

**Krzysztof Strzelecki**

Akademia Pomorska

Ślupsk

krzysztof.strzelecki@apsl.edu.pl

## **WYKORZYSTANIE APLIKACJI MAPANALYST W BADANIU DAWNYCH MAP**

### **USING MAPANALYST APPLICATION IN STUDY OF OLD MAPS**

**Zarys treści:** Dawne mapy są wysoce użyteczne przy rozwiązywaniu współczesnych problemów badawczych i szeroko wykorzystywane w różnych dyscyplinach naukowych zajmujących się wykrywaniem wzajemnych relacji między elementami środowiska geograficznego. Po pierwsze, wynika to z większej świadomości o unikalnej informacji przechowywanej na dawnych mapach, które miały w swoim czasie znaczenie głównie jako materiał podstawowy do innych opracowań kartograficznych. Po drugie, jest to konsekwencją zwiększonej ich dostępności w postaci cyfrowej oraz pojawieniem się aplikacji komputerowych wchodzących w skład Systemów Informacji Geograficznej. Celem niniejszej pracy było zbadanie wiarygodności kartometrycznej rękopiśmiennej mapy Wisły F.F. Czakiego z XVIII wieku przy użyciu nowego rozwiązania technologicznego, jakim jest aplikacja MapAnalyst. Ukazało to lokalne zaburzenia współkształtności obrazu, które stały się pomocne w rozstrzygnięciu hipotez, czy wynikają one z błędnego rozpoznania lub przedstawienia terenu, czy też są rezultatem zaistniałych przemieszczeń elementów treści na mapie.

**Słowa kluczowe:** mapy, geoinformacja, MapAnalyst, mapa Wisły F.F. Czakiego

**Key words:** old maps, geoinformation, MapAnalyst, a map of the Vistula River by F.F. Czaki

### **Wprowadzenie**

Celem niniejszego artykułu jest prezentacja i omówienie geomatycznej metody wspomaganie badań (Kozieł 1997) przy użyciu aplikacji MapAnalyst, która usprawnia proces analiz dokładności dawnych map. Potwierdza ona istotne wartości poznawcze, jak i aplikacyjne do wykorzystania w pracach interdyscyplinarnych z pogranicza geografii, historii, kartografii i geoinformacji. Autor ten rodzaj weryfikacji zastosował dla czterech (nr I, VI, VII i XII), wybranych jako reprezentatywne, arkuszy

XVIII-wiecznej mapy F.F. Czackiego, ukazujących fragment źródłowy, środkowy i ujściowy Wisły. Przymierzalnie dzieło to stanowi wycinek z jakiejś jednej mapy lub kilku map przedstawiających większe obszary, a prawdopodobnie nawet całe województwa, nad którymi królewski kartograf pracował w latach 1740-1760 (Marcel 1907, s. 472). Potwierdza to ogólna kompozycja 12 arkuszy, gdzie znaczna część ich powierzchni uzupełniona jest rysunkiem i obrazami dodatkowymi, a treść nie została ograniczona do terenu bezpośrednio wchodzącego w sam obszar wzdłuż rzeki Wisły. Przy czym w stosunku do innych elementów sytuacyjnych rzekę wpasowano z większą szczegółowością.

Aby uzyskać charakterystyczne wielkości zmian, jakie nastąpiły w przestrzeni geograficznej, powinno się poznać stopień dokładności dawnej mapy. Przegląd przedmiotowej literatury dotyczącej tematyki merytoryczno-badawczej dawnych map wskazuje, że ogół stosowanych metod analiz można podzielić na geograficzno-historyczne i kartograficzno-matematyczne (Konias 1984). Natomiast nowoczesna, komputerowo-kartometryczna, metoda analizy map historycznych za pomocą aplikacji MapAnalyst przyspiesza i umożliwia iteracyjne podejście do badań oraz zwiększa dokładność i wiarygodność wyników, niż gdy użyje się tradycyjnych technik manualnych (Beineke 2001, Jenny 2006, Jenny, Hurni 2011).

Do uznania dawnej mapy za wiarygodne źródło informacji konieczne staje się zbadanie jej dokładności kartograficznymi metodami badań (Saliszczew 1984, s. 312-322). Dokładna i szczegółowa analiza barwnych reprodukcji arkuszy rękopiśmiennej mapy Wisły, których oryginały znajdują się w zbiorach Francuskiej Biblioteki Narodowej w Paryżu, została wykonana w ramach pracy doktorskiej dzięki znanym już w literaturze metodom odnoszącym się do analiz kartometrycznych (Strzelecki 2012). Opierają się one na krytycznej analizie opisowej treści map i charakterystyce pomierzonych wielkości błędów odległości, kierunków (azymutów) i wynikających z nich błędów położenia punktów (miejscowości) na dawnej mapie w stosunku do mapy współczesnej. Analiza opisowa jako rezultat wizualnego porównania treści mapy dawnej z mapą współczesną pozwoliła wybrać punkty, na podstawie których dokonano analizy kartometryczności poszczególnych arkuszy mapy Wisły. Punkty te są geometrycznymi środkami obiektów, co do których istnieje pewność, że ich położenie na dawnych mapach odpowiada obiektom współczesnym. Przeprowadzone badania zrealizowano w odniesieniu do współczesnej mapy topograficznej Polski 1:100 000 (Układ Współrzędnych 1942), szczegółowością treści najbardziej zbliżonej do map badanych.

W początkowym etapie pomiarów ważne jest określenie skali mapy, której znajomość wykorzystuje się do sprawdzenia dokładności innych elementów treści badanej mapy. W tym celu określono skalę na podstawie umieszczonych na mapie podziałek liniowych, co wymagało przeliczenia miar dawnych na miary metryczne, oraz z wartości pomiaru stopnia siatki kartograficznej na południku mapy i porównania jej ze znaną wartością stopnia w kilometrach (Merczyng 1913, Trafas 1975, Pietkiewicz 1980, Konias 1987). Należy zwrócić uwagę, że precyzja przy ustaleniu podstawy podziałki jest niepewna, bowiem wymaga znajomości założeń metrologicznych miar stosowanych dawniej. Podobne trudności wynikają z określenia zastosowanych nieznanymi wartościami dla stopnia szerokości geograficznej, jakie przy-

mował autor mapy dla rozmiarów Ziemi. W związku z tym za wiarygodną uznano wartość skali 1:166 027, wyznaczoną ze średniej arytmetycznej skal miejscowych wszystkich arkuszy, które uzyskano z równomiernie rozmieszczonych pomiarów odległości na badanych arkuszach do odległości rzeczywistych otrzymanych z pomiaru na mapie współczesnej (Hartnack 1939). Przy czym ustalono, że podziałki liniowe arkuszy w milach wielkich (1:159 441) i małych (1:158 886) zostały ze sobą bardziej dopasowane przez autora mapy niż wielkości odwzorowanego południka na mapie (1:165 476) z przeskalowanymi odległościami.

