *Mapy z przeszłością*. Nie była to znacząca liczba CPs, stąd w tym przypadku nie wskazywano w analizie, która mapa była źródłem referencji.

Podczas kalibracji ustalono hierarchię wskazywania punktów referencyjnych. Analogicznie do analiz kartometryczności powstałych jeszcze w połowie XX wieku (D. Kwiatkowski 1956, S. Pietkiewicz 1960), w pierwszej kolejności



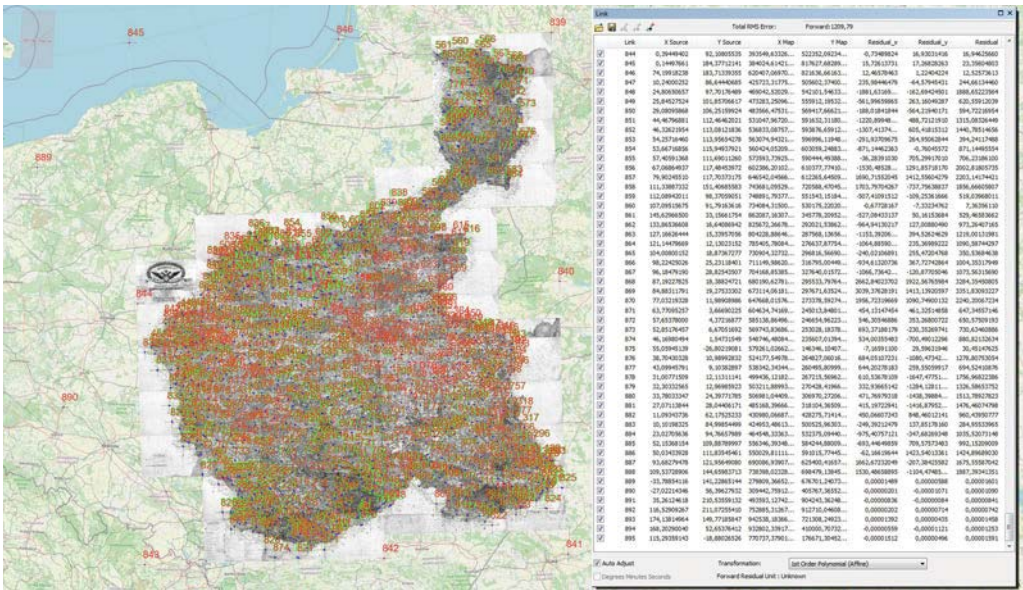
Ryc. 12. Kolejność rektyfikacji i uzgodnienia styków od arkusza początkowego (Kol. IV, Sek. IV) na zewnątrz. Dzięki tak zaplanowanym działaniom, dla większości arkuszy możliwe było uzgodnienie dwóch krawędzi już na etapie wstępnej rektyfikacji; podkład OSM

wybijano obiekty sakralne, które istniały zarówno na mapie archiwalnej, jak i na mapie referencyjnej. W przypadku ich braku, szczególnie na obszarach oddalonych od osad preferowano wykorzystanie skrzyżowań dróg jako alternatywnych lokalizacji dla punktów stabilnych. Łącznie oznaczono 884 punktów dopasowania treści sytuacyjnej oraz 11 punktów peryferyjnych służących zachowaniu zewnętrznego kształtu mapy. Tabelę 895 referencyjnych punktów kontrolnych załączono w pliku .CSV (ryc. 13; dane uzupełniające – *TKKP_georeferencing_points.csv*).

W wyniku oznaczenia punktów kontrolnych uzyskano parametry transformacji afinicznej (translacja, rotacja, skalowanie w jednej lub obu osiach, pochylenie) wyrażone wzorem macierzowym (ryc. 14). Wskaźniki B i C o wartościach równych 0 wskazują konforemny charakter transformacji. W ujęciu globalnym nie następuje rotacja południka osiowego, ani

pochylenie żadnej z osi układu – *de facto* warunki transformacji ulegają redukcji do dwuparametrowej funkcji Helmerta (translacja, skalowanie jednokładne).

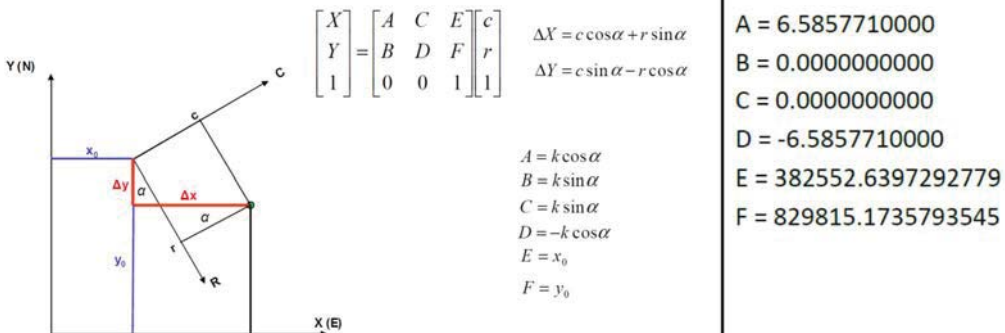
Analiza rozkładu zniekształceń na podstawie oszacowania najmniejszych średnich odległości dla konforemnego wielomianu 1. stopnia wykazała przesunięcia od 7 do 4134 metrów w terenie, co odpowiada wartościom od 0,05 do 32,8 milimetra na fizycznym arkuszu mapy (ryc. 15). Średni błąd kwadratowy (ang. *Root Mean Square Error, Gaussian Error*, dalej: RMSE) całej macierzy przekształcenia wyniósł 1209,8 metra w terenie, tj. 9,6 mm w skali mapy. Jest to wartość niemal dwukrotnie wyższa niż wartość obliczona przez D. Kwiatkowskiego (1956) i powtarzana przez S. Pietkiewicza (1960, 1995, s. 106–107). Trudno jednoznacznie ustalić czy powodem różnicy jest wykonanie analizy na scalonej mozaice mapy (D. Kwiatkowski analizował tylko dwa wybrane arkusze),



