

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/325569417>

Methodical aspects of GIS spatial analyses with early topographic maps (Metodyczne aspekty analiz przestrzennych GIS wykorzystujących dawne mapy topograficzne)

Chapter · December 2015

CITATION

1

READS

14

1 author:



[Jakub Andrzej Kuna](#)

Maria Curie-Skłodowska University in Lublin

11 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



4D animations [View project](#)



Shtetl Routes [View project](#)

**Dawne mapy topograficzne
w badaniach geograficzno-historycznych**

Redakcja naukowa Andrzej Czerny

Lublin 2015



© by Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2015

PUBLIKACJA BEZPŁATNA

Recenzja: dr hab. Wiesław Ostrowski

Łamanie:  MAC Arkadiusz Makowski

ISBN: 978-83-939172-2-8

Publikacja jest współfinansowana ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	
Andrzej Czerny	5
Powstanie i etapy rozwoju map topograficznych do końca XIX wieku	
Andrzej Czerny	11
2. Dawne mapy topograficzne Lubelszczyzny jako źródła informacji w badaniach historyczno-geograficznych	
Paweł Cebrykow	85
3. Podstawy matematyczne współczesnych polskich map topograficznych	
Mirosław Krukowski, Anna Łoboda	103
4. Metodyczne aspekty analiz przestrzennych GIS wykorzystujących dawne mapy topograficzne	
Jakub Kuna	125
5. Przedstawianie rzeźby terenu na mapach topograficznych	
Anna Rzucidło	151
6. Ewolucja grafiki polskich map topograficznych	
Mirosław Meksuła, Leszek Grzechnik.....	175
7. Rola napisów odnoszących się do miejscowości w czytaniu i interpretacji map topograficznych	
Paweł Kowalski	203

Jakub Kuna

Zakład Kartografii i Geomatyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Metodyczne aspekty analiz przestrzennych GIS wykorzystujących dawne mapy topograficzne

Dawne mapy topograficzne stanowią znakomite źródło informacji o przestrzeni geograficznej z przeszłości (Plit 1994; Plit 2006). Ilość i różnorodność informacji zakodowanych na mapach topograficznych za pomocą znaków kartograficznych jest nieporównywalnie większa niż na jakimkolwiek innym nośniku analogowym (Kudriawcew 1955; Ostrowski 2008). Ponadto mapy topograficzne są oficjalnymi dokumentami (wojskowymi lub cywilnymi), podlegającymi wielokrotnej weryfikacji na etapie pomiarów, opracowania i reprodukcji, dlatego w badaniach historycznych uważa się je za niezwykle cenny materiał faktograficzny (Knowles 2002; Szady 2013a).

Rozwój systemów informacji geograficznej i ich zastosowanie w badaniach geograficzno-historycznych zdecydowanie ułatwił przeprowadzanie analiz z wykorzystaniem dawnych map topograficznych i otworzył szereg nowych możliwości – szczególnie w zakresie analiz ilościowych (Szady 2008). Niestety pozorna łatwość wykorzystania GIS w wielu wypadkach wpłynęła negatywnie na jakość przeprowadzanych badań. Specjaliści GIS bardzo często wykorzystują gotowe (zaproponowane przez producentów oprogramowania) schematy analiz i wizualizacji zjawisk przestrzennych. Środowisko kartografów z przykrością zauważa, że „GIS-owcy” rzadko zastanawiają się nad właściwym doбором parametrów analiz (Ostrowski 2008; Giętkowski, Zachwatowicz 2010). W konsekwencji można spotkać szereg prac o wątpliwej wartości merytorycznej – chociażby nagminne wykorzystanie metody kartogramu do prezentacji zjawisk wyrażonych w liczbach bezwzględnych.

Wykorzystanie dawnych map topograficznych do przeprowadzania analiz zmienności przestrzeni geograficznej wymaga położenia szczególnego nacisku na metodyczne aspekty badania: dobór odpowiednich materiałów kartograficznych, ujednoczenie podstaw matematycznych, właściwą interpretację treści dawnych map topograficznych (Nieścioruk 2006; Kuna 2014a). Najlepsze rezultaty powstają w wyniku połączenia przeszłości (dorobek metodyki kartograficznej, uważne studium literatury) i nowoczesności (starannie przygotowane zaplecze sprzętowe, odpowiedni zasób narzędzi informatycznych i odpowiednio zaplanowane procedury), co z uwagi na przedmiot i charakter badań wydaje się w pełni uzasadnione (Plit 2014).

1. Uwarunkowania doboru dawnych map topograficznych do analiz GIS

Istnieją dwie nadrzędne zasady dotyczące doboru map topograficznych do analiz zmienności przestrzeni geograficznej. Pierwszym kryterium jest cel badania naukowego. Należy zadać sobie pytanie: co chcemy zbadać, po co chcemy przeprowadzić badanie i jakich rezultatów się spodziewamy (Myga-Piątek, Nita 2012). Drugim kryterium jest dostępność map. Szukając odpowiednich materiałów kartograficznych należy zapoznać się z historią kartowania danego terenu i opracowań map topograficznych jakie się ukazały. Szczególnie pomocne są różnego rodzaju skorowidze (*Katalog Map* 1934) i prace naukowe o charakterze monograficznym, w których podsumowano stopień pokrycia terenu określonymi materiałami kartograficznymi (Krassowski 1973), a także internetowe biblioteki i zbiory map¹.

Należy zdać sobie sprawę, że badania oparte na mapach topograficznych (także dawnych) wymagają określenia progu dokładności przestrzennej związanej z procesem generalizacji kartograficznej. Stopień generalizacji kartograficznej jest to ogólnie akceptowany poziom uproszczenia rysunku mapy w danej skali (Ostrowski, Kowalski 2006). Najczęściej wyróżniane poziomy skalowe map topograficznych są określane na podstawie standardowych opracowań kartograficznych danego kraju. W przypadku polskich map topograficznych jest to ciąg skalowy 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 (Ostrowski 2008). Warto wiedzieć, że konwencje graficzne w kartografii ewoluowały w wyniku dekad eksperymentów praktycznych i dopiero w drugiej połowie XX w. zostały ujęte w ramy naukowej metodyki. Stąd też stopień generalizacji dawnych map topograficznych różni się od stopnia generalizacji współczesnych map topograficznych opracowanych na zbliżonym poziomie skalowym (Kuna 2014b).

¹ www.mapywig.org; www.igrek.amzp.pl; www.davidrumsey.com; www.rcin.org.pl

Mimo zastosowania technologii teledetekcyjnych i półautomatycznych metod redakcji nawet współcześnie proces opracowania map topograficznych jest bardzo czasochłonny (np. dla mapy topograficznej 1:50 000 trwa od 6 do 12 miesięcy – *Wojskowa...* 2011) i właściwie każda mapa topograficzna w momencie wydania jest już nieaktualna. Możliwości, którymi dysponowali kartografowie w przeszłości, były zdecydowanie mniej zaawansowane, a opracowanie map trwało latami. Czy można powiedzieć, że były to mapy nieaktualne? Odpowiedź na tak postawione pytanie musi być negatywna. Tempo antropogenicznych przemian przestrzeni geograficznej było zdecydowanie wolniejsze niż współcześnie, więc i okres w którym mapy względnie dobrze odzwierciedlały rzeczywistość był dłuższy.