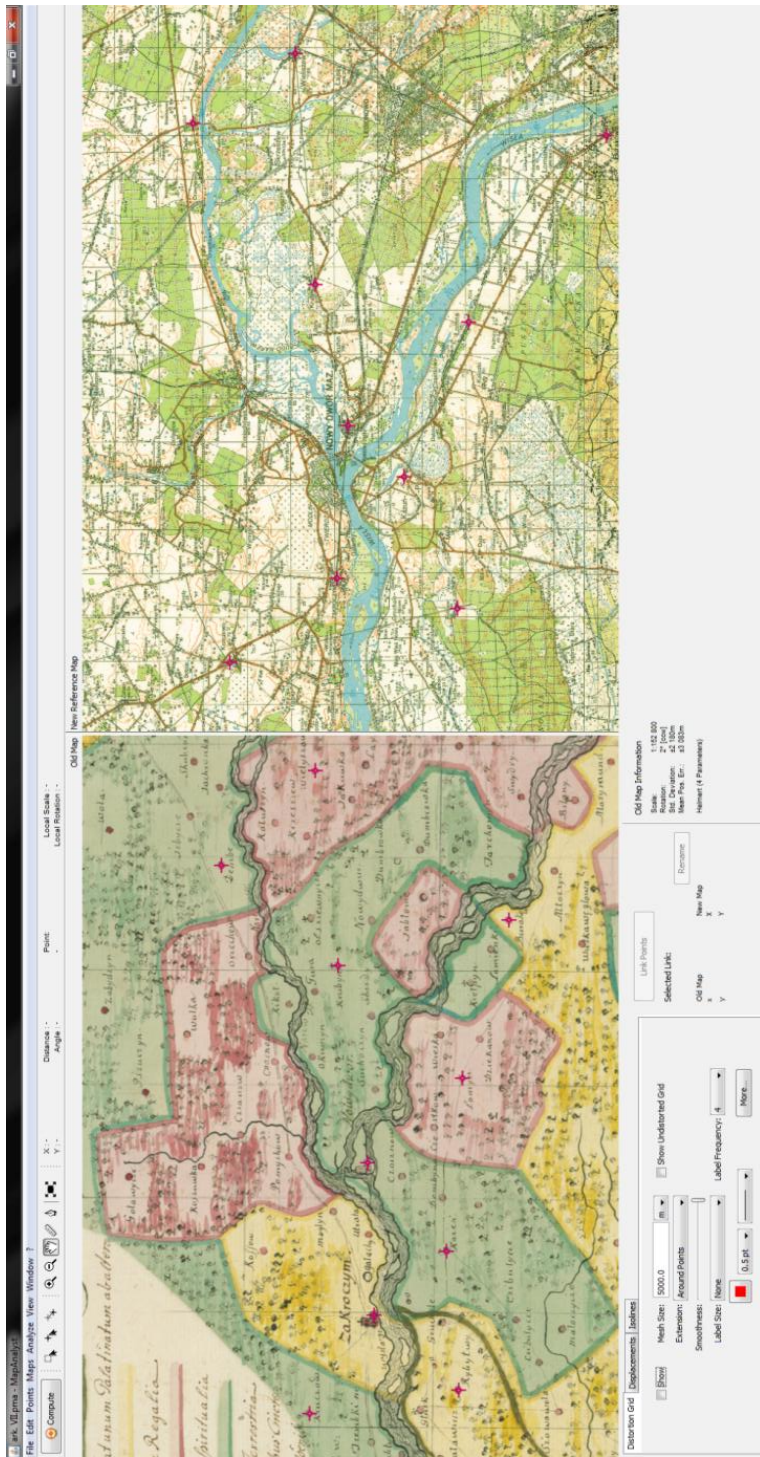
W stosunku do skali opracowanie spełnia wszystkie kryteria wymagane dla map topograficznych i mimo że wykazuje się niejednakowym zakresem szczegółowości treści na różnych arkuszach, a rysunek rzeźby terenu zobrazowany jest dawną metodą perspektywiczną, to umieszczona liczba informacji sprzyja łatwej i szybkiej ocenie w odczytaniu najważniejszych elementów sytuacyjnych z mapy Wisły.

### **Działanie aplikacji MapAnalyst**

Do sprawdzenia wyników badań dokładności wybranych arkuszy mapy Wisły (arkusze mapy nr I, VI, VII i XII) zastosowano komputerowe przetworzenie obrazu za pomocą aplikacji MapAnalyst. Software został opracowany w 2005 roku przez Bernharda Jenny'ego, adiunkta na Wydziale Nauk o Ziemi, Oceanach i Atmosferze (CEOAS) Uniwersytetu Stanowego w Oregonie (strona internetowa projektu: mapanalyst.org). Główną funkcjonalność i zaplecze techniczne MapAnalyst w swoich publikacjach przedstawili: Jenny (2006), Jenny, Weber, Humi (2007) oraz Jenny, Humi (2011), natomiast do analizy dawnych map wykorzystali m.in.: Gaspar (2008), Adami (2009), Bitelli, Cremonini, Gatta (2009), Mastronunzio (2010), Heere (2011), Wyder, Feldmann (2011), Żyszkowska (2012, 2013).

Analiza za pomocą aplikacji MapAnalyst rozpoczyna się od zaimportowania w postaci cyfrowej dawnej mapy i współczesnej mapy odniesienia (ryc. 1). Ważne, aby referencyjny zeskanowany obraz rastrowy mapy został przekształcony do numerycznej mapy rastrowej o określonych współrzędnych geograficznych we współczesnym układzie odniesienia. Metoda oprogramowania oparta jest na serii przekształceń geometrycznych punktów kontrolnych współczesnej mapy odniesienia do układu współrzędnych dawnej mapy. Dopasowanie systemów współrzędnych wykonano na podstawie 20 par punktów kontrolnych. Następnie przekształcone punkty kontrolne posłużyły do obliczeń transformacji Helmerta, a także do graficznego opracowania wektorów przemieszczeń, izolinii zmienności skali lokalnej i siatki zniekształceń.