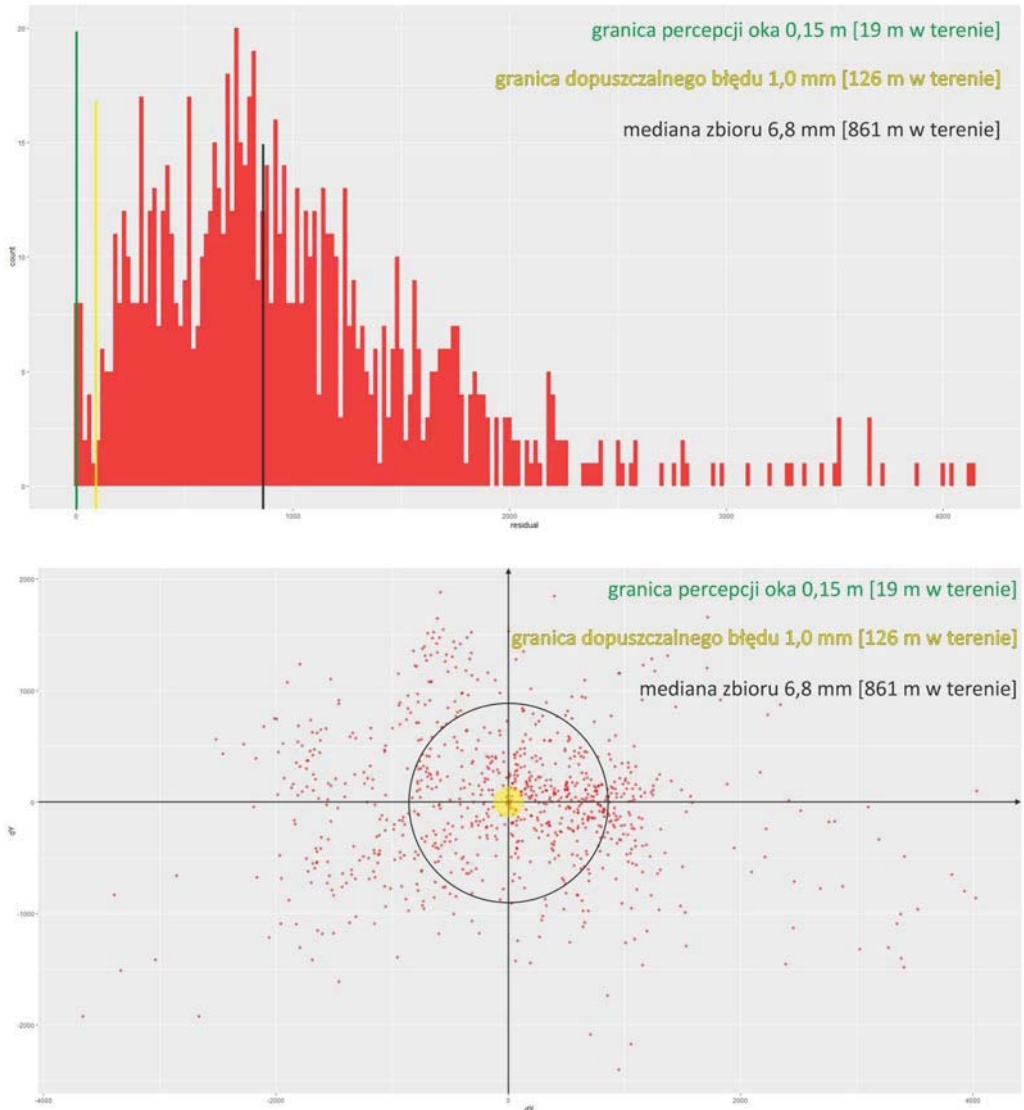
Ryc. 13. Rozkład punktów georeferencji dla scalonej mozaiki TKKP – oznaczono 884 punkty dopasowania oraz 11 punktów peryferyjnych dla zachowania spójnego kształtu mapy po segmentacji. Podkład OSM. Wszystkie punkty kontrolne w pliku *TKKP_georeferencing_points.csv* udostępniono w materiałach uzupełniających

stosowanie do obliczeń dla ponad 40-krotnie większej liczby punktów pomiarowych (D. Kwiatkowski uwzględniał tylko tereny zabudowane), czy zastosowanie bardziej dokładnych danych referencyjnych (D. Kwiatkowski wykorzystywał mapę taktyczną WIG). Biorąc pod uwagę różnice odwzorowania pierwotnego (pseudoczoł-

kowe wiernopowierzchniowe) i docelowego (walcowe poprzeczne wiernokątne), wiek mapy, wielkość obszaru opracowania, skalę, wady techniczne oryginalnych archiwaliów i ich kopii cyfrowych, osiągnięty rezultat należy ocenić krytycznie. Różnica położenia elementów treści mapy i obiektów referencyjnych w 99,9% przy-