Na forach dyskusyjnych o tematyce historycznej, turystycznej i GIS-owej spotyka się opinie o małej dokładności (kartometrycznej) dawnych map topograficznych. Użytkownicy przytaczają przykłady rozbieżności lokalizacji obiektów na skalibrowanych dawnych mapach topograficznych względem własnych pomiarów GPS lub w konfrontacji do ortofotomapy i BDOT. Pojawiają się krytyczne komentarze, np. „mapa nie siedzi na 100 m w terenie”. Co znamienne, w wypowiedziach tego typu cyfrowy plik mapy jest traktowany jak obraz, który można dowolnie powiększać lub pomniejszać. Niewielu dyskutujących zwraca uwagę na skalę wpasowywanych map, a przecież jest to wpływ zasadniczy. Błąd rzędu 100 m w terenie na mapie topograficznej w skali 1:10 000 wynosi 1 cm i będzie to błąd znaczny. Ta sama wartość błędu terenowego na mapie topograficznej w skali 1:100 000 będzie wynosiła 1 mm i przesunięcie tego typu będzie mniejsze niż grubość niektórych znaków liniowych (Kuna 2012). Czy w takim przypadku można mówić o błędzie? Inna sprawa, że wypowiedziom rozgorzconych internautów często towarzyszą zapisy o kalibracji map do układu współrzędnych, który nie jest adekwatny ze względu na rodzaj odwzorowania kartograficznego zastosowanego na badanej dawnej mapie topograficznej. Zagadnienie ujednolicenia podstaw matematycznych porównywanych map jest szczególnie istotne i wymaga omówienia w osobnym podrozdziale.

2. Metody ujednolicenia podstaw matematycznych dawnych map topograficznych

Ujednolicenie podstaw matematycznych dawnych map topograficznych polega na matematycznym przekształceniu obrazu jednej mapy do postaci, która będzie odpowiadała obrazowi innej mapy (Affek 2012). Cechą odróżniającą mapy od innych obrazów graficznych jest zastosowanie odwzorowania karto-

graficznego – czyli rodzaju geometrycznego przekształcenia części lub całości elipsoidy ziemskiej lub innego ciała niebieskiego na płaszczyznę.

Ponieważ nie istnieje możliwość rozwinięcia powierzchni eliptycznej (elipsoidy lub kuli) na płaszczyznę w sposób umożliwiający wierne zachowanie jednocześnie więcej niż jednego z trzech parametrów (odległości, kątów, pól powierzchni) w całej płaszczyźnie przekształcenia, w ciągu stuleci powstało wiele odwzorowań, charakteryzujących się różnym stopniem zachowania poszczególnych parametrów (Ogorzelska 2006). Ujednoczenie podstaw matematycznych dawnych map topograficznych jest zatem (z perspektywy metodologii nauk) przedmiotem zainteresowania kartografii matematycznej, czyli działu kartografii zajmującego się badaniem odwzorowań kartograficznych oraz analizą zniekształceń na mapach.

Cyfrowy obraz dawnej mapy topograficznej, jak każdy inny obraz rastrowy, jest rodzajem dwuwymiarowej macierzy o zdefiniowanej liczbie kwadratowych klastrów (pikseli). Każdy klaster posiada informację o położeniu względem punktu początkowego macierzy rastra (najczęściej lewy górny róg) oraz barwie, zapisanej jako kod liczbowy w zdefiniowanej przestrzeni spektralnej (np. RGB). Transformacja geometryczna rastrowego obrazu mapy odbywa się na zasadzie przeliczenia wartości poszczególnych pikseli i nadania nowych współrzędnych pikselom o danych wartościach odbicia spektralnego lub nadania nowych wartości pikselom o danych współrzędnych.

Zasadniczo wyróżnia się trzy rodzaje geometrycznych przekształceń obrazów cyfrowych: afiniczne przekształcenia jednomianowe, przekształcenia wielomianowe i przekształcenia składane (Guerra 2000; Shimizu, Fuse 2003). Przekształcenia afiniczne zakładają, że, bez względu na zastosowany rodzaj przekształcenia, w wyniku transformacji dowolnej linii prostej z obrazu oryginalnego, na obrazie pochodnym otrzymamy inną linię prostą. Do najczęściej stosowanych przekształceń afinicznych są zaliczane: translacje (przesunięcia równoległe), jednokładności, obroty, odbicia symetryczne, pochylenia oraz zgniatanie i rozciąganie wzdłuż prostej. Przekształcenia wielomianowe pozwalają na zastosowanie funkcyjnego wygięcia płaszczyzny, w wyniku czego obrazowi linii prostej na płaszczyźnie będzie odpowiadała krzywa wielomianowa. Przekształcenia składane polegają na segmentacji macierzy rastra, wykonaniu jedno- lub wielomianowych przekształceń poszczególnych segmentów i mozaikowaniu (połączeniu) ich w ponowną całość (Jaskulski, Łukasiewicz, Nalej 2013).

Jednym z głównych odkryć, zapoczątkowanej w latach sześćdziesiątych XX wieku rewolucji geoinformatycznej, było nadanie współrzędnych kartograficznych (georeferencji) rastrowym obrazom map. W wyniku rektyfikacji komórki

macierzy cyfrowego obrazu mapy otrzymują nowy zestaw współrzędnych, zgodnych ze współrzędnymi układu stosowanego na danej mapie. Rektyfikacja umożliwiła wykorzystanie komputerów do wykonywania pomiarów na mapach. Możliwość wykorzystania różnorodnych danych źródłowych, tworzenia dowolnych algorytmów przeliczeniowych i przedstawiania wyników w jednostkach rzeczywistych, przyczyniła się do spontanicznego rozwoju systemów informacji geograficznej i wzrostu liczby analiz ilościowych opartych na mapach (Macioch 2006).

Nadanie rastrowym obrazom map rzeczywistych współrzędnych (geograficznych, geodezyjnych) umożliwia ujednoczenie podstaw matematycznych dawnych map topograficznych. Użytkownicy GIS wyróżniają dwie grupy metod kalibracji map²: metody kalibracji map o znanych podstawach matematycznych oraz metody kalibracji map o nieznanym lub niepewnych podstawach matematycznych.

Jeżeli podstawy matematyczne kalibrowanych map są znane i dobrze udokumentowane, kalibracja polega na zarejestrowaniu map (rektyfikacji, nadaniu mapom georeferencji) w macierzyste układy współrzędnych i transformacji odwzorowania kartograficznego jednej z map. Współrzędne kartograficzne pikseli mapy zarejestrowanej w macierzystym układzie współrzędnych zostają przeliczone na odpowiadające im współrzędne geograficzne (najczęściej w formacie współrzędnych dziesiętnych), a następnie ponownie przeliczone na odpowiednie współrzędne układu współrzędnych mapy docelowej (Affek 2012). Aby otrzymać poprawne wyniki transformacji rastrowych obrazów map wymagane jest bardzo szczegółowe określenie podstaw matematycznych (parametry elipsoidy, parametry odwzorowania kartograficznego), nie zawsze możliwe do zdefiniowania w przypadku map dawnych (Panecki 2014).