Transformacja Helmerta jest liniową transformacją konforemną przez podobieństwo realizowaną wielomianem zespolonym 1. stopnia. Ten model transformacji obejmuje obrót, przesunięcie i przeskalowanie równe w każdym punkcie obszaru objętego zasięgiem transformacji, nie zakłócając w istotny sposób kształtu i geometrii badanej mapy. Wektory przemieszczeń wskazują na lokalny kierunek niedokładności na mapie. Zaczynają się w punkcie zidentyfikowanym na dawnej mapie i kończą się w miejscu, w którym punkt znajdowałby się, jeśli dawna mapa byłaby tak



Ryc. 1. Zrzut ekranu z interfejsu użytkownika MapAnalyst (po lewej stronie w oknie głównym aplikacji dawna mapa, po prawej – współczesna mapa odniesienia)  
 Fig. 1. Screenshot of the MapAnalyst user's interface (on the left side of the main application window the – old map, on the right – contemporary reference map)

dokładna jak współczesna mapa odniesienia. Ten punkt końcowy jest wynikiem transformacji afinicznej między dwoma zestawami punktów. Nadzwyczaj długie wektory wskazują na odstające wartości spowodowane błędami pozycji na mapie. W celu zwiększenia czytelności zastosowano średnicę okręgu, która jest proporcjonalna do długości odpowiedniego wektora przesunięcia. Podstawowy algorytm budujący izoliny zmienności skali lokalnej również używa przekształceń afinicznych na podstawie połączonych ze sobą punktów, które leżą w danym promieniu wokół środka transformacji. Zestaw lokalnych przekształceń jest następnie wykorzystywany do wyodrębnienia izoliny. Aby skonstruować siatkę zniekształceń, MapAnalyst oblicza dla kontrolnych punktów wektory przemieszczeń, a następnie wykorzystuje je przy użyciu transformacji afinicznej do określenia parametrów interpolacji kwadratowej. Skręcone, skompresowane lub powiększone oczka siatki odzwierciedlają lokalną deformację dawnej mapy (Jeny, Weber, Hurni 2007, Jenny, Hurni 2011).

### **Analiza dokładności arkuszy mapy Wisły przy użyciu aplikacji MapAnalyst**

Arkusze mapy Wisły F.F. Czakiego charakteryzują się wspólnymi właściwościami, do których należy zastosowanie siatki walcowej prostokątnej w odwzorowaniu powierzchni, liczenie długości geograficznej od południka początkowego wyspy Ferro (17°40'), stosowanie podziałek liniowych w milach wielkich i milach małych, a odnośnie do treści mapy użycie tych samych jednolitych znaków umownych, kolorystyki barwnej w celu rozróżnienia głównych rodzajów własności, charakteru pisma w nazewnictwie oraz zdobnictwa tytułowych kartuszy i parergi.

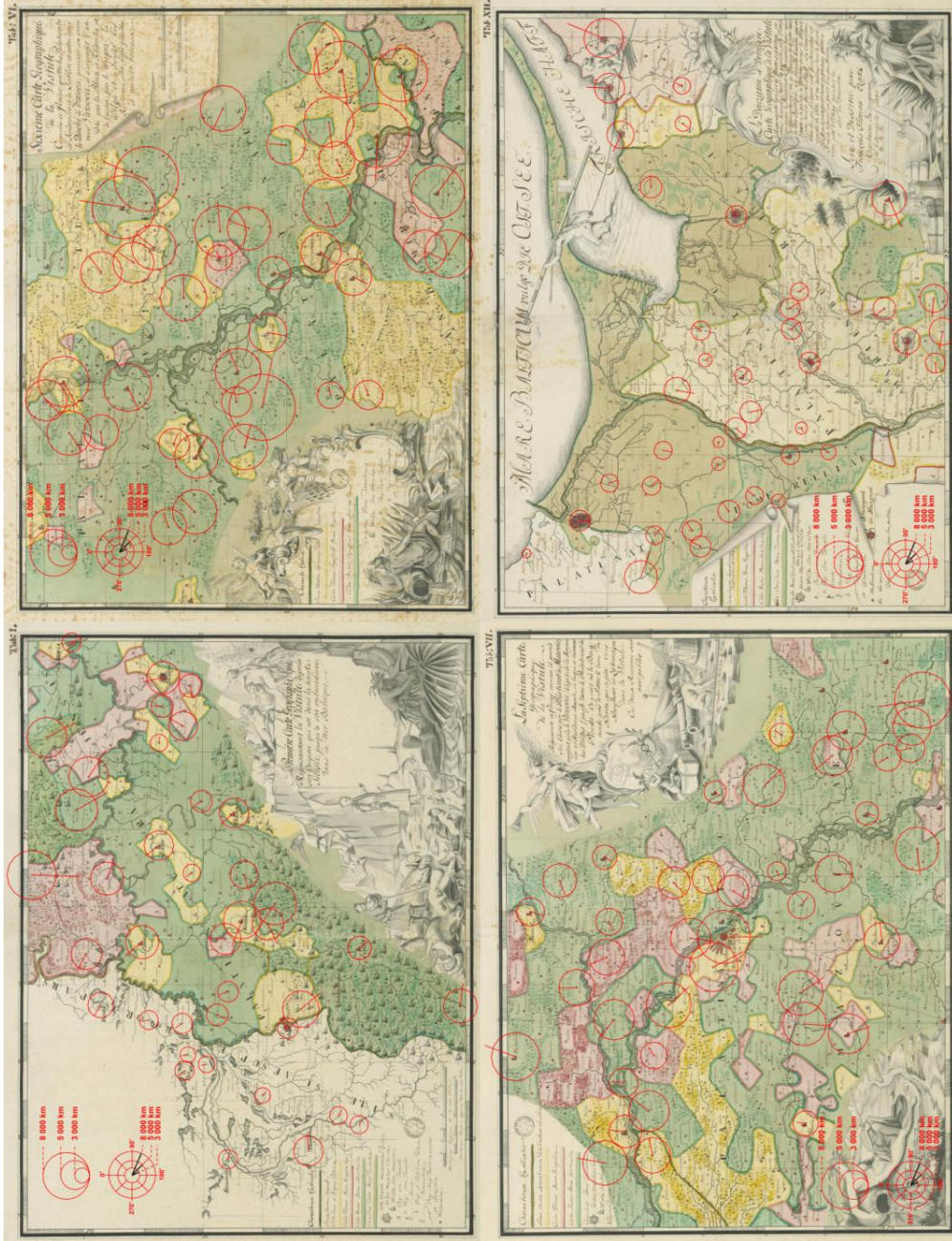
#### **Arkusze mapy nr I**

Reprodukcja barwnego rękopiśmiennego arkusza nr I wzdłuż ramek zewnętrznych ma format 57,2×42,8 cm, natomiast zamykających treść mapy – 55,2×41,0 cm. W górnej części mapy na marginesie podano kolejny numer arkusza Tab: I.