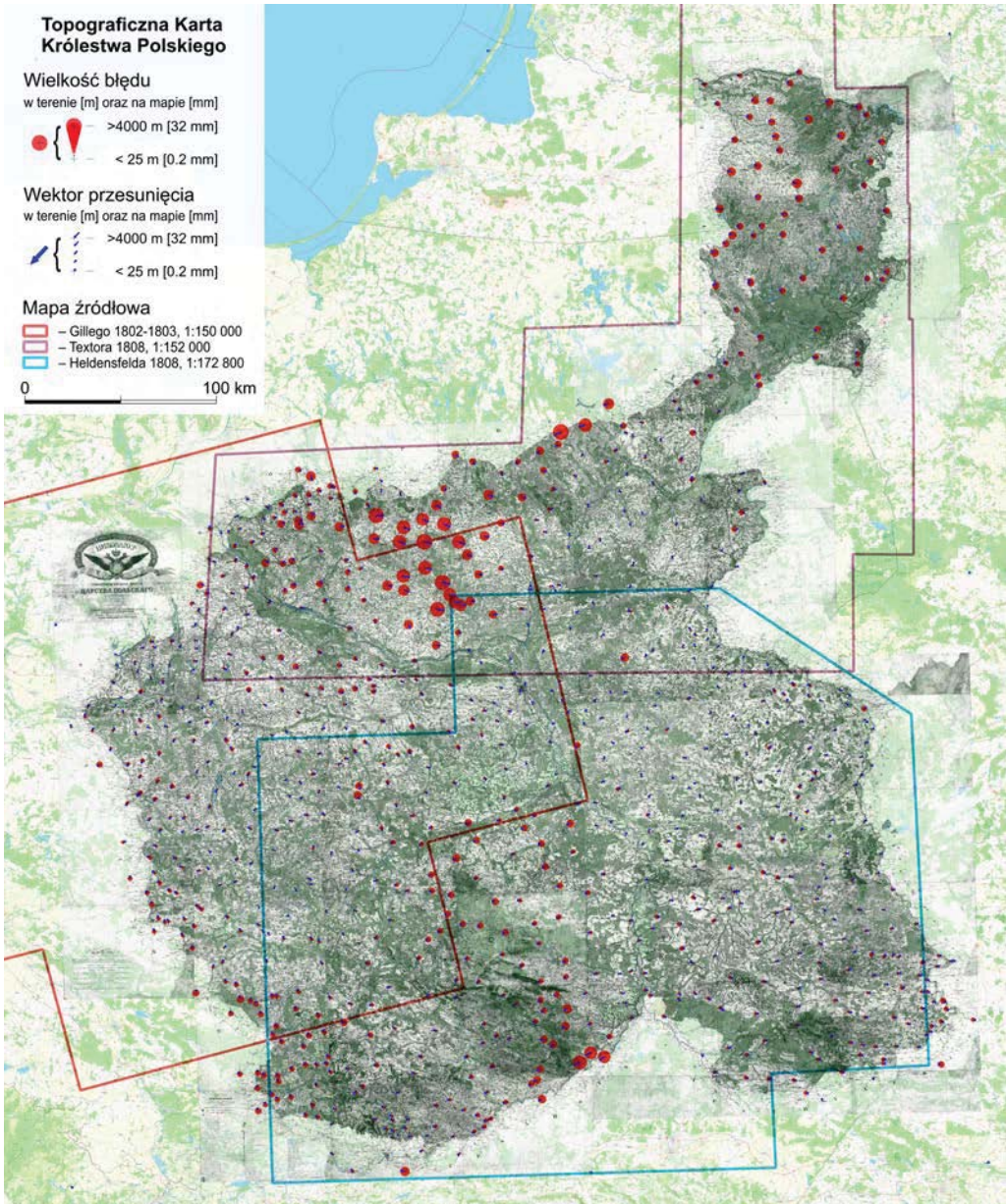


Ryc. 14. Założenia matematyczne i obliczone parametry transformacji afinicznej (wielomian 1. stopnia) rastra scalonej mozaiki TKKP. Wskaźniki B i C o wartościach równych 0 wskazują konforemny charakter transformacji. W ujęciu globalnym warunki transformacji ulegają redukcji do dwuparametrowej funkcji Helmerta (brak rotacji południka osiowego, brak pochylenia osi układu)



Ryc. 15. Zniekształcenia TKKP uzyskane w wyniku kalibracji scalonej mozaiki na punkty kontrolne. Na górze – w analizie statystycznej dominują wartości błędu ok. 800–900 m w terenie (ok. 6–7 mm na mapie). Histogram asymetryczny lewostronny (dodatni). Wskaźniki statystyczne: minimum = 0,0... m; kwartył 1 = 520,0 m; mediana = 861,4 m; średnia = 996,6 m; kwartył 3 = 1293,7 m; maksimum = 4134,5 m. Na dole – przesunięcia dX , dY punktów kontrolnych. Różnice między transformacją afiniczną (wielomian pierwszego stopnia) i transformacją sklejaną (TPS/adjust) dochodzą do ± 4000 m w osi W–E oraz $-3000/+2000$ m w osi N–S. Wartości średnie dX , dY są skrajnie bliskie 0, co oznacza, że mimo znacznego rozrzutu poszczególnych punktów, środek ciężkości transformacji (układ współrzędnych *Bonne_Kingdom_of_Poland2*) został wyznaczony poprawnie.

W materiałach uzupełniających udostępniono pliki wykresów w wysokiej rozdzielczości



Ryc. 16. Rozkład zniekształceń TKKP w wyniku georeferencji scalonej mozaiki dla 895 punktów kontrolnych w układzie PL-1992 (EPSG: 2180). Promień czerwonych kół odpowiada rzeczywistej wielkości błędu w terenie, granatowe strzałki przedstawiają kierunek i wielkość przemieszczenia podczas segmentacji rastra. Zasięgi map źródłowych (Gillego, Textora, Heldensfelda) oznaczono kolorowymi obrysami. Rozmiar oryginału ryciny 420 × 350 mm, skala 1:1 500 000, rozdzielczość 600 dpi. W materiałach uzupełniających udostępniono wysoko-rozdzielczy plik mapy zniekształceń w formacie .JPG z georeferencją w .JGW

padków przekroczyła wartość 25,2 m w terenie (0,2 mm na mapie). Zaledwie 14 punktów kontrolnych (1,5%) osiągnęło wartość poniżej 126 m w terenie [1 mm na mapie]. Dla 70% wszystkich punktów błąd mieścił się w przedziale 126–1260 m (od 1 mm do 10 mm na mapie), 26,5% punktów uzyskało wartość przesunięcia powyżej 1260 m w terenie (pow. 10 mm na mapie). Histogram błędów transformacji wielomianem pierwszego stopnia ma charakter asymetryczny dodatni (lewostronny). Wartość średniej arytmetycznej (996,6 m) przewyższa wartość mediany (861,4 m) o ponad 15%, co oznacza, że nieliczne wartości odstające zawyżają przeciętny błąd całego dopasowania.

Co istotne, przestrzenny rozkład zniekształceń jest bardzo nieregularny (ryc. 16). Punkty o bardzo wysokich wartościach przesunięć grupują się w północnej części mapy, od linii Wisły (Nowy Dwór Mazowiecki – Płock) w kierunku granicy z Prusami (Dobrzyń – Mława). Ten obszar był częściowo objęty kartowaniem Gillego (1802–1803) i w całości Textora (1808). Największe lokalne przesunięcia mają kierunek zachodni (oryginał mapy był narysowany za daleko na wschód) i wahają się od 1000 do ponad 4000 m w terenie. Drugi obszar zwiększonych wartości niedopasowania jest zauważalny w południowej części mapy w okolicy Połańca (woj. świętokrzyskie). Obszar ten był objęty mapą Galicji Zachodniej A. Heldensfelda (1808). Największe lokalne przesunięcia mają kierunek północno-wschodni i osiągają około 4000 m w terenie w dolinie Wisły. Porównując wartości rektyfikacji arkuszy do siatki (podrozdział 2.4) i właściwej georeferencji do punktów kontrolnych (podrozdział 2.6) można wnioskować, że główną przyczyną niedokładności georeferencji jest rzeczywiście niska kartometryczność materiału źródłowego. Pozostałe błędy, wynikające z deformacji skanów, niedokładnego przycięcia arkuszy oraz zmiany odwzorowania kartograficznego mapy należy uznać za marginalne. Występowanie największych zniekształceń w odludnych obszarach leśnych (bagna na północy, tereny wyżynne i górskie na południu) nie jest zaskoczeniem, jednak zaskakujące jest to, że są one zlokalizowane w centralnej części Królestwa Polskiego. Czy mapa Kwaternistrzostwa była zwykłą kompilacją wcześniejszych map? Czy duże zniekształcenia występują na terenach o małym znaczeniu strategicznym, które zlekceważono

w pracach terenowych? Przeprowadzenie analogicznych badań dla map Gillego, Textora i Heldensfelda może przynieść odpowiedzi na te pytania.

Georeferencyjną mozaikę TKKP poddano przekształceniu funkcją sklejaną TPS/adjust (ang. *rubber-sheeting*), która powoduje segmentację obrazu w nieregularnej sieci trójkątów i bezwzględne dopasowanie treści mapy do punktów kontrolnych. Tak przygotowany plik wygenerowano jako nową kopię i zapisano w układzie ETRF/PL-1992 (EPSG:2180). Ostatecznie utworzono nową kopię w odwzorowaniu WGS84/Web-Mercator (EPSG:3857) i opublikowano w standardzie zgodnym z *OpenStreetMap*.

3. Podsumowanie

Topograficzna Karta Królestwa Polskiego jest bezcennym i epokowym źródłem informacji o przeszłości ziem Królestwa Polskiego. Bogactwo i szczegółowość treści, estetyka rysunku, spójność graficzna, technika reprodukcji są świadectwem osiągnięć nauki i techniki pierwszej połowy XIX wieku.