Wiele programów GIS posiada wbudowane biblioteki³ odwzorowań kartograficznych stosowanych do map topograficznych różnych krajów. Państwowe służby geodezyjno-kartograficzne często udostępniają parametry własnych układów współrzędnych na swoich stronach internetowych w postaci gotowych bibliotek konkretnych programów GIS (np. pliki z rozszerzeniem *.prj*, *.csf*, *.crs*, *.srs*). Istnieje także międzynarodowy rejestr standaryzacji układów współrzędnych *European Petroleum Survey Group*, zawierający bazę ok. 3700 parametrów

² „Kalibracja obrazów rastrowych, nazywana również nadawaniem georeferencji, wpasowaniem przestrzennym lub rejestracją w układzie współrzędnych, polega na usunięciu zniekształceń i błędów występujących na rastrze, spowodowanych skanowaniem i zniekształceniami mapy papierowej oraz zdefiniowaniu układu geodezyjnego” (Jaskulski, Łukasiewicz, Nalej 2013).

³ W terminologii informatycznej biblioteka (ang. *library*, w skrócie *lib*) oznacza zespół gotowych algorytmów, fragmentów kodu, narzędzi i plików danych, które można wykorzystać jako parametry w różnych operacjach informatycznych.

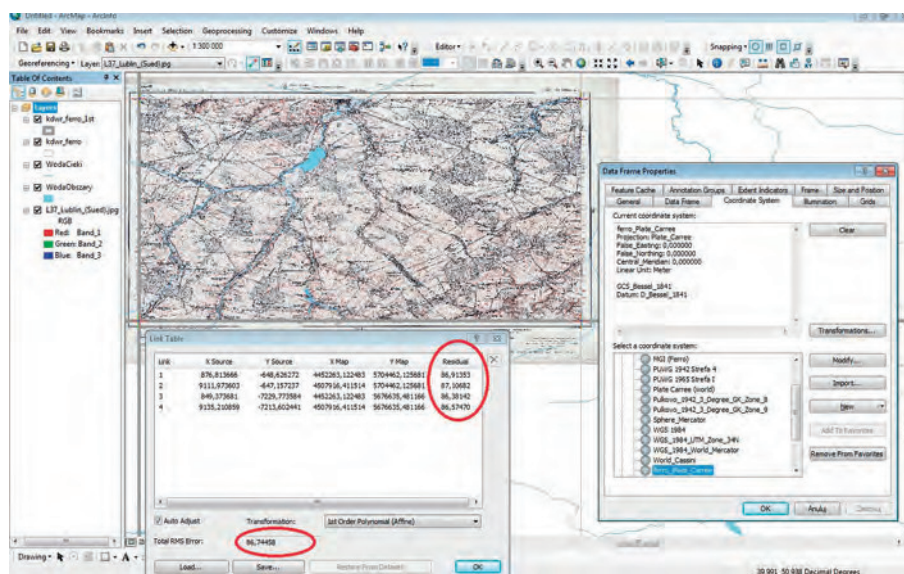
układów współrzędnych – tzw. kodów EPSG. Zastosowanie zdefiniowanych bibliotek EPSG oraz coraz większa moc obliczeniowa komputerów pozwoliły pominąć potrzebę transformacji rastrów map do plików z nowym odwzorowaniem kartograficznym. Nowoczesne programy GIS wykonują transformację w locie, dzięki czemu można wykonać tymczasowe ujednoczenie podstaw matematycznych map lub transformację do innego odwzorowania kartograficznego bez ingerencji w odniesienie przestrzenne plików źródłowych.

Sytuacja komplikuje się jeśli parametry odwzorowania kartograficznego jednej z kalibrowanych map są nieznane, lub ich określenie jest niewystarczająco precyzyjne (np. brak informacji o położeniu elipsoidy źródłowej względem współcześnie obowiązującej elipsoidy WGS 84). Nadanie odniesienia przestrzennego mapie topograficznej o nieznanach lub niewiarygodnych parametrach odniesienia przestrzennego jest kalibracją *par excellence* – jest możliwe jedynie poprzez dopasowanie rastrowego obrazu mapy do innych, posiadających georeferencję, danych przestrzennych (Affek 2012).

Jak wspomniano wcześniej, dobór referencyjnych danych przestrzennych jest przedmiotem ożywionych dyskusji w środowiskach GIS-owych. Liczne próby dopasowywania dawnych map topograficznych do bardzo szczegółowych współczesnych danych przestrzennych wskazują na tendencję do stawiania archiwaliom kartograficznym zbyt wysokich wymagań w zakresie kartometryczności.

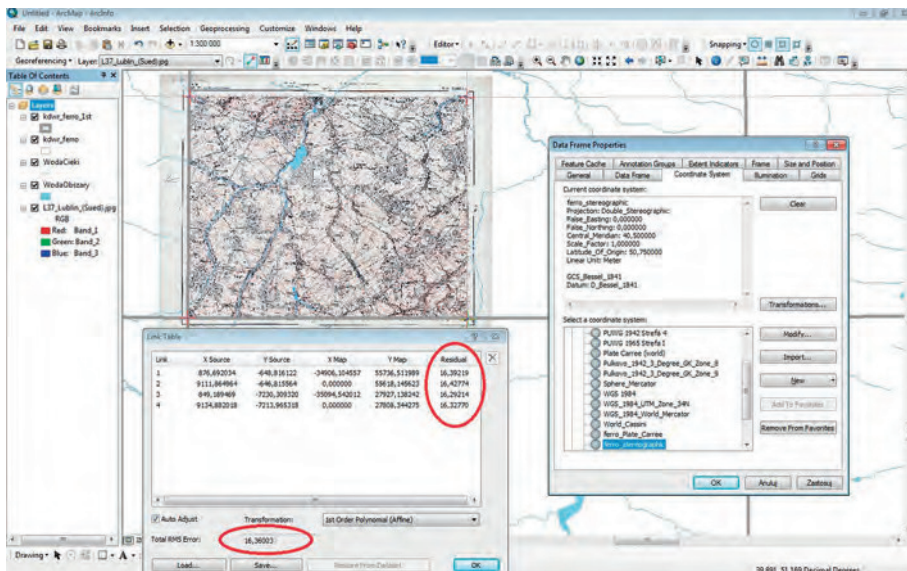
Należy zwrócić szczególną uwagę na fakt, że we wszystkich programach GIS domyślnie ustawiony jest tzw. układ współrzędnych geograficznych (długość, szerokość), przedstawiony w oknie mapowym za pomocą odwzorowania walcowego równoodległościowego w położeniu normalnym, stycznym (tzw. siatka kwadratowa – *plate carrée*). Odwzorowanie to powstaje w wyniku rozwinięcia powierzchni elipsoidy WGS-84 rzutowanej na pobocznice walca według założenia, że długość obrazu nieskończenie krótkiego łuku południka i długość obrazu nieskończenie krótkiego łuku równoleżnika są sobie równe na całej powierzchni płaszczyzny odwzorowawczej. Siatka kwadratowa cechuje się wiernym zachowaniem długości południków i równika. Ponieważ wszystkie równoleżniki są przedstawione jako odcinki o długości równika, wraz ze wzrostem szerokości geograficznej długość kolejnych równoleżników ulega coraz silniejszemu zniekształceniu (wydłużenie jest zgodne z odwrotnością cosinusa szerokości geograficznej). Zniekształcenie długości w kierunku równoleżników dla bieguna jest nieskończenie wielkie: biegun (będący w rzeczywistości punktem) odwzorowuje się w postaci linii o długości równika. Zniekształcenie kątów i pól powierzchni jest w tym odwzorowaniu wprost proporcjonalne do