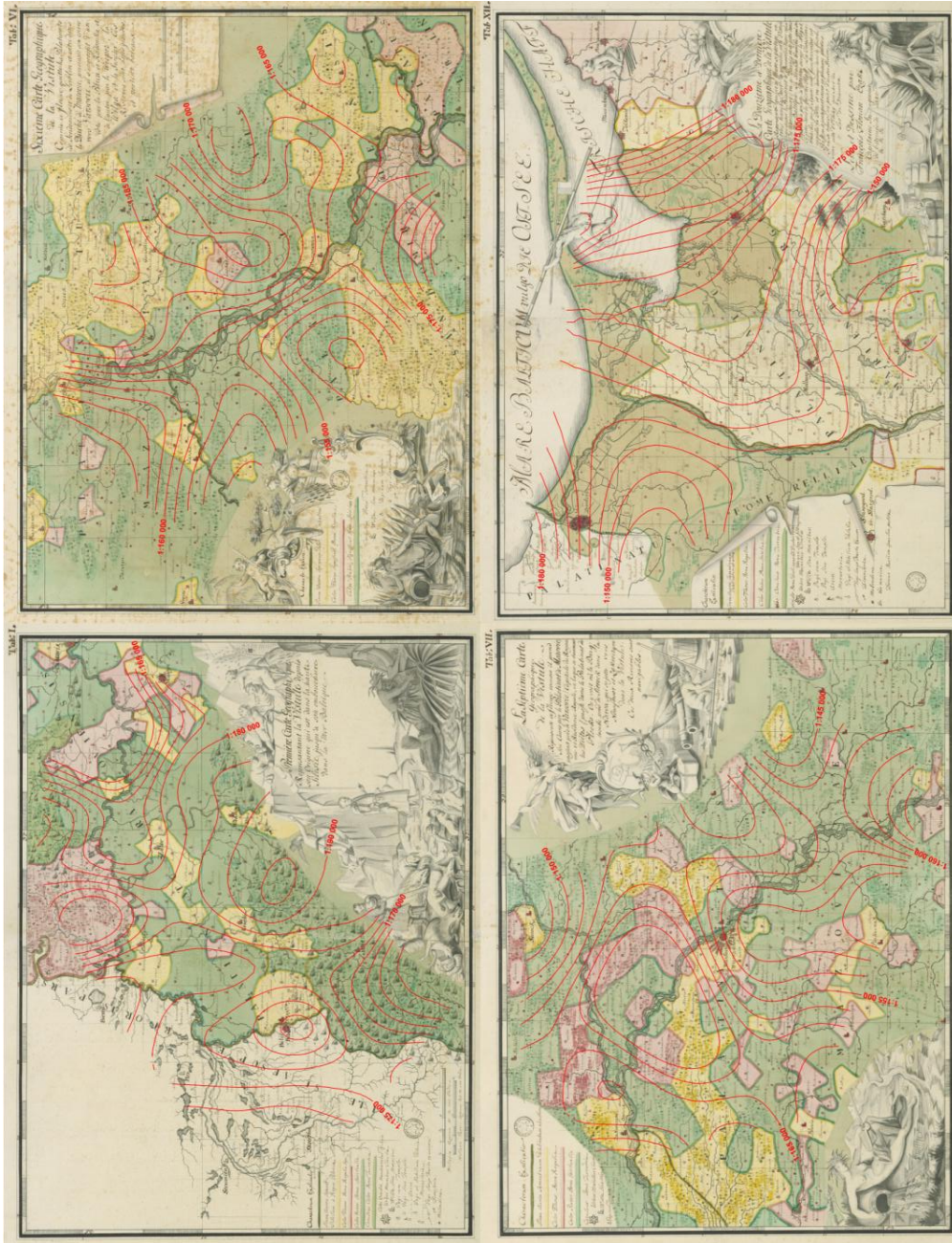
Francuskojęzyczny tytuł mapy *Première Carte Geographique Representant la Vistule depuis son Origine qui est dans la haute Silesie, jusqu'à son embouchure dans la Mer Baltique* należy tłumaczyć: „Pierwsza mapa geograficzna Wisły od jej źródła znajdującego się na Górnym Śląsku do jej ujścia – Morza Bałtyckiego”.

Obszar przedstawiony na arkuszu mapy obejmuje część ówczesnego koronnego Województwa Krakowskiego, którego zasięg określić można tu od Zabierzowa na północy po źródło Wisły i Milówkę na południu, i od miejscowości Kiliszta na zachodzie po Kraków na wschodzie. Rozciągłość południkowa według wewnętrznych ramek mapy wynosi 37 minuty, a równoleżnikowa 1 stopień 16 minut. Na arkuszu obszar Górnego Śląska (łac. *Silesiae Superioris Pars*) z częścią Śląska Cieszyńskiego i ziemi pszczyńskiej, graniczący od wschodu z Królestwem Polskim (łac. *Regno Polonia*), nie został podkolorowany. Północno-zachodni fragment mapy to biała plama.

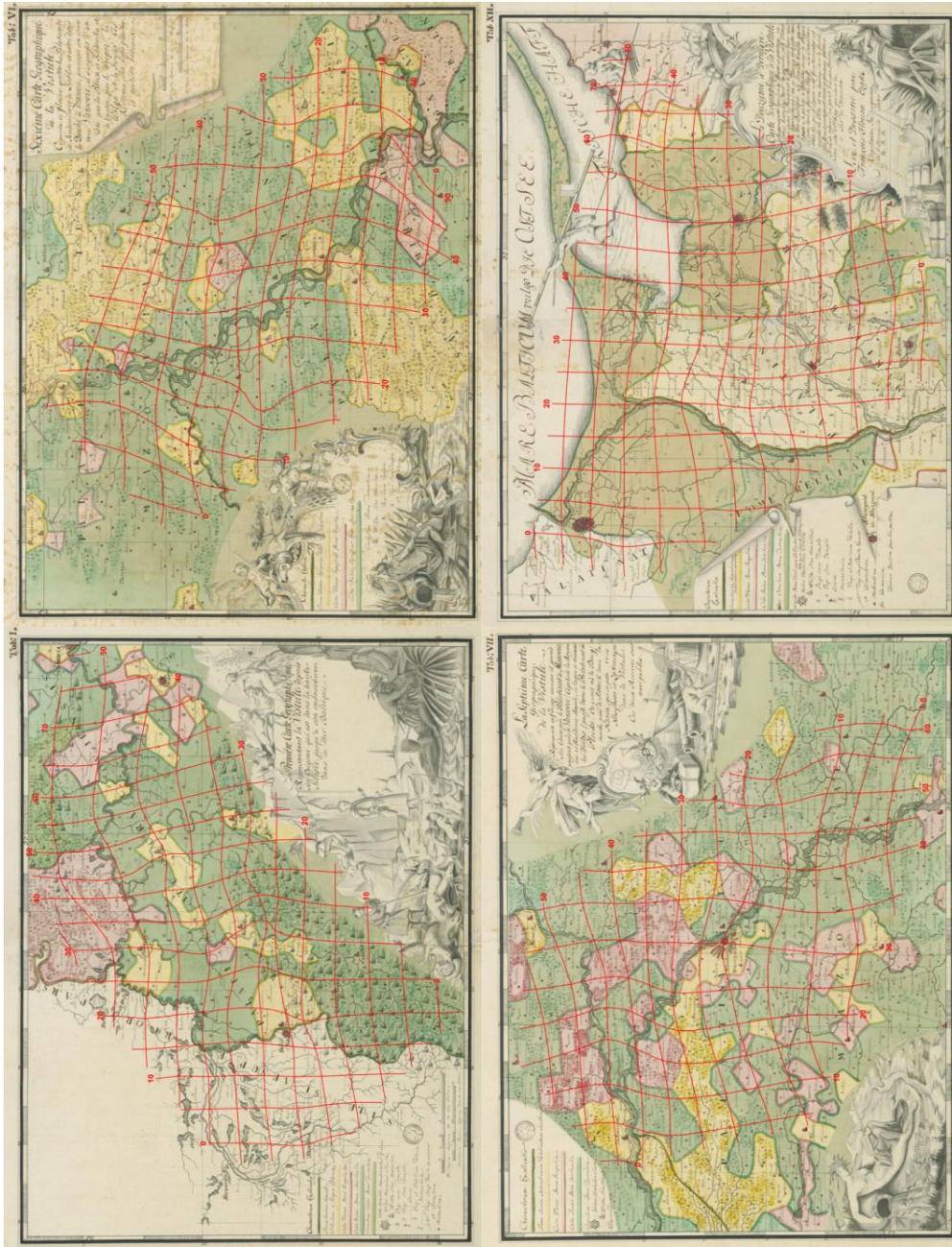
Średni błąd położenia punktu (miejscowości) po transformacji wynosi  $\pm 3,1$  km, który jest porównywalny do obliczonego z błędów odległości i kierunków (tab. 1).