Przeprowadzone badania (podrozdział 2.4) potwierdzają ustalenia zespołu K. Bojarowskiego (2000) dotyczące bardzo wysokiej precyzji rysunku siatki kartograficznej w odwzorowaniu Bonne'a. Błąd średni rektyfikacji arkuszy do siatki wyniósł 43 m w terenie (tj. 0,34 mm na mapie), a zaledwie 3% punktów węzłowych siatki było przesuniętych o więcej niż 126 m w terenie (1 mm na mapie) – maksymalnie ok. 280 m w terenie (tj. 2,2 mm na mapie). Przeprowadzona analiza podważa negatywną opinię B. Krassowskiego (1978) na temat odkształceń papieru, chociaż oczywiście najprawdopodobniej badał on inny zestaw arkuszy TKKP.

Z drugiej strony analiza położenia elementów treści mapy względem terenowych punktów kontrolnych (podrozdział 2.6) wykazała znacząco większe przesunięcia niż opisane w dotychczasowej literaturze (D. Kwiatkowski 1956, S. Pietkiewicz 1960, K. Bojarowski i in. 2000). Średnia przesunięć na poziomie 996 m jest blisko 1,5-krotnie większa niż wskazywana przez S. Pietkiewicza (1960). Dla 99,9% przypadków przekracza ona wartość 25,2 m w terenie (0,2 mm na mapie), zaledwie 1,5% mieści się w przedziale 25,2–126 m (0,2–1,0 mm na

mapie), a ponad 70% punktów posiada przesunięcia w zakresie 126–1260 m w terenie (1,0–10,0 mm na mapie). Są to wartości dosyć typowe dla map badanej epoki, jednak bez odpowiedniej korekty wskazane zniekształcenia dyskwalifikowałyby TKKP jako źródło do kartometrycznych analiz ilościowych (pomiaru długości i powierzchni elementów topografii). Niestety, ponad 26% punktów ma przesunięcia powyżej 1260 m w terenie (10,0 mm na mapie) – przy tak dużej liczbie punktów oraz ich miejscowym nagromadzeniu nie może być mowy o błędnej interpretacji elementów treści.

Powyższe spostrzeżenia pozwalają wyciągnąć trzy wnioski uogólniające:

1. Pomimo znakomitych parametrów geometrycznych, bez ustalenia właściwych relacji elipsoidy Wallbecka do WGS84, siatka geograficzna układu Bonne'a nie jest wiarygodnym elementem osnowy matematycznej (ryc. 7 i 9). Ten kierunek wymaga dalszych pogłębionych badań w zakresie położenia elementów sieci triangulacyjnej w XIX wieku, a to zagadnienie wykracza poza ramy niniejszego artykułu.

2. Nierównomierna dystrybucja przesunięć elementów treści topograficznej wykazana na wykresach i mapach (ryc. 15 i 16, materiały uzupełniające) przekreśla mīt o wysokiej kartometryczności i jednolitym charakterze dzieła.

3. Drobiazgowo oznaczenie zniekształceń TKKP (podrozdział 2.6) prowadzi do ciekawych spostrzeżeń dotyczących korelacji zniekształceń względem map źródłowych (Gilligo, Textora, Heldensfelda) i rodzi nowe pytania o sposób opracowania poszczególnych arkuszy mapy Kwatermistrzostwa.

Scalenie i georeferencja jednolitej mozaiki TKKP stanowiły duże wyzwanie. Nie udało się określić transformacji siatki układu Bonne'a i rzeczywistych obiektów terenowych, która umożliwiłaby bezpośrednią kalibrację z wykorzystaniem współrzędnych mapy. Opracowana podstawa matematyczna daje zadowalające przybliżenie w zakresie kształtu siatki do rektyfikacji arkuszy (ryc. 7). Niestety, ze względu na nieregularny zasięg arkuszy, niezbędna była manualna wektoryzacja skorowidza. Pomimo ubytków treści w pobliżu fizycznie uciętych ramek skanów z Biblioteki im. Jerzego Giedroycia w Białymstoku, uzgodnienie styków jest zadowalające – mozaika jest spójna i poza nielicznymi wyjątkami przedstawia teren w postaci ciągłej (ryc. 11 i 12). Georeferencja właściwa

z wykorzystaniem obiektów topograficznych jako punktów kontrolnych była bardzo pracochłonna, ale dzięki temu możliwe było przetworzenie TKKP do postaci możliwie zgodnej ze współczesnymi danymi referencyjnymi (ryc. 1, ryc. 13). Załączone tabele punktów kontrolnych (materiały uzupełniające) i kartograficzna wizualizacja zniekształceń (ryc. 16) stanowią „certyfikat jakości” opracowanej edycji cyfrowej. Autorzy mają nadzieję, że publikacja TKKP w portalu *Mapy z przeszłością* i w postaci usług Open Geospatial Consortium na licencji *Creative Commons* (2024) BY-NC 4.0 (Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne 4.0 Międzynarodowe) przysłuży się społeczności naukowej Polski i Europy Środkowej i będzie podstawą wielu dalszych badań w nurcie Spatial Humanities. Przeprowadzone postępowanie metodyczne ma charakter uniwersalny i może być wykorzystane do opracowania map wieloarkuszowych zarówno o regularnych jak i nieregularnych cięciach sekcyjnych. Otwiera to drogę do opracowania wielu innych map – od skal lokalnych (plany pomiarowe miast i terenów wiejskich) po mapy całego świata.

Podziękowania

Prace związane z cyfrowym przetwarzaniem mapy (mozaikowanie, kalibracja) zostały sfinansowane z grantu „Atlas Historyczny Polski 2.0” (Społeczna odpowiedzialność nauki, SONP/SP/466930/2020, 2020-2023, kierownik dr Tomasz Panecki).

Badania pilotażowe w zakresie opracowania jednolitej georeferencyjnej mozaiki Topograficznej Karty Królestwa Polskiego wykonano z wykorzystaniem infrastruktury informatycznej Centrum Sztucznej Inteligencji i Modelowania Komputerowego UMCS w Lublinie, dofinansowanej w ramach projektu *Cyfrowa infrastruktura badawcza dla humanistyki i nauk o sztuce DARIAH-PL* (DARIAH.LAB POIR. 04.02.00-00-D006/20).

Opracowanie mapy w formie serwisów usług przestrzennych OGC było możliwe dzięki platformie CENAGIS i zaangażowaniu pracowników Zakładu Kartografii Politechniki Warszawskiej, m.in. prof. Dariusza Gotliba i mgr. inż. Kamila Choromańskiego, a także pracowników Zakładu Atlasu Historycznego Instytutu Historii Polskiej Akademii Nauk: inż. Anieli Wrzesińskiej i mgr. inż. Grzegorza Myrdy.