zniekształcenia równoleżników na danej szerokości geograficznej (Ogorzelska 2006). Rektyfikacja i kalibracja map w oparciu o odwzorowanie walcowe elipsoidy WGS 84 może prowadzić do licznych nieścisłości i błędnych wniosków na temat dokładności kartometrycznej dawnych map topograficznych (ryc. 1).



Ryc. 1. Kalibracja *Karte des westlichen Russlands* 1:100 000, ark. L 37 Lublin Süd w oparciu o siatkę geograficzną w odwzorowaniu walcowym równoodległościowym normalnym (siatka prostokątna). Warto zwrócić uwagę na zaburzenie proporcji mapy (rozciągnięcie horyzontalne). Nałożenie na mapę współczesnej sieci hydrograficznej, pozwala stwierdzić, że obraz został skalibrowany dosyć poprawnie. Na czerwono zaznaczono wartość RMS wyrażoną w metrach – błąd wpasowania wyrażony w skali mapy wynosi 0,87mm (jest zauważalny). Opracowanie własne.

Rozwój kartografii topograficznej był związany z rozwojem sztuki wojennej – w szczególności artylerii i inżynierii wojskowej (Olszewicz 1921). Specyfika potrzeb wojskowych zdecydowała o tym, że przeważającą większość map topograficznych opracowano w odwzorowaniach wiernokątnych (Kreutzinger 1928). Niektóre odwzorowania kartograficzne dawnych map topograficznych trudno zdefiniować w systemach GIS (np. odwzorowanie wielościenne, popularne w kartografii wojskowej na przełomie XIX i XX wieku – Hełm-Pirgo 1928; Kreutzinger 1928; *Katalog Map* 1934). Zastosowanie materiału referencyjnego o rozkładzie zniekształceń zbliżonym do przypuszczalnego rozkładu zniekształceń na dawnej mapie topograficznej nie eliminuje niepewności dopasowania map, ale z pewnością pozwala zmniejszyć wartość błędu kalibracji (ryc. 2).



Ryc. 2. Kalibracja *Karte des westlichen Russlands* 1:100 000, ark. L 37 Lublin Süd w oparciu o siatkę geograficzną w odwzorowaniu stereograficznym z punktem przyłożenia na środku arkusza. Nałożenie na mapę współczesnej sieci hydrograficznej pozwala stwierdzić, że obraz został skalibrowany poprawnie. Na czerwono zaznaczono wartość RMS wyrażoną w metrach – błąd wpasowania wyrażony w skali mapy wynosi 0,16 mm (jest niezauważalny). Opracowanie własne.

Kalibracja dawnych map topograficznych w oparciu o współczesne mapy topograficzne lub współczesne dane przestrzenne jest uzasadniona, jeśli materiały referencyjne wykonano w skali nie mniejszej niż źródła archiwalne. Istotne wydaje się przypomnienie, że wciąż znaczna część danych przestrzennych dostępnych w systemach GIS nie pochodzi z bezpośrednich pomiarów terenowych, lecz skutkiem digitalizacji istniejących map tematycznych, które opracowano przy użyciu konkretnego odwzorowania kartograficznego. Przynajmniej nie wszystkie osoby opracowujące ogólnodostępne dane przestrzenne miały wystarczającą wiedzę z zakresu kartografii matematycznej i dlatego rezerwa do wiarygodności przestrzennej danych zewnętrznych jest uzasadniona.

Można założyć, że z biegiem czasu dokładność pomiarów terenowych wykonywanych przy opracowaniu map rosła i nowsze materiały kartograficzne cechują się większą wiarygodnością przestrzenną niż starsze mapy w zbliżonej skali. Z drugiej strony, prowadzone po II wojnie światowej badania pojemności informacyjnej map i efektywności percepcji map wykazały, że przesycenie informacyjne map w skalach mniejszych niż 1:50 000 wpływa negatywnie na

odbiór ich treści, w wyniku czego zaczęto opracowywać mapy o zauważalnie większym stopniu generalizacji kartograficznej (Grygorenko 1973).

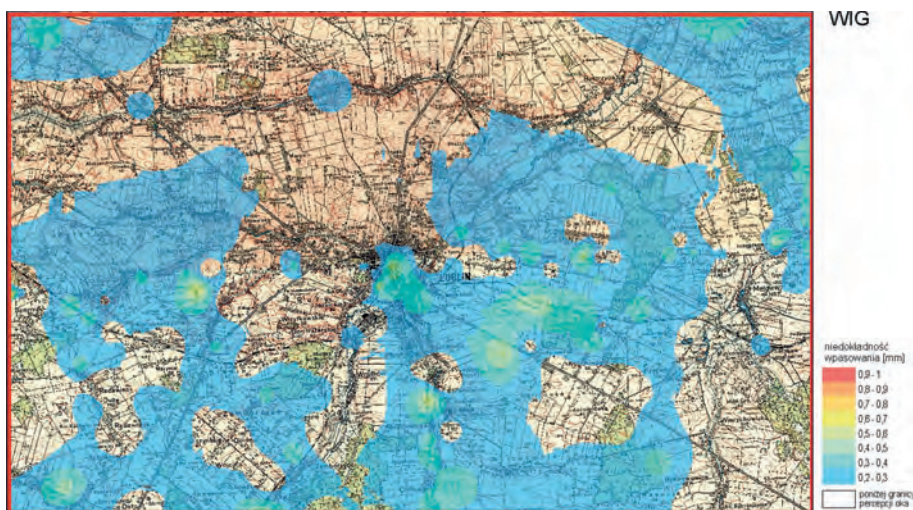
Dowolny, nieposiadający georeferencji obraz rastrowy – także skan dawnej mapy topograficznej – po wprowadzeniu do oprogramowania GIS zostaje automatycznie umieszczony w okolicach początku układu współrzędnych (w I lub IV ćwiartce, w zależności od tego, który narożnik obrazu domyślnie miał współrzędne 0,0) i rozciągnięty do rozmiaru macierzy rastra (np. 1024×800 px) wyrażonej w domyślnych jednostkach mapy. Dopasowanie dawnej mapy topograficznej do materiału referencyjnego w oprogramowaniu GIS wymaga oznaczenia pewnej liczby odpowiadających sobie punktów na jednym i drugim materiale kartograficznym.