Ryc. 2. Wektory przemieszczeń miejscowości na arkuszu nr I, VI, VII i XII mapy Wisły F.F. Czakięgo  
 Fig. 2. Vectors of the movement of a village on the sheet No. I, VI, VII and XII map of Vistula by F.F. Czaki  
 Źródło: Zbiory cyfrowe Biblioteki Narodowej Francji w Paryżu ([gallica.bnf.fr/](http://gallica.bnf.fr/))



Ryc. 3. Izolinie zmienności skali 1:5 000 na arkuszu nr I, VI, VII i XII mapy Wisły F.F. Czackiego  
 Fig. 3. Volatility isolines over the interval scale of 1: 5 000 on the sheet No. I, VI, VII and XII map of Vistula by F.F. Czaki  
 Źródło: Zbiory cyfrowe Biblioteki Narodowej Francji w Paryżu (gallica.bnf.fr/)



Ryc. 4. Zniekształcenie kilometrowej siatki kwadratów o boku 5 km na arkuszu nr I, VI, VII i XII mapy Wisły F.F. Czajkiego  
 Fig. 4. Distortion of km grid squares of 5 km sheet No. I, VI, VII and XII map of Vistula by F.F. Czajki  
 Źródło: Zbiory cyfrowe Biblioteki Narodowej Francji w Paryżu ([gallica.bnf.fr/](http://gallica.bnf.fr/))

Wektory przesunięć wskazują największe przemieszczenia na obszarach górzyskich, spowodowane prawdopodobnie niedokładnymi pomiarami i efektem tego błędnym usytuowaniem miejscowości przez samego autora mapy (ryc. 2).

Rozkład izolinii wskazuje wyraźną zależność stopnia zmniejszenia skali od ukształtowania terenu, dostępności obszaru (ryc. 3). Lokalna, większa zmienność skali pow. 1:190 000 zaznacza się dla tych samych obszarów na arkuszu mapy, jakie wykazała metoda przesunięć wektorów.

Siatka zniekształceń o boku 5 kilometrów obrazuje ogólny skręt układu współrzędnych o  $5^\circ$  w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (ryc. 4). Przecinające się linie siatki kilometrowej są w większości bliskie prostopadłych z wyjątkiem środkowej części arkusza w okolicach miejscowości Kęty, gdzie ulegają dużemu skręceniu. Równoleżnikowe pasy siatki natomiast w północnej części arkusza są wygięte i przejmują kierunek adekwatny do biegu rzeki Wisły.

### Arkusz mapy nr VI

Reprodukcja oryginalnego barwnego rękopiśmiennego arkusza nr VI wzdłuż ramek zewnętrznych ma format  $57,2 \times 42,8$  cm, natomiast zamykających treść mapy –  $55,2 \times 41,0$  cm. W górnej części mapy na marginesie podano kolejny numer arkusza Tab: VI.

Arkusz mapy, zatytułowany w języku francuskim *Sixieme Carte Geographique de la Vistule, Comme ce fleuve quitte les Palatinats de Sendomirs et de Lublin et entre dans le Duché de Mazovie, prenant son cours vers Varsovie, il s'engrosfit d'un côté par la Pilica et Radomka et de l'autre, par le Wieprz, la Wilga et la Swyder. C'es Rivieres sont asfe's grandes, et portent bateaux*, objaśnia: „Szósta mapa geograficzna Wisły przedstawiająca tę rzekę wypływającą z Województwa Sandomierskiego i Lubelskiego i wpływającą do Księstwa Mazowieckiego, płynącą w kierunku Warszawy, zasilaną z jednej strony przez Pilicę i Radomkę, a z drugiej przez Wieprz, Wilgę i Świder. Te rzeki są dość duże i żeglowne”.

Obszar mapy sięga od miejscowości Piaseczno i Chylice na północy po ujście rzeki Wieprz i dalej do miejscowości Gołąb na południu, i od miejscowości Tarczyn i Grójec na zachodzie po Korzeniów i Strzyżowice na wschodzie, co stanowi odpowiednio 37 minut szerokości geograficznej i 1 stopień 20 minut długości geograficznej. Rzeka Pilica wyznacza na arkuszu granicę dawnego Województwa Mazowieckiego z Województwem Sandomierskim, które od wschodu poprzez Wisłę i Wieprz graniczy z Województwem Lubelskim.

Średni błąd położenia punktu po transformacji Helmerta wynosi  $\pm 3,9$  km, który jest o około 35% większy od obliczonego dla tej mapy na podstawie błędów kierunków i odległości (tab. 1).

Wektory przesunięcia wskazują na wielkość i orientację błędów położenia punktów (miejscowości), z których wynika, że najmniejsze przemieszczenia występują w środkowej części arkusza na Równinie Kozienickiej i w dnie doliny Wisły (ryc. 2).

Izolinie zmienności skali na arkuszu nr VI wyróżniają obszary charakteryzujące się lokalnymi zaburzeniami o różnym stopniu zróżnicowania (ryc. 3). Odchylenia skal w części zachodniej mapy osiągają wartości około 1:155 000, a w części wschod-

niej i południowej – powyżej 1:190 000. Natomiast przebieg izolinii, oscylujący w granicy 1:170 000, odnosi się do dna doliny Wisły.