Literatura

- Affek A., 2012, *Kalibracja map historycznych z zastosowaniem GIS*. „Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG” T. 16, 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, no. 4, s. 375–390.
- Babicz J., 1995, *Nowe materiały kartograficzne i opisy do dziejów powstania Mapy Kwatermistrzostwa w kontekście literatury i źródeł*. W: *Dwudziestolecie Zespołu Historii Kartografii przy Instytucie Historii Nauki PAN*. „Z Dziejów Kartografii” T. 7 s. 141–179.
- Balletti C., 2006, *Georeference in the analysis of the geometric content of early maps*. „e-Perimtron” Vol. 1, no. 1, s. 32–39.
- Baiocchi V., Lelo K., 2005, *Georeferencing the historical maps of Rome between the seventeenth and eighteenth centuries. International cooperation to save the world's cultural heritage*. W: *CIPA 2005 XX International Symposium*, Torino, Vol. 1, s. 114–118.
- Baiocchi V., Lelo K., 2010, *Accuracy of 1908 high to medium scale cartography of Rome and its surroundings and related georeferencing problems*. „Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica” Vol. 45, s. 97–104.
- Baiocchi V., Lelo K., Milone M.V., Mormile M., 2013, *Accuracy of different georeferencing strategies on historical maps of Rome*. „Geographia Technica” No. 1, s. 10–16.
- Banasik P., Borowski Ł., 2021, *Georeferencing the cadastral map of the Krakow region*. „The Cartographic Journal”, Vol., 58, no. 4, s. 329–340.
- Banasik P., Bujakowski K., 2018, *Najstarsze sieci geodezyjne w Polsce – sieć triangulacyjna na obszarze Staropolskiego Okręgu Przemysłowego*. „Roczniki Geomatyki” T. 16, z. 3, s. 159–174.. 16
- Bauer R., 2013, *Metoda transformacji współrzędnych punktów niejednorodnej sieci triangulacyjnej na układ współrzędnych jednorodnych*. Rozprawa doktorska, promotor J. Sanecki, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Szczecinie, 132 s.
- Biszak S., Timár G., Molnár G., Jankó A., 2007, *Digitized maps of the Habsburg Empire – The Third Military Survey, Ungarn, Siebenbürgen, Kroatien-Slawonien, 1869–1887, 1:25 000*. DVD-
- Bitelli G., Cremonini S., Gatta G., 2009, *Ancient map comparisons and georeferencing techniques: a case study from the Po River Delta (Italy)*. „e-Perimtron” T. 4, no. 4, s. 221–233.
- Bitelli G., Gatta G., 2011, *Experiences on georeferencing of maps from the XIX century Gregorian Cadastre of Bologna (Italy)*. „e-Perimtron” Vol. 6, no. 4, s. 270–275.
- Bojarowski K., Szacherska M., Szozda B., Wolak B., 2000, *Topograficzna Karta Królestwa Polskiego w świetle wyników przetwarzania graficzno-numerycznego*. W: *Kartografia Królestwa Polskiego 1815–1915, „Z Dziejów Kartografii”* T. 10., s. 227–250.
- Borek A., Panecki T., 2016, *Cartographic visualization of historical source data on Atlas Fontium. pl*. W: *Progress in Cartography: EuroCarto 2015*, s. 65–81.
- Borek A., Związek T., Słomski M., Gochna M., Myrda G., Słoń M., 2020, *Technical and methodological foundations of digital indexing of medieval and early modern court books*. „Digital Scholarship in the Humanities” Vol. 35, no. 2, s. 233–253.
- Bozzano M., Sguerso D., Zatelli P., Zendri D., Besana A., 2024, *Accuracy Evaluation for Plan-Reliefs and Historical Maps Created during WWI in Northern Italy*, „ISPRS Intern. Journal of Geo-Information” Vol. 13, no. 3, s. 101. DOI: 10.3390/ijgi13030101
- Brovelli M.A., Minghini M., 2012, *Georeferencing old maps: a polynomial-based approach for Como historical cadastres*. „e-Perimtron” Vol. 7, no. 3, s. 97–110.
- Buczek K., 1963, *Dzieje kartografii polskiej od XV do XVIII wieku. Zarys analityczno-syntetyczny*. Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich.
- Cajthaml J., 2011, *Methods of georeferencing old maps on the example of Czech early maps*. W: *Proceedings of the 25th International Cartographic Conference*, Paris, France. ICA. s. 1–6.
- Cajthaml J., 2013, *Jak georeferencovat staré mapy*, „Kartogr. Listy” R. 21, s. 3–10.
- Cebrykow P., 2015, *Dawne mapy topograficzne Lubelszczyzny jako źródła informacji w badaniach historyczno-geograficznych*. W: A. Czerny (red.), *Dawne mapy topograficzne w badaniach geograficzno-historycznych*. Lublin, Wydawn. UMCS, s. 85–102.
- Czerny A., 2015, *Powstanie i etapy rozwoju map topograficznych do końca XIX wieku*, W: A. Czerny (red.), *Dawne mapy topograficzne w badaniach geograficzno-historycznych*. Wyd. UMCS, Lublin, s. 11–83.
- Degórska B., Kurek A., 2015, *Transformacja krajobrazu wschodnich Kujaw w kontekście zmian użytkowania ziemi i osadnictwa (1770–1970)*. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- Fuse T., Shimizu E., Morichi S., 1998, *A study on geometric correction of historical maps*. „International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing” Vol. 32, s. 543–548.
- Gašperič P., 2023, *A new standardized methodology for analyzing cartographic information on old maps*, *Acta „Geographica Slovenica”* Vol. 6, no. 2, s. 23–49, <https://doi.org/10.3986/AGS.10867>
- Giętowski T., Zachwatowicz M., 2010, *Przemiany krajobrazu – czy można uniknąć złudzeń?* W: Rich-