Wybór par punktów oparty jest na identyfikacji punktów stabilnych, czyli obiektów topograficznych, których położenie nie uległo zmianie w ciągu analizowanego okresu historycznego (Guerra 2000; Nieścioruk 2006). Pojęcie punktu stabilnego jest względne – w dużym stopniu zależy zarówno od skali przestrzennej opracowania jak i analizowanego przekroju czasowego (Myga-Piątek, Nita 2012). Dla skali 1:10 000 za stabilny można uznać np. narożnik budynku, most lub inny obiekt architektoniczny, który nie był przebudowywany pomiędzy okresem opracowania dawnej mapy topograficznej, a okresem opracowania mapy referencyjnej. Dla skali 1:100 000 np. punkt położenia sygnatury kościoła może być uznany za wystarczająco stabilny, nawet jeśli kościół był nieznacznie przebudowany.

Trudno określić optymalną liczbę punktów stabilnych. Z pewnością nie może być mniejsza niż trzy – oznaczenie trzech punktów jest niezbędne do wykonania podstawowej transformacji afinicznej uwzględniającej translację (przesunięcie o wektor), jednokładność (pomniejszenie lub powiększenie z zachowaniem proporcji) i odpowiedni obrót rastrowego obrazu mapy. Wykonanie bardziej zaawansowanych przekształceń geometrycznych wymaga określenia co najmniej 5-6 punktów, jednak wskazana jest większa liczba. Co istotne, punkty powinny być w miarę możliwości rozmieszczone równomiernie na powierzchni całego dopasowywanego arkusza, tak żeby zniekształcenia jednej części nie wpływały negatywnie na obliczenie funkcji transformującej (Kuna 2014a). Oznaczenie na arkuszu mapy więcej niż 30 równomiernie rozmieszczonych punktów stabilnych pozwala na wykonanie dosyć wiarygodnej analizy rozkładu zniekształceń i statystyczne oszacowanie lokalnej i globalnej niedokładności wpasowania.

W większości programów GIS po utworzeniu macierzy punktów kalibracji i wyborze jednego z algorytmów transformacji program automatycznie oblicza wartości lokalnego odchylenia poszczególnych punktów od modelu kalibracji

całego arkusza mapy (*Residual*). *Root Mean Square Error* (dalej *RMS Error*) – czyli pierwiastek błędu średniokwadratowego – daje informację o uśrednionej wartości odchylenia wszystkich punktów wyrażonej w jednostkach mapy, dzięki czemu uzyskujemy informację o tym, jaki jest poziom dokładności (a właściwie niedokładności) wpasowania całego arkusza. W większości programów GIS istnieje możliwość zapisania macierzy kalibracji do osobnego pliku (np. tekstowego). Wykonanie interpolacji wartości lokalnego odchylenia umożliwia określenie rozkładu przestrzennego dokładności dopasowania kalibrowanego arkusza mapy (ryc. 3).



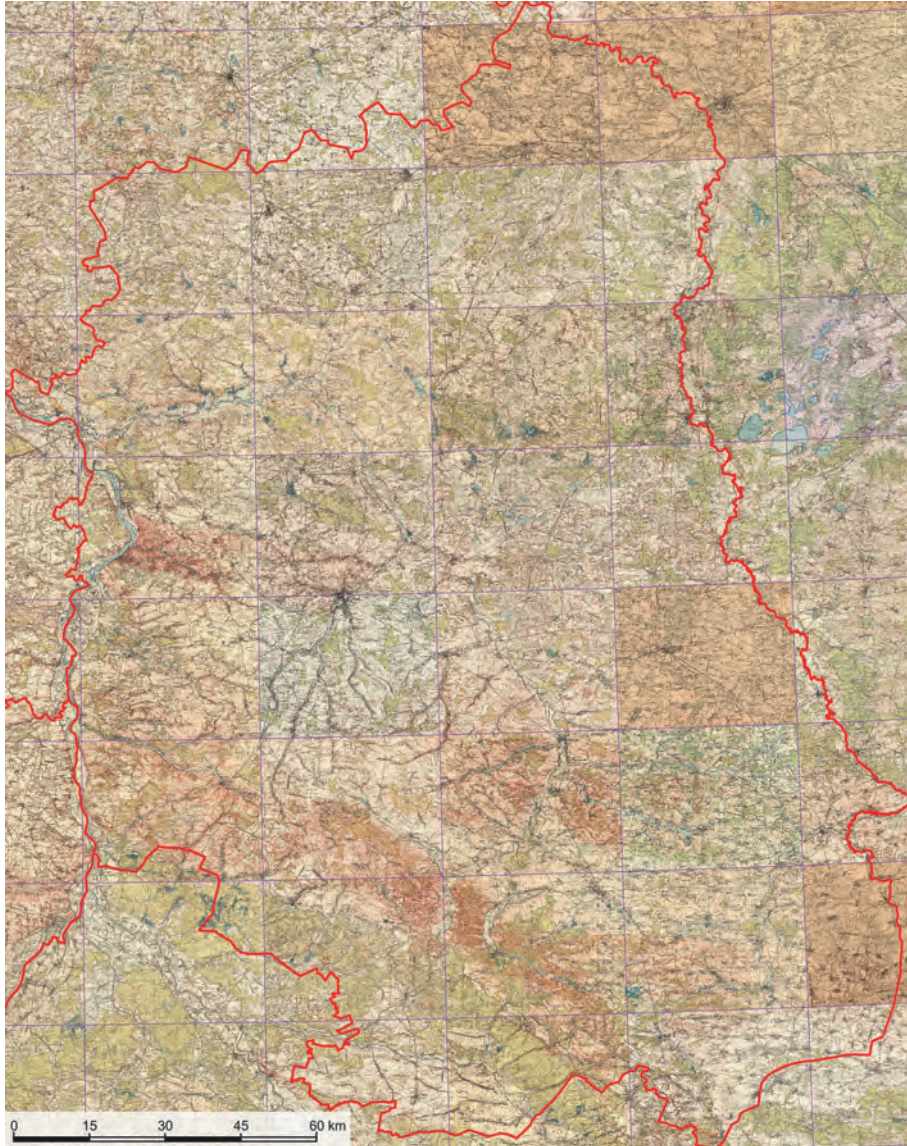
Ryc. 3 Niedokładność wpasowania mapy taktycznej 1:100 000 WIG (ark. P43 S35 Lublin Północ i P44 S35 Lublin Południe) interpolowana metodą odległościowo-wagową. Odchylenie żadnego z wyznaczonych punktów nie przekracza 1 mm w skali mapy (100 m w terenie). Na obszarach bez barwnego nadruku niedokładność wpasowania jest mniejsza niż 0,2 mm w skali mapy (20 m w terenie), tzn. przesunięcie treści mapy jest niezauważalne gołym okiem. Źródło: Kuna 2012, 33% wielkości oryginalnej.