Wrysowana na mapę Czackiego siatka kwadratów w odstępach co 5 kilometrów wykazuje, że duże zniekształcenia występują na granicy zasięgu arkusza do coraz mniejszych w środkowej części mapy między miejscowościami Głowaczów, Kozienice, Ryczywół, Maciejowice i Wargocin oraz ogólne odchylenia w położeniu miejscowości o 4° w lewo (ryc. 4).

### Arkusz mapy nr VII

Reprodukcja oryginalnego barwnego rękopiśmiennego arkusza nr VII wzdłuż ramek zewnętrznych ma format  $57,5 \times 43,0$  cm, natomiast zamykających treść mapy –  $55,7 \times 41,1$  cm. W górnej części mapy na marginesie podano kolejny numer arkusza Tab: VII.

Tytuł arkusza mapy w języku francuskim *La Septième Carte Geographique de la Vistule Represente ce fleuve comme il prend Son Cours par le Palatinat de Mazovie, pasfant près de Varcovie (Capitale du Royaume et Residence Royale, en laque setiennent les Diètes) pasfe dans le Palatinat de Plocko. Ony voit où le Bug tombe près de Sierock dans la Narva, qui se jette vers Nowydwor et Zakroczym dans la Vistule. Ces deux Rivieres sont navigables* prezentuje: „Siódmą mapę geograficzną Wisły przedstawiającą tę rzekę przepływającą przez Województwo Mazowieckie, Warszawę (stolicę Królestwa, siedzibę królewską), a następnie Województwo Płockie. Mapa przedstawia Bug, który wpada do Narwi w pobliżu Serocka, Narew wpada do Wisły w okolicy Nowego Dworu i Zakroczymia. Obie rzeki są żeglowne”.

Arkusz mapy obejmuje swoim zasięgiem obszar od miejscowości Nasielsk (Nasielisk) na północy po Tarczyn na południu, i od miejscowości Cecymin Polski (Cieczymyn) na zachodzie w Województwie Rawskim po Żaków (Sakow) na wschodzie. W linii północ-południe jest to 36 minut szerokości geograficznej, a w linii zachód-wschód 1 stopień i 21 minut długości geograficznej.

Średni błąd położenia punktu (miejscowości), obliczony z 20 par punktów kontrolnych za pomocą oprogramowania MapAnalyst, po transformacji Helmerta ma wartość  $\pm 3,1$  km i jest o około 4% mniejszy od obliczonego z błędów kierunków i odległości (tab. 1).

Większe lokalne przemieszczenia układu wektorów na mapie, dochodzące powyżej ośmiu kilometrów, zaznaczają się dla tych samych miejsc, które wykazała metoda izolinii (ryc. 2).

Przestrzenny przebieg izolinii na arkuszu cechuje się lokalnym zmniejszeniem skali dla obszarów zróżnicowanych wysokościowo, zwłaszcza terenów sąsiadujących z północnym rozszerzeniem Kotliny Warszawskiej (ryc. 3). Odchylenia skal na tych terenach odpowiadają przyjętej dla arkusza średniej skali mapy wynoszącej około 1:170 000, zaś na południe od Warszawy wartości poniżej 1:140 000.

Obraz kwadratowej siatki kilometrowej o boku 5 kilometrów ukazuje skrócony o 2° w prawo układ przesunięć miejscowości (ryc. 4). Większa lokalna deformacja rękopiśmiennej mapy Czackiego obejmuje strefę zbiegu dolin rzecznych Wisły, Narwi i Bugu. Skale miejscowe zmieniają się tu w granicach 20%. Na pozostałym ob-

szarze oka siatki są prawie kwadratowe, a kąty przecięcia się linii dość bliskie prostych.

## Arkusz mapy nr XII

Dwunasta reprodukcja oryginalnego barwnego rękopiśmiennego arkusza wzdłuż ramek zewnętrznych ma format  $57,6 \times 43,3$  cm, natomiast zamykających treść mapy –  $55,6 \times 41,2$  cm. W górnej części mapy na marginesie podano kolejny numer arkusza Tab: XII.

Francuskojęzyczny tytuł mapy *La douzieme et Dernière Carte Geographique de la Vistule. Represente comme ce fleuve se partage en trois branches, dont la première est la Vistule (qui sépare le Palatinat de Pomeranie d'avec celui de Marienbourg) va a Danzig et se jette dans la Mer Baltique. La Seconde branche qui se sépare à la pointe de Montau savoir la Nogat, se jette dans le Frische Haff. La Troisième branche, qui se separe vers Furstenwerder est appelé la Tête et va dememe dans le Frische Haff, en se partageant encore en plusieurs parties. Il ne se trouve ici point d'autre Rivière sinon celle d'Elbing, qui sort du Lac de Drausen. Levé et Dessiné par François Florian Czaki, Capitaine Ingenieur de l'armée de Saxe* należy tłumaczyć: „Dwunasta i ostatnia mapa geograficzna Wisły przedstawiająca tę rzekę dzielącą się na trzy odgałęzienia, z których pierwsza Wisła (dzieli Województwo Pomorskie od Województwa Malborskiego) płynie do Gdańska, gdzie wpada do Morza Bałtyckiego. Drugie ramię, które oddziela się w okolicach Mątowy, to Nogat, który wpada do Zalewu Wiślanego. Trzecie ramię, które oddziela się w okolicy Żuławy, jest nazywane Głową i płynie do Zalewu Wiślanego, dzieląc się na wiele mniejszych. Nie ma tam innych rzek z wyjątkiem rzeki Elbląg wypływającej z jeziora Drużno. Wykonane przez Franciszka Floriana Czaki – kapitana inżyniera armii saksońskiej”.

Mapa obejmuje 38 minut szerokości geograficznej oraz 1 stopień 24 minuty długości geograficznej i rozciąga się od linii brzegowej Morza Bałtyckiego (*Mare Balticum vulgo Die Ostsee*) na północy po rzekę Nogat na południu i od miejscowości Matarnia (Mattarn) na zachodzie po Braniewo (Braunsburg) na wschodzie, czyli znacznie więcej niż tylko obszar Żuławy Wiślanej. Fragment arkusza na zachód od Gdańska (Dantzig) nie został podkolorowany, jest białą plamą.

Średni błąd położenia punktu (miejscowości) po transformacji Helmerta wyniósł  $\pm 2,2$  km, który jest o 0,33 km większy od obliczonego dla tej mapy na podstawie błędów kierunków i odległości (tab. 1).

Największe przesunięcia punktów (miejscowości) przedstawione za pomocą wektorów reprezentują tereny położone na zachód i wschód poza Żuławami Wiślanymi i na południu arkusza w okolicach Sztumu i Dzierzgonia (ryc. 2).

Lokalne zmiany przebiegu izolinii na badanej mapie wykazują zmniejszenie przedziałów skali poniżej 1:160 000, szczególnie widocznych dla obszarów dna doliny rzeki Wisły i Wysoczyzny Elbląskiej, co poglądowo ilustruje rycina 3.