- ling A., Fuhrmann M., (red.) *Geograficzne spotkania w drodze. Krok trzeci – Warszawa, Materiały III Konferencji Geografów-Doktorantów 10-11 października 2008 r.*, Warszawa: Wydawnictwo WGiSR, s. 63–72
- Gregory I.N., Ell P.S., 2007, *Historical GIS: technologies, methodologies, and scholarship*, Vol. 39. Cambridge University Press.
- Guerra F., Monti C., Balletti C., 2000, *Analytical methods and new technologies for geometrical analysis and georeferenced visualisation of historical maps*. „International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing” Vol. 32, s. 1–7.
- Hartnack W., 1939, *Probleme der deutschen Kartographie des XVI und XVII Jahrhunderts dargestellt am Beispiel der grossen Lubinschen Karte von Pommern aus dem Jahre 1618*. „Deutsche Geographische Blätter” Bd. 42, s. 40–56.
- Jacyk R., 1931, *Analiza mapy Ukrainy Beauplana*. „Polski Przegl. Kartogr.” R. 9, nr 35, s. 66–89.
- Jaskulski M., Łukasiewicz G., Nalej M., 2013, *Porównanie metod transformacji map historycznych*. „Roczniki Geomatyki” T. 14, z. 4, s. 41–57.
- Jaskulski M., Nalej M., 2015, *Preparing historical maps for presentation in a geoportal*. „Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Socio-Oeconomica” T. 22, s. 141–159.
- Jenny B., 2006, *MapAnalyst-A digital tool for the analysis of the planimetric accuracy of historical maps*. „e-Perimtron” Vol. 1, no. 3, s. 239–245.
- Jenny B., Weber A., Hurni L., 2007, *Visualizing the planimetric accuracy of historical maps with MapAnalyst*. „Cartographica” Vol. 42, no 1, s. 89–94.
- Jenny B., Hurni L., 2011, *Studying cartographic heritage: Analysis and visualization of geometric distortions*. „Computers & Graphics” Vol. 35, no. 2, s. 402–411.
- Kluss T., 1964 *Transformacje współrzędnych wykonywane na podstawie punktów łącznych*. „Prace Instytutu Geodezji i Kartografii” T. 9, z. 1(23), s. 11–68.
- Komsta Ł., 2004, *Wprowadzenie do środowiska R*. <http://www.komsta.net>
- Konias A., 1984, *Metody oceny dokładności dawnych map*. W: *Teoretyczne i metodyczne problemy współczesnej kartografii*. „Materiały Ogólnopolskich Konferencji Kartograficznych” T. 10, s. 64–76.
- Konias A., 2000, *Kartografia topograficzna Śląska Cieszyńskiego i zaboru austriackiego od II połowy XVIII wieku do początku XX wieku*. „Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach” Nr 1866.
- Konopska B., 2011, *Geometyczne deformacje treści polskich planów miast do użytku ogólnego w latach 1955–1981*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 43, nr 4, s. 354–368.
- Krejčí J., 2009, *Methods for georeferencing early maps*. „The Bulletin of the Society of Cartographers” Vol. 43, no. 1-2, s. 45–48.
- Krassowski B., 1973, *Polska kartografia wojskowa w latach 1918–1945*. Warszawa: Wydawnictwo MON.
- Krassowski B., 1978, *Topograficzna Karta Królestwa Polskiego (1822–1843)*. „Zabytki polskiej kartografii” Z. 1. Warszawa: Biblioteka Narodowa.
- Krzywicka-Blum E., 1994, *Nowa metoda analizy i prezentacji zmienności skali dawnych map dużych obszarów*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 26, nr 2, s. 75–84.
- Kuna J., 2015, *Metodyczne aspekty analiz przestrzennych GIS wykorzystujących dawne mapy topograficzne*. W: A. Czerny (red.), *Dawne mapy topograficzne w badaniach geograficzno-historycznych*. Lublin: Wydawn. UMCS, s. 125–149.
- Kuźma M., 2020, *The use of GIS tools in the automation of examining the cartometry of old maps*. „Polish Cartogr. Review” Vol. 52, no. 4, s. 152–161.
- Kuźma M., 2021, *Przegląd metod wizualizacji wiarygodności dawnych map pod względem dokładności geometrycznej na przykładzie mapy Śląska Cieszyńskiego*. „Studia Geohistorica” Nr 9, s. 81–94.
- Kwiatkowski D., 1956, *Dokładność „Topograficznej Karty Królestwa Polskiego”*. Praca magisterska. Uniwersytet Warszawski, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Katedra Kartografii.
- Ligas M., Banasik P., 2011, *Conversion between Cartesian and geodetic coordinates on a rotational ellipsoid by solving a system of nonlinear equations*. „Godesy and Cartography” Vol. 60, no. 2, s. 145–159.
- Lorek D., 2017, *Ocena doboru metod implementacji XIX-wiecznych map topograficznych do współczesnego układu współrzędnych w aplikacji QGIS*. „Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Rocznik 8, Seria A: Geografia Fizyczna” (A68), s. 47–59.
- Lorek D., Medynska-Gulij B., Cybulski P., Horbinski T., 2019, *Digital processing of old topographical maps for the reference base for quantitative and qualitative studies of landscape changes*. Abstracts of the ICA Conference, Tokyo, 1.
- Łuczynski J., 2001, *Analiza dokładności mapy Wielkiego Księstwa Litewskiego Tomasza Makowskiego z 1613 r., tzw. radziwiłłowskiej na podstawie siatki zniekształceń*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 33, nr 4, s. 365–371.
- Meksuła M.W., Grzechnik L., 2015, *Ewolucja grafiki polskich map topograficznych*. W: A. Czerny (red.), *Dawne mapy topograficzne w badaniach geograficzno-historycznych*, Lublin: Wydawn. UMCS, s. 179–205.
- Merczyng H., 1913, *Mapa Litwy z r. 1613 ks. Radziwiłła Sierotki pod względem matematycznym i kartograficznym*, „Sprawozdania z posiedzeń Towarzystwa Naukowego Warszawskiego” R. 6, z. 6, s. 416–441.
- Molnár G., Timár G., 2009, *Mosaicking of the 1:75 000 sheets of the Third Military Survey of the Habsburg Empire*. „Ata Geodaetica et Geophysica Hungarica” Vol. 44, no. 1, s. 115–120.,