Osobny problem metodyczno-techniczny stanowi kalibracja kilku arkuszy dawnej mapy topograficznej. Uzyskanie spójnego obrazu dla obszaru pokrywającego więcej niż jeden arkusz mapy topograficznej wymaga wydobycia treści wewnątrzramkowej poszczególnych arkuszy i uzgodnienia styków. Wydobycie treści wewnątrzramkowej można przeprowadzić na kilka sposobów: na etapie przygotowania materiałów źródłowych, w wyniku analizy pośredniej w programie GIS lub podczas wizualizacji skalibrowanych map.

Wydobycie treści wewnątrzramkowej na etapie przygotowania materiałów źródłowych polega na przycięciu rastrowego pliku zeskanowanej dawnej mapy topograficznej w dowolnym programie do edycji graficznej. Zaleca się utworzenie kopii zapasowych plików, które w razie niepowodzenia pozwolą na wykonanie ponownych prób (ręczne wycinanie treści z arkusza mapy odrzucamy jako niedopuszczalne). Warto pamiętać także o tym, że podział na arkusze wielu map topograficznych jest oparty na siatce południków i równoleżników, a nie siatce współrzędnych prostokątnych płaskich. Kształt arkuszy jest nieregularny (bardzo często są to serie trapezoidów równoramiennych), dlatego próby przycięcia arkusza prostokątnym szablonem na podstawie narożników mapy mogą prowadzić do usunięcia treści obrzeża i powstania nieciągłości przy dopasowaniu sąsiadujących arkuszy.

Pojedynczy arkusz powinien zostać przycięty do skrajnie wysuniętych części treści mapy (dla typowego, poprawnie zeskanowanego trapezoidu dawnej mapy topograficznej z półkuli północnej będą to: od góry jeden lub oba narożniki północne, od dołu fragment łuku równoleżnika w połowie szerokości krawędzi dolnej, od lewej narożnik południowo-zachodni, od prawej narożnik południowo-wschodni). Elementy treści pozaramkowej należy usunąć i zastąpić przezroczystością (tzw. kanał alfa – o ile program posiada taką funkcję) lub unikalną wartością barwy niewystępującą nigdzie indziej na przetwarzanym arkuszu (np. RGB 0,0,0; RGB 255,255,255; RGB 0,255,0). Programy GIS posiadają możliwość niewyświetlania barwy o unikalnej wartości, dzięki czemu możliwe jest dopasowanie arkuszy nawet jeśli treść wewnątrzramkowa jednego arkusza pokrywa się z treścią pozaramkową drugiego arkusza.

Wydobycie treści wewnątrzramkowej drogą analizy pośredniej w programie GIS wymaga utworzenia poligonowej warstwy wektorowej reprezentującej podział na arkusze (tzw. skorowidz) dawnej mapy topograficznej, co wiąże się z omówioną wcześniej potrzebą dobrej znajomości podstaw matematycznych przetwarzanej dawnej mapy topograficznej. Utworzenie sieci podziału arkuszy we właściwym odwzorowaniu kartograficznym pozwala na wykonanie kalibracji map w oparciu o narożniki arkuszy oraz przycięcie treści wewnątrzramkowej odpowiadającymi im poligonami skorowidza (zalecane jest wyekstrahowanie treści map do nowych plików). Jest to metoda wskazana przy pracy z dużą liczbą arkuszy o nieregularnym kształcie – przy odpowiedniej znajomości programów GIS możliwe jest częściowe zautomatyzowanie pracy (Panecki 2014). Przykład kalibracji w oparciu o skorowidz przedstawiono na rycinie 4.



Ryc. 4. Utworzenie jednolitego pokrycia obszaru województwa lubelskiego arkuszami mapy taktycznej 1:100 000 WIG metodą analizy pośredniej w oparciu o skorowidz arkuszy dla odwzorowania quasi-stereograficznego WIG. Rycina w skali 1:1 300 000. Opracowanie własne.

W niektórych programach GIS istnieje możliwość manualnego ograniczenia zakresu wyświetlania skalibrowanej mapy do podanych współrzędnych, dzięki czemu nie ma potrzeby usuwania treści pozaramkowej źródłowych plików ra-

strowych. Jeżeli mapy źródłowe były kalibrowane indywidualnie, to uzyskanie spójnego obrazu na stykach arkuszy będzie trudne. Można także próbować manualnego dopasowania treści wewnątrzramkowej sąsiednich arkuszy mapy w programach graficznych, a dopiero następnie kalibrować „sklejone” mapy. Dla regularnych arkuszy jest to metoda prosta i efektywna, jednak dopasowywanie krawędzi map o nieregularnych kształtach jest bardzo żmudne i obciążone dużym ryzykiem błędu.

Czasami, nawet pomimo dobrego dopasowania sąsiednich arkuszy, nie udaje się uzyskać spójnego obrazu treści topograficznej. Uzgodnienie styków map odbywa się na etapie redakcji każdej mapy i teoretycznie powinno pozwolić na stworzenie w pełni ciągłego obrazu sytuacji topograficznej (Wojskowa... 2011), jednak w praktyce opracowanie sąsiednich map może odbywać się w dosyć znacznych odstępach czasu, dlatego uzgodnienie nigdy nie jest idealne. Za różnice rysunku między sąsiadującymi mapami mogą odpowiadać: zmiany sytuacji terenowej, zmiany instrukcji kartowania terenu, różnice w interpretacji treści terenowej między autorami poszczególnych arkuszy, przesunięcia rysunku o grubość znaku oraz błędy ludzkie.

3. Problematyka interpretacji treści dawnych map topograficznych

Interpretacja treści dawnych map topograficznych może stanowić istotny problem badań opartych na analizie porównawczej serii map topograficznych z różnych okresów. Poprawne odczytywanie dawnych map topograficznych wymaga zrozumienia istoty mapy jako złożonego komunikatu kartograficznego: uogólnionego i uporządkowanego modelu rzeczywistości przedstawionego w sposób umowny za pomocą systemu znaków kartograficznych. Zgodnie z teorią semiotyki kartograficznej⁴ model rzeczywistości powstający w umyśle twórcy mapy pośrednio odzwierciedla warunki, które wpłynęły na ukształtowanie jego osobowości. Można zatem powiedzieć o subiektywizmie (historycznym, kulturowym, językowym itp.) dawnych map topograficznych. Dawna mapa topograficzna jest nie tyle obrazem tego, *co* widział jej twórca, a raczej obrazem tego, *jak* autor mapy postrzegał otaczającą go rzeczywistość (Ostrowski 2008). Rycina 5 przedstawia przykład graficznej interpretacji znaków ówczesnych map topograficznych wykonanej w czwartej dekadzie XX wieku.

⁴ Semiotyka kartograficzna (kartosemiotyka) – kierunek badawczy kartografii teoretycznej zajmujący się badaniem map jako konwencjonalnych systemów znaków. S. k. wykorzystuje aparat pojęciowy i metody badawcze semiotyki w odniesieniu do znaków kartograficznych (Ostrowski 2008).