Wniesiona na mapę siatka zniekształceń w odstępach co 5 kilometrów nie wykazuje dużych zniekształceń obrazu sytuacji arkusza (ryc. 4). Oka siatki są bliskie kwadratu i tylko linie południkowe są nieco wygięte i nawiązują do biegu płynięcia

rzeki Wisły, którą przypuszczalnie sugerował się F.F. Czaki podczas pomiarów w terenie.

Wyniki dokładności dla czterech arkuszy (nr I, VI, VII i XII) osiągnięte metodą kierunkową zestawiono z wynikami otrzymanymi metodą transformacji Helmerta oraz metodą obliczenia dokładności na podstawie położenia geograficznego (współrzędnych geograficznych) – tabela 1.

Tabela 1

Porównanie niedokładności położenia miejscowości metodą kierunkową, transformacji Helmerta i na podstawie położenia geograficznego

Table 1

Comparison of inaccuracies in the position of village by directional Helmert's transformation and based on geographic location

Nr arkusza mapy	Dokładność położenia miejscowości [km]		
	metoda kierunkowa [M <sub>s</sub> ]	transformacja Helmerta	położenie geograficzne [M <sub>p</sub> ]
I	3,1	3,1	6,3
VI	2,9	3,9	6,3
VII	3,2	3,1	6,9
XII	1,9	2,2	3,3

Większa zbieżność średnich błędów położenia miejscowości pomiędzy metodą kierunkową<sup>1</sup> a transformacją Helmerta wystąpiła dla arkuszy nr I i VII niż dla arkuszy nr VI i XII, których wartości błędów są mniejsze w stosunku do błędów wyliczonych po transformacji Helmerta.

Średnie błędy położenia geograficznego<sup>2</sup> miejscowości, obliczone w stosunku do siatki kartograficznej dla arkuszy nr I, VI i VII, są bardzo zbliżone do siebie i zarazem większe w stosunku do otrzymanych błędów metodą kierunkową i po transformacji Helmerta. Średni błąd położenia geograficznego umożliwił jednak potwierdzenie największej dokładności arkusza nr XII do dokładności pozostałych arkuszy.

$$^1 M_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 + E_i^2)}{n}}, \text{ gdzie:}$$

$P_i$  – błąd kierunku (przesunięcie poprzeczne) dla pomiaru numer  $i$ , w kilometrach;

$E_i$  – błąd bezwzględny odległości, w kilometrach;

$n$  – liczba pomiarów;

$i$  – numer pomiaru.

$$^2 M_p = \pm \sqrt{M_\phi^2 + M_\lambda^2}, \text{ gdzie:}$$

$M_\phi$  – średni błąd szerokości geograficznej, w kilometrach;

$M_\lambda$  – średni błąd długości geograficznej, w kilometrach.

## Podsumowanie

Analizowane poszczególne arkusze zostały sporządzone na podstawie bezpośrednich pomiarów w terenie w formie zdjęć topograficznych, z czego wynika ich wysoka wartość jako źródłowych materiałów z historycznego punktu widzenia, decydujących o poznaniu topograficznym biegu rzeki Wisły w przekroju czasowym 250 lat. Arkusze charakteryzują się różnym stopniem dokładności, wynikającym zarówno ze zmienności ukształtowania terenu opracowywanych przyległych obszarów wzdłuż rzeki Wisły i kierunkiem jej płynięcia, jak i z braku osnowy trygonometrycznej oraz wdrożonej metody zdjęcia terenowego. Większe błędy zróżnicowania skali, odległości, kątów i położenia miejscowości występują na przestrzeniach trudniej dostępnych lub uchwytnych do sporządzenia zdjęcia topograficznego, a zatem dla obszarów górzystych i dla miejsc, gdzie dochodzi do częstych zmian kierunku przebiegu rzeki, silnie meandrującej, natomiast mniejsze błędy dla terenów o mniejszym urozmaiceniu rzeźby bądź o dużej gęstości osadnictwa i sieci dróg, czyli bardziej zagospodarowanych (zob. ryc. 4).

Prawdopodobnie Czaki odebrał wykształcenie we francuskiej szkole Sansona, w której uzyskał stopień kapitana z inżynierii wojskowej, a zatem musiał mieć dobre podstawy teoretyczne i praktyczne w kartografii (Buczek 1938). Należy pamiętać, że wykonane zdjęcia topograficzne do mapy Wisły, nieoparte na triangulacyjnych podstawach, powstały za pomocą powszechnie stosowanej w owym czasie metody *à la vue* (okomiaru), (Konias 2000, s. 57). Za główne punkty do osnowy pomiarowej przyjmowano najczęściej wyraźnie widoczne obiekty sytuacyjne (wieże kościołów i zamków), a następnie przy użyciu lekkiego stolika, liniału przeziernikowego, busoli, kwadrantu i małego astrolabium, ustalano kątowo na szkicu polowym położenie punktów stałych i orientacyjnych (kościół, młyn). W dalszej kolejności na podstawie oceny wzrokowej kartowano elementy liniowe, jak rzeki, drogi, a w razie potrzeby pomiar szczegółów uzupełniano krokami lub objeżdżano teren konno, obliczając odległość na podstawie średniego kroku konia. W związku z brakiem innych instrumentów do pomiaru kąta stosowano trzy tyczki i sznur, zaś z pomocą mierniczych na obszarach o utrudnionym dostępie (zwarty las, teren podmokły) wykonywano pomiar łańcuchem. Odległości między miejscowościami notowano w czasie jazdy powozem z koła pomiarowego, a zmiany kierunków drogi według wskazań azymutów magnetycznych na busoli. Treść kartograficzną na mapach wypełniano również na podstawie relacji ludzi znających dany teren.

Zbadanie natomiast wiarygodności kartometrycznej arkuszy nr I, VI, VII, XII dzięki nowym rozwiązaniom technologicznym podkreśliło wielkości błędów dostosowania topograficznych punktów stałych, uzależnionych od sąsiedztwa gęstej sieci osadniczej i przepływającej rzeki Wisły, stanowiącej dla nich punkty odniesienia, którymi sugerował się F.F. Czaki podczas pomiarów w terenie. Niemniej jednak metody obliczenia dokładności na podstawie położenia geograficznego i w rezultacie potwierdzenie wyników osiągniętych metodą transformacji Helmerta i kierunkową wykazało, że dokładność mapy nieopartej na sieci triangulacyjnej należała w tym okresie do jednych z bardziej wartościowych opracowań kartograficznych (zob. tab. 1).