- Molnár G., 2010, *Making a georeferenced mosaic of historical map series using constrained polynomial fit*. „Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica” Vol. 45, no. 1, s. 24–30.
- Nicolai R., 2018, *Analysing MapAnalyst and its application to portolan charts*. „e-Perimtron” Vol. 13, no. 3, s. 121–140.
- Nieścioruk K., 2004, *Z metodyki badania map dawnych*. „Annales UMCS” T. 59, s. 273–281.
- Nieścioruk K., 2007, *Kartometryczność w kompleksowym podejściu do badania planów dawnych. W: Współczesne problemy metodyki kartograficznej*. „Prace i Studia Kartograficzne OK PTG” T. 1, s. 195–199.
- Nieścioruk K., 2007, *Analiza i ocena XVIII-wiecznego planu Lublina jako przykład kompleksowych badań dawnych materiałów kartograficznych*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 39, nr 2, s. 146–158.
- Nieścioruk K., 2013, *Cartographic source materials and cartographic method of research in the past environment analyses*. „Bulletin of Geography. Socio-economic Series” No. 22, s. 81–95.
- Nita J., Myga-Piątek U., 2012, *Rola GIS w ocenie historycznych opracowań kartograficznych na przykładzie Wyżyny Częstochowskiej*. „Prace Komisji Krajoznawstwa Kulturowego” T. 16, s. 116–135.
- Novak A., Ostash V., 2022, *Digitizing historical maps and their presentation in online map collections*. „e-Perimtron” Vol. 17, no. 1, s. 33–44.
- Olszewicz B., 1921, *Polska kartografia wojskowa (Zarys historyczny)*. Warszawa: Główna Księgarnia Wojskowa.
- Ostrowski J., 2014, *Praca Henryka Merczynga z 1913 roku o radziwiłłowskiej mapie Litwy i jej wpływ na polskie badania dokładności dawnych map (w setną rocznicę publikacji)*. W: *Dawne mapy jako źródła w badaniach geograficznych i historycznych*, „Z Dziejów Kartografii” T. 18, s. 35–52.
- Ostrowski W., Karsznia I., Panecki T., 2018, *Comparative analysis of a characterization of the built-up area and settlement network on Polish topographic maps from the 19th, 20th and 21st centuries*. „Polish Cartogr. Review” Vol. 50, no. 2, s. 73–86.
- Panecki T., 2014, *Problemy kalibracji mapy szczegółowej Polski w skali 1:25 000 Wojskowego Instytutu Geograficznego w Warszawie*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 46, nr 2, s. 162–172.
- Panecki T., 2015, *The evaluation of archival maps in geohistorical research*. „Miscellanea Geographica” Vol. 19, no. 4, s. 72–77.
- Panecki T., 2017, *Quantitative assessment of the scope of content of selected topographic maps of Polish lands from the 19th and the first half of the 20th century*. „Polish Cartogr. Review” Vol. 49, no. 4, s. 151–165.
- Panecki T., 2021, *From Historic Cartography to Historical Mapping: Creating a Digital Edition of the Gaul/Raczyński Map of Greater Poland (1807–1812)*. „The Cartogr. Journal” Vol. 58, no. 3, s. 233–250.
- Pietkiewicz S., 1960, *Analyse de l'exactitude de quelques cartes du XVIIe XVIIIe et XIXe siècle couvrant les territoires de l'ancienne Pologne*. „Przegl. Geogr.” T. 32, Supl., s. 21–27.
- Pietkiewicz S., 1980, *Studia nad dokładnością dawnych map ziem polskich*. „Studia i Materiały z Dziejów Nauki Polskiej” Seria C, Nr 24, s. 37–116.
- Pietkiewicz S., 1995, *Analiza dokładności kilku map z XVII, XVIII i XIX wieku, obejmujących Polskę w dawnych granicach*. „Prace i Studia Geograficzne” T. 17, s. 103–113.
- Podobnikar T., 2009, *Georeferencing and quality assessment of Josephine survey maps for the mountainous region in the Triglav National Park*. „Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica” Vol. 44, no 1, s. 49–66.
- Rutkowski H., 2018, *Work on the historical atlas of the sixteenth-century Poland*. „Polish. Cartogr. Review” Vol. no. 50, no. 4, s. 223–231.
- Rutkowski H., 2023, *Polska XVI wieku – mapy szczegółowe*. W: M. Słoń, B. Szady (red.), *Atlas Historyczny Polski. Ludzie, koncepcje, realizacje*, Warszawa: Wydawn. IH PAN, s. 36–76.
- Rzucidło A., 2015, *Przedstawienie rzeźby terenu na mapach topograficznych*. W: A. Czerny (red.), *Dawne mapy topograficzne w badaniach geograficzno-historycznych*. Lublin: Wydawn. UMCS, s. 151–174.
- Shimizu E., Fuse T., 2003, *Rubber-sheeting of historical maps in GIS and its application to landscape visualization of old-time cities: focusing on Tokyo of the past*. W: *Proceedings of the 8th international conference on computers in urban planning and urban management*, Vol. 11, no. 1, s. 3–8.
- Słoń M., Słomska-Przech K. (red.) 2021, *Polish Lands of the Crown in the Second Half of the Sixteenth Century*. Warsaw: Publishing Department of Institute of History, Polish Academy of Sciences.
- Słoń M., 2015a, *Atlas historyczny Polski. Rejestry poborowe województwa kaliskiego w XVI w. Atlas Źródeł i Materiałów „Z Dziejów Dawnej Polski”, 2*.
- Słoń M., 2015b, *Atlas historyczny Polski. Rejestry poborowe województwa poznańskiego w XVI w. Atlas Źródeł i Materiałów „Z Dziejów Dawnej Polski”, 3*.
- Southall H., 2016, *Constructing a Vision of Britain through time: Integrating old maps, census reports, travel writing, and much else, into an online historical atlas*. In *Historical atlas: Its concepts and methodologies*, s. 133–151. Northeast Asian Historical Foundation.
- Southall H., Pridal P., 2012, *Old Maps Online: Enabling global access to historical mapping*. „E-Perimtron” Vol. 7, no. 2, s. 73–81.
- Stankiewicz M., 2000, *Zdjęcia topograficzne na obszarze Królestwa Polskiego w XIX wieku*. W: *Kartografia Królestwa Polskiego 1815–1915*, „Z Dziejów Kartografii” T. 10, s. 58–70.

- Strzelecki K., 2016, *Wykorzystanie aplikacji Map-Analyst w badaniu dawnych map*. „Ślupskie Prace Geograficzne” 13, s. 213–227.
- Szady B., 2008, *Zastosowanie systemów informacji geograficznej w geografii historycznej*. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 40, nr 3, s. 279–283.
- Szeliga J., 1993, *Metody i stan dokładnościowych badań dawnych map z obszaru Polski*. W: *Dorobek polskiej historii kartografii*, „Z Dziejow Kartografii” T. 6, s. 51–67.
- Szulc H., 1995, *Morfogeneza osiedli wiejskich w Polsce*. „Prace Geograficzne” 163, Instytut Geografii i Przestrz. Zagosp. PAN. Wrocław: Ossolineum.
- Timár G., 2004, *GIS integration of the second military survey sections—a solution valid on the territory of Slovakia and Hungary*. „Kartografické Listy” R. 12, s. 119–126.
- Timár G., Molnár G., Székely B., Biszak S., Varga J., Jankó A., 2006 *Digitized maps of the Habsburg Empire—The map sheets of the second military survey and their georeferenced version*. “Arcanum” 59, Budapest.
- Timár G., 2009, *System of the 1:28 800 scale sheets of the Second Military Survey in Tyrol and Salzburg*. „Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica” Vol. 44, no. 1, s. 95–104.
- Timár G., Biszak S., Székely B., Molnár G., 2010, *Digitized maps of the Habsburg military surveys – overview of the project of ARCANUM Ltd. (Hungary)*. W: *Preservation in Digital Cartography: Archiving Aspects*, s. 273–283.
- Timár G. Baiocchi V., Lelo K., 2013, *A new methodology to manage Italian geodetic datums of the cadastral systems and of the historic maps*. „Applied Geomatics” Vol. 5, s. 147–153.
- Trzebiński W., Borkiewicz A., 1956, *Podziały administracyjne Królestwa Polskiego w okresie 1815–1918 r.: (zarys historyczny)*. „Dokumentacja Geograficzna” z. 3, Instytut Geografii PAN.
- Veverka B., Ambrožová K., Čechurová M., 2011, *Mathematical approaches to evaluation of old maps contents and accuracy*. „Acta Montanistica Slovaca” Vol.16, no. 4, s. 291.
- Walser H., 1896, *Veränderungen der Erdoberfläche im Umkreis des Kantons Zürich seit der Mitte des 17. Jahrhunderts, Untersuchungen angestellt auf Grund der topographischen Karte von JC Gyger aus dem Jahre 1667. Inaugural-Dissertation... von Hermann Walser...* Haller'sche Buchdruckerei.
- Wolf R., 1879, *Geschichte der Vermessungen in der Schweiz: als historische Einleitung zu den Arbeiten der Schweiz. Geodätischen Commission*. S. Höhr.
- Wolski J., 2012, *Błędy i niepewność w procesie tworzenia map numerycznych*. W: *Źródła kartograficzne w badaniach krajobrazu kulturowego*. „Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego” Nr 16, s. 15–32.
- Zawadzki M., 2016, „*Tabella miast, wsi i osad Królestwa Polskiego jako źródło do badań nad strukturą parafialną województwa lubelskiego*”. „Studia Geohistorica” Nr 4, s. 142–152.
- Zawadzki M., 2018, *Sources and methods of reconstruction of postal roads in the second half of the 18th century on the example of the former Lublin Voivodeship*. „Polish Cartogr. Review” Vol. 50, no. 4, s. 233–242.
- Zawadzki M., 2019, *Methodology of reconstruction of the Old-Polish road network as exemplified by the historic Lublin Voivodeship*. „Polish Cartogr. Review” Vol. 51, no. 3, s. 129–141.