Straßen

Reichsautobahn — in Betrieb (a), im Bau (b)		Reichsautobahn-Auffahrt	
	1: 25 000 1: 100 000 1: 300 000 Fliegerkarte alt neu 1: 1 000 000		1: 25 000 1: 100 000 Fliegerkarte alt neu
Reichsstraße, Fernverkehrsstraße — ausgebaut (a), noch nicht ausgebaut (b)			
	1: 25 000 54	1: 100 000 54 1: 300 000 54 1: 1 000 000 54	Fliegerkarte alt neu 1: 1 000 000 54
IA-Straße — etwa 5,5 m Mindestnutzbreite, Straße I. Klasse — mit größerer Steigung (a)			
	1: 25 000 Preuß. Sachs. Bay. Bad. Hess. Württ.	1: 100 000 1: 300 000 Fliegerkarte alt neu 1: 1 000 000	Ostmark 1: 75 000 1: 200 000 Ostgebiete 1: 100 000 1: 300 000
IB-Straße — etwa 4 m Mindestnutzbreite, Straße II. Klasse — mit Bäumen (b)			
	1: 25 000 Preuß. Sachs. Bay. Bad. Hess. Württ.	1: 100 000 1: 300 000 Fliegerkarte alt neu 1: 1 000 000	Ostmark 1: 75 000 1: 200 000 Ostgebiete 1: 100 000 1: 300 000
IIA-Unterhaltener Fahrweg — für Personenkraftwagen jederzeit brauchbar, Straße III. Klasse, „Gebesserter Weg“			
	1: 25 000 Preuß. Sachs. Bay. Hess. Bad., Württ.	1: 100 000 Fliegerkarte alt neu	Ostmark 1: 75 000 1: 200 000 Ostgebiete 1: 100 000 1: 300 000
IIB-Unterhaltener Fahrweg — für Personenkraftwagen nicht jederzeit brauchbar, Straße IV. Klasse, „Weg“			
	1: 25 000 Preuß. Sachs. Bay. Hess. Bad., Württ.	1: 100 000 1: 300 000	Ostmark 1: 75 000 1: 200 000 Ostgebiete 1: 100 000 1: 300 000

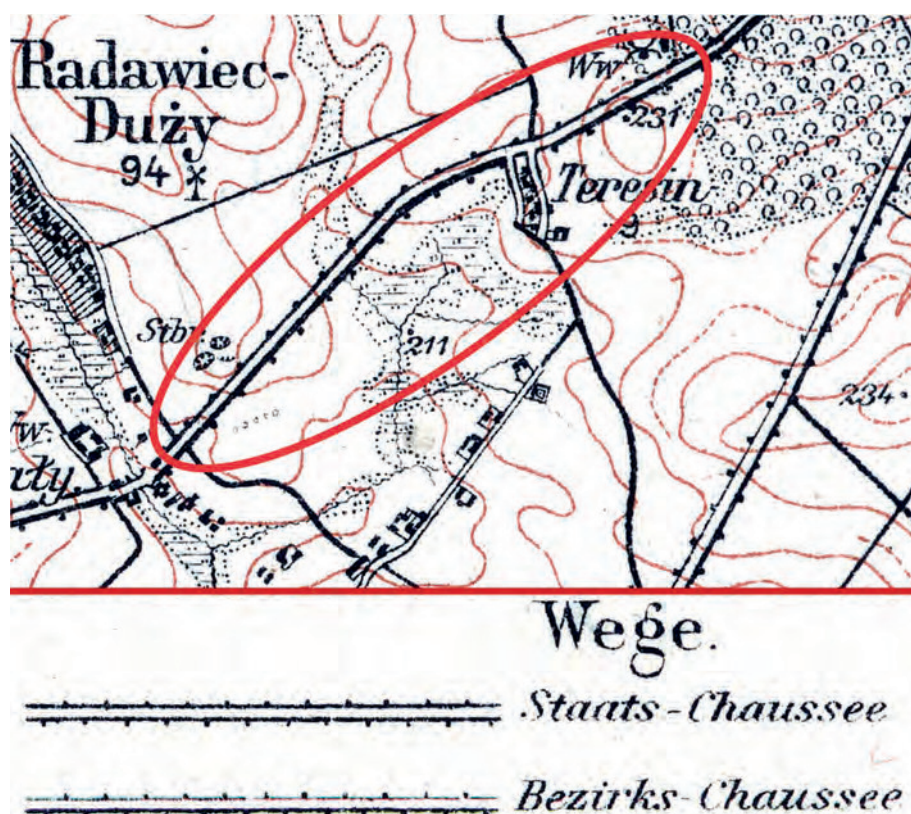
Ryc. 5. – na stronie obok. Graficzna interpretacja sygnatur dróg używanych na mapach niemieckich, austriackich (*Ostmark*) i polskich (*Ostgebiete*). Źródło: *Bildliche Darstellung...* 1941. Wielkość oryginalna.

Percepcja rzeczywistości jest związana z naukowym poznaniem zjawisk. Rozwój nauk przyrodniczych w XIX i XX wieku bardzo silnie wpłynął na sposób definiowania i klasyfikowania obiektów topograficznych. Analiza różnokresowych instrukcji kartowania topograficznego pozwala zauważyć tendencję tworzenia coraz bardziej szczegółowych definicji i coraz bardziej rozbudowanych klasyfikacji obiektów topograficznych (Kuna 2014b). Z perspektywy badań geograficzno-historycznych zmiany systemów definiowania i klasyfikowania obiektów topograficznych są uciążliwe, ponieważ zaburzają ciągłość interpretacji treści dawnych map topograficznych.

Tworzenie kluczy interpretacji znaków kartograficznych dawnych map topograficznych zwykle jest żmudne, niejednokrotnie trudność stanowi samo dotarcie do legendy mapy. Umieszczanie kompletnej legendy na arkuszach map topograficznych zostało po raz pierwszy wprowadzone przez Wojskowy Instytut Geograficzny w latach trzydziestych XX wieku (Krassowski 1973). Tylko niektóre starsze mapy topograficzne są zaopatrzone w szczątkową legendę – najczęściej ograniczoną do objaśnienia znaków sieci komunikacyjnej. Objasnienie wszystkich znaków kartograficznych było wydawane osobno w postaci niewielkich książeczek (np. Lewakowski 1923; Gąsiewicz 1930; *Bildliche Darstellung...* 1941; Walczak 1946).