Przeprowadzony proces wizualizacji metodą oszacowania zniekształceń geometrycznych dawnych map przy użyciu aplikacji MapAnalyst, opartej na obserwacji wektorów przemieszczeń punktów kontrolnych, izolinii i siatki zniekształceń, znacznie upraszcza i przyspiesza analizę przestrzennego zróżnicowania błędów dopasowania, niż gdyby zastosowało się tradycyjne techniki manualne. Ponadto umożliwiła maksymalne wykorzystanie informacji zawartych w mapach historycznych oraz zwiększa wiarygodność wyników badań do wykorzystania dla szerokiego grona specjalistów zajmujących się współcześnie badaniem zmian środowiska w wybranych przekrojach czasowych.

## Literatura

- Adami A., 2009, *From real to virtual globe: new technologies for digital cartographic representation*, e-Perimtron, 4, 3, s. 144-160
- Beineke D., 2001, *Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten*, Schriftenreihe des Studiengang Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, 71
- Bitelli G., Cremonini S., Gatta G., 2009, *Ancient maps comparison and georeferencing techniques: a case study from the Po river delta (Italy)*, e-Perimtron, 4, 4, s. 221-233
- Buczek K., 1938, *Czaki Franciszek Florian*. W: *Polski Słownik Biograficzny*, t. IV, Kraków, s. 161-162
- Gaspar J.A., 2008, *Dead reckoning and magnetic declination: unveiling the mystery of portolan charts*, e-Perimtron 3, 4, s. 191-203
- Hartnack W., 1939, *Probleme der deutsche Kartographie des 16-17 Jahrhunderts. Dargestellt am Beispiel der Grossen Lubinschen Karte von Pommern aus dem Jahre 1618*, Deutsche Geographische Blätter, 42, s. 40-56
- Heere E., 2011, *The accuracy of the maps of Zeeland; Accuracy measurement as part of the cartobibliography*, e-Perimtron, 6, 3, s. 187-199
- Jenny B., 2006, *MapAnalyst – A digital tool for the analysis of the planimetric accuracy of historical maps*, e-Perimtron, 1, 3, s. 239-245
- Jenny B., Humi L., 2011, *Studying cartographic heritage: Analysis and visualization of geometric distortions*, Computers & Graphics, 35, 2, s. 402-411
- Jenny B., Weber A., Humi L., 2007, *Visualising the planimetric accuracy of historical maps with MapAnalyst*. *Cartographica*, 42, 1, s. 89-94
- Konias A., 1984, *Metody oceny dokładności dawnych map*. W: *Teoretyczne i metodyczne problemy współczesnej kartografii*, Lublin, s. 64-76
- Konias A., 1987, *Kartometryczna i opisowa analiza obrazu kartograficznego Śląska z połowy XVIII wieku na podstawie map Jana Wolfganga Wielanda i Mateusza Schubartha w „Atlas Silesiae id est Ducatus Silesiae... Homannianis Heredibus – Norimbergae MDCCL”*, maszynopis pracy doktorskiej, Uniwersytet Wrocławski
- Konias A., 2000, *Kartografia topograficzna Śląska Cieszyńskiego i zaboru austriackiego od II połowy XVIII wieku do początku XX wieku*, Katowice
- Kozieł Z., 1997, *Concerning the need for development of the geomatic research method*, *Geodezja i Kartografia*, XLVI, 3, s. 217-224
- Mapa topograficzna Polski 1:100 000, 1959-1986, Układ Współrzędnych 1942*, Sztab Generalny Wojska Polskiego
- MapAnalyst*, 2015, strona internetowa projektu: [mapanalyst.org](http://mapanalyst.org)
- Marcel G., 1907, *Correspondance de Michel Hennin et de d'Anville*, *Bulletin de Géographie Historique et descriptive*, 3, s. 454-482

- Mastrorunzio M., 2010, *Analisi dell'accuratezza geometrica della cartografia storica a grande scala. L'evoluzione della rappresentazione dell'alveo dell'Adige, Proceedings of the 14th Conferenza Nazionale ASITA, 9-12 Novembre 2010, Fiera di Brescia*, s. 1311-1316
- Merczyng H., 1913, *Mapa Litwy z 1613 r. Ks. Radziwiłła Sierotki pod względem matematycznym i kartograficznym*, Sprawozdania z posiedzeń Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, wyd. III, VI, 6, s. 416-441
- Pietkiewicz S., 1980, *Studia nad dokładnością dawnych map ziem polskich. Trzy mapy z XVI i XVII wieku*. W: *Studia i materiały z dziejów nauki polskiej*, Seria C, 24, s. 36-120
- Saliszczew K.A., 1984, *Kartografia ogólna*, Warszawa
- Strzelecki K., 2012, *Mapa Wisły Franciszka Floriana Czackiego z XVIII wieku w świetle analizy geograficzno-kartograficznej*, maszynopis pracy doktorskiej, Uniwersytet Wrocławski
- Trafas K., 1975, *Zmiany biegu koryta Wisły na wschód od Krakowa w świetle map archiwalnych i fotointerpretacji*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne, 40, s. 16-37
- Wyder S., Feldmann H., 2011, *Die Karten der Schweiz (1620-1657) von Hans Conrad Gyger*, Cartographica Helvetica, 43, s. 3-18
- Zbiory cyfrowe Biblioteki Narodowej Francji w Paryżu, gallica.bnf.fr
- Żyszkowska W., 2012, *Mapa Departamentu Poznańskiego Edwarda Raczyńskiego jako źródło w badaniach stanu i zmian środowiska Wielkopolski*. W: *Biblioteka Polskiego Przeglądu Kartograficznego*, 3: *Dawne mapy jako źródła historyczne*, red. B. Konopka, J. Ostrowski, J. Paślawski, P.E. Wespiański, Warszawa, s. 36-44
- Żyszkowska, W., 2013, *The numerical analysis of a lost old-days manuscript map*, e-Perimetron, 82, s. 95-100

## Summary

Old maps are highly useful in solving contemporary problems of the research and widely used in various scientific disciplines engaged in detecting relationships between the elements of the geographical environment. Firstly, this is due to greater awareness about the unique information stored on old maps that were in their time of most use as a base material for other cartographic studies. Secondly, this is a consequence of the increased availability in digital form, and the emergence of computer applications included in Geographic Information Systems.

For the characteristic scale of changes that have occurred in the geographical space one should get to know the degree of accuracy of the former map. A review of published literature on the subject content-related research old maps indicate that the general methods of analysis can generally be divided into geographical and historical and cartographic-mathematical (Konias 1984). In contrast, modern computer-cartometric method of analysis of historical maps using the application MapAnalyst accelerates and enables iterative approach to research and increases accuracy and reliability of results than using traditional manual techniques (Beineke 2001, Jenny 2006, Jenny, Hurni 2011).

Subjecting the credibility of the VIII century Vistula map by FF Czaki based on new technological solution MapAnalyst application using local disturbances created an image that became helpful in reaching hypothesis whether they result from misdiagnosis or providing the terrain, and are they the result of the displacement of occurred content elements on the map.