Netografia, źródła internetowe

- A Vision of Britain through Time*, 2024, <https://www.visionofbritain.org.uk/> (dostęp 5.06.2024)
- Arcanum Maps*, 2024, *Europe in the 19th century*, <https://maps.arcanum.com/en/map/europe-19century-secondsurvey>
- Atlas Fontium*, 2024, Instytut Historii im. Tadeusza Manteuffla, Polska Akademia Nauk, <https://atlas-fontium.pl/>
- Bing Maps*, 2024. - <https://www.bing.com/maps> (dostęp 5.06.2024)
- CENAGIS, 2024, *The Centre for Scientific Geospatial Analyses and Satellite Computations*. Faculty of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology, <https://cenagis.edu.pl/>
- Creative Commons*, 2024, CC BY-NC 4.0. DEED. – <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en>
- EPSG:2180, 2024, *ETRF2000-PL / CS92*, <https://epsg.io/2180>
- EPSG:3857, 2024, *WGS 84 / Pseudo-Mercator – Spherical Mercator, Google Maps, OpenStreetMap, Bing, ArcGIS, ESRI*, <https://epsg.io/3857>
- EPSG:3906, 2024, *MGI 1901*. <https://epsg.io/3906>
- EPSG:4314, 2024, *DHDN*. <https://epsg.io/4314>
- EPSG:4326, 2024, *WGS 84 - WGS84 - World Geodetic System 1984, used in GPS*, <https://epsg.io/4326>
- EPSG:4805, 2024, *MGI (Ferro)*. <https://epsg.io/4805>
- EPSG:6314-Datum, 2024, *DHDN-Datum*, <https://epsg.io/6314-datum>
- EPSG:7004-ellipsoid, 2024, *Bessel 1841*, <https://epsg.io/7004-ellipsoid>
- GDAL, 2024, *Cloud Optimized GeoTIFF generator. Version 3.1*. - <https://gdal.org/drivers/raster/cog.html>
- GeoHistoricalData*. 2024, <https://geohistoricaldata.org/> (dostęp 5.06.2024).
- Geoportal, 2024, *View services (WMS and WMTS)*, <https://www.geoportal.gov.pl/en/services/view-services-wms-and-wmts/>
- Geoserver, 2024, <https://geoserver.org/>

- MAPSTER, 2024, *Topograficzna Karta Królestwa Polskiego*, zestawienie arkuszy, <http://igrek.amzp.pl/maplist.php?cat=TKKP126K>
- MAPSTER, 2024, *Topograficzna Karta Królestwa Polskiego*, skorowidz gaficzny, <http://igrek.amzp.pl/mapindex.php?cat=TKKP126K>
- Mapa Kwatermistrzostwa, 2015, Historyczny GIS Lubelszczyzny, <https://histmap.pl/kwatermistrzostwo> (dostęp 5.06.2024)
- Mapy z przeszłością (*Maps with the past*), 2024, Instytut Historii im. Tadeusza Manteuffla, Polska Akademia Nauk, <https://atlas.iopan.edu.pl/pastmaps>
- Open Geospatial Consortium, 2024, *OGC Cloud Optimized GeoTIFF Standard*. Ref. 21-026, <http://www.opengis.net/doc/is/COG/1.0>
- OpenLayers, 2024, <https://openlayers.org/>,
- OpenStreetMap, 2024, <https://www.openstreetmap.org>
- OSM Nominatim, 2024, <https://nominatim.openstreetmap.org/>
- POLONA. The Digital Library – Map currently available at 11764056 @ Top. Karta Królestwa Polskiego/Топографическая Карта Царства Польского/ Carte Topographique du Royaume de Pologne (Mapa Kwatermistrzostwa) 1:126 000. 2024, <http://igrek.amzp.pl/details.php?id=11764056> (dostęp 5.07. 2024).
- Topograficzna Karta Królestwa Polskiego*. 1:126 000. Biblioteka Uniwersytecka im. Jerzego Giedroycia w Białymstoku, <https://bg.uwb.edu.pl/TKKP/>

Mapy

- 1748–1756, *Carte géométrique de la France*, skala 1:86 400, Paryż
- 1802-1803, *Special Karte von Südproussen*, skala 1:150 000, 13 arkuszy, Berlin
- 1808, *Topographisch Militarische Karte von vormaligen Neu- Ost proussen oder dem jetzigen Nördlichen Theil des Herzogthums Warschau nebst dem Russischen District [...] redigirt [...] vom Textor [...] hrsg. von D. F. Sotzmann*, skala 1:152 200, 13 arkuszy, Berlin
- 1808, *Carte von West-Gallizien welche auf allerhöchsten Befehl Seiner Kaiserlich oesterreichischen und Königlich apostolischen Majestät in den Jahren von 1801 bis 1804*, skala 1:172 800, 12 arkuszy na płótnie, Wiedeń.
- 1843, *Топографическая Карта Царства Польского*, (pol. *Topograficzna Karta Królestwa Polskiego*), skala 1:126 000, 60 arkuszy, Petersburg.
- 1872, *Военно-топографическая карта европейской России* (Wojenno-topograficzna karta europejskiej Rosji), skala 1:126 000, 423 arkuszy, Petersburg
- 2014, *Corona Regni Poloniae*, skala 1:250 000, Atlas Źródeł i Materiałów do Dziejów Dawnej Polski, nr 1, Warszawa: IH PAN.

Publikacja jest polską wersją recenzowanego artykułu naukowego opublikowanego w języku angielskim w czasopiśmie „ISPRS International Journal of Geo-Information”. W cytowaniu prosimy o podanie wersji pierwotnej: Kuna J., Panecki T., Zawadzki, M., 2024, *Methodology of Mosaicking and Georeferencing for Multi-Sheet Early Maps with Irregular Cuts Using the Example of the Topographic Chart of the Kingdom of Poland*. „ISPRS Int. J. Geo-Inf.”, Vol. 13, 249, <https://doi.org/10.3390/ijgi13070249>

Dane badawcze i materiały uzupełniające są dostępne pod adresem <https://www.mdpi.com/article/10.3390/ijgi13070249/s1>