Stosowanie różnorodnych technik reprodukcyjnych w kartografii topograficznej XIX i XX wieku wywarło wpływ na dzisiejsze możliwości interpretacji treści dawnych map topograficznych. Przeglądając dawne mapy topograficzne ziem polskich XIX wieku w porządku chronologicznym spotykamy mapy rękopiśmienne (mapa Miega, mapa Heldensfelda), miedzioryty (mapa Kwatermistrzostwa, *Karte des Deutschen Reiches*), heliograwiurę (*Spezialkarte*) i litografię (*Messtischblätter*, *Karte des westlichen Russlands* – Olszewicz 1921; Krassowski 1973). W odróżnieniu od kolorowych map rękopiśmiennych, drukowane mapy pochodne są najczęściej jednobarwne (czarny), rzadziej dwubarwne (czarna sytuacja topograficzna, brązowa rzeźba terenu). Konieczność przedstawienia całej sytuacji topograficznej jedną barwą zmuszała kartografów do różnicowania znaków kartograficznych za pomocą zmiennej kształtu (Kuna 2014b). Znaki kartograficzne dawnych map topograficznych mają bardzo małe rozmiary i często różnią się ledwie dostrzegalnymi detalami. W niektórych technikach reprodukcyjnych nie zachowano jednolitego rysunku znaków kartograficznych nawet w obrębie pojedynczego arkusza, przez co rozróżnialność podobnych

wizualnie znaków jest ograniczona (Myga-Piątek, Nita 2012; Kuna 2012; Kuna 2014b). Dobrym przykładem znaków kartograficznych sprawiających trudności interpretacyjne są sygnatury dróg na *Karte des westlichen Russlands*. Mapy te były reprodukowane metodą litograficzną. Treść map rysowano kredką na wypolerowanym kamieniu wapiennym. W trakcie nanoszenia rysunku kredka ulegała ścienieniu, przez co rysunek kreski stawał się coraz grubszy. Nawet minimalna zmiana grubości kreski (rzędu 0,1–0,2 mm) mogła powodować istotną zmianę w interpretacji sygnatury (ryc. 6).



Ryc. 6. Na odcinku oznaczonym czerwoną elipsą grubość znaku szosy kilkakrotnie ulega zmianie. Na podstawie samej mapy trudno jednoznacznie przyporządkować szosę do jednej z przedstawionych kategorii. Fragment *Karte des westlichen Russlands* 1:100 000, ark. L 37 Lublin Süd, 300% wielkości oryginalnej.

Analizując dawne mapy topograficzne ziem polskich z czasów przed I wojną światową wyraźnie dostrzegamy, że system opracowywania map w każdym z państw zaborczych funkcjonował inaczej niż w pozostałych (Helm-Pirgo 1928;

Kreutzinger 1928; Krassowski 1973; Myga-Piątek, Nita 2012). Używano różnych miar i podstaw matematycznych. Pomiaru terenu były oparte na różnych poziomach odniesienia, a rysunek rzeźby wykonywano metodą poziomnicową lub kreskową. Stosowano różne ciągi skalowe, formaty arkuszy, techniki druku. Inaczej projektowano znaki kartograficzne (Walczak 1946; Krassowski 1973). Mapy rosyjskie odróżniał także język opracowania i alfabet. Porównanie map tego samego terenu opracowanych przez różnych zaborców pozwala zwrócić uwagę na interesujące rozbieżności w sposobie generalizacji, umieszczenia napisów i innych elementów warsztatu kartograficznego (Myga-Piątek, Nita 2012; Pancecki 2015). Przykładowe porównanie różnych sposobów przedstawienia tej samej miejscowości przez różnych zaborców przedstawiono na rycinie 7.

Ryc. 7. Porównanie różnych sposobów kartograficznego przedstawienia tego samego terenu: a) mapa austriacka 1:75 000 z 1912 r., b) mapa rosyjska 1:84 000 z 1914 r., c) mapa niemiecka 1:100 000 z 1915 r. Wielkość oryginalna. Źródło map: MAPSTER/Archiwum map WIG/WGISRUW



Badanie dawnej mapy topograficznej nie powinno ograniczać się do analizy arkusza lub arkuszy jednej mapy z obszaru zainteresowania. Przegląd różnych map ze zbliżonego okresu pozwala porównać jakość badanej mapy na tle realiów epoki. Kwerenda⁵ innych (wcześniejszych i późniejszych) map obszaru daje możliwość weryfikacji poprawności rysunku kartograficznego, nazewnictwa, itp. Wreszcie uzasadnione wydaje się porównanie treści map do innych dokumentów i zapisów dotyczących przedmiotu badań. Należy pamiętać, że mapa topograficzna dokumentuje rzeczywistość w sposób pośredni – przetworzony przez umysł człowieka (w kontraście do dokumentów bezpośrednich, takich jak np. fotografie) i jako materiał faktograficzny powinna być poddawana możliwie wszechstronnej weryfikacji historycznej (Affek 2012; Myga-Piątek, Nita 2012).

4. Projektowanie baz danych i wektoryzacja zbiorów dawnych map topograficznych

Jeśli zostaną spełnione wszystkie kryteria metodyczne (dobór odpowiednich materiałów kartograficznych, ujednoczenie podstaw matematycznych, właściwa interpretacja treści dawnych map topograficznych), oprogramowanie GIS staje się bardzo efektywnym narzędziem badań na podstawie dawnych map topograficznych. Systemy GIS okazują się szczególnie przydatne w prowadzeniu analiz ilościowych uwzględniających liczebność i strukturę przestrzenną występowania obiektów topograficznych oraz zasięg i stopień pokrycia terenu różnymi formami użytkowania. Programy GIS umożliwiają wykonywanie całej gamy różnorodnych analiz pośrednich z zakresu statystyki, geostatystyki⁶ i kartograficznej metody badań. Ilościowa analiza porównawcza komponentów środowiska na dwóch (lub więcej) różnokresowych mapach topograficznych jest obecnie jedną z najbardziej popularnych metod badania zmian środowiska i antropopresji (Kistowski 2005; Plit 2014). W tabeli 1 przedstawiono wyniki przykładowej analizy porównawczej dwóch dawnych map topograficznych w skali 1:100 000 w zakresie zmian użytkowania terenu w okolicach Lublina. Prowadzenie większości analiz przestrzennych treści dawnych map topograficznych w systemach GIS wymaga digitalizacji, tj. przetworzenia rastrowych obrazów map do postaci wektorowych zbiorów danych przestrzennych (Szady 2013b). Zgodnie z własnościami topologicznymi kartezjańskiej przestrzeni dwuwymiarowej wyróżniane są trzy typy wektorowych danych przestrzen-

⁵ Kwerenda – w archiwistyce i bibliotekarstwie określenie na poszukiwanie informacji w zasobie archiwum lub biblioteki. Kwerendy przeprowadza się osobiście w czytelnicy instytucji, można skierować do niej zapytanie lub skorzystać ze zdigitalizowanych materiałów archiwalnych lub bibliotecznych online (Sierpowski, Nawrocki 1995).

⁶ Geostatystyka – zespół statystycznych metod estymacji wykorzystywanych do rozwiązywania problemów zmienności przestrzennej zjawisk.

Tab. 1. Zmiany użytkowania terenu okolic Lublina w okresie 1915–1937 obliczone na podstawie digitalizacji map 1:100 000: *Karte des westlichen Rußlands* i mapy taktycznej Wojskowego Instytutu Geograficznego. Zdigitalizowano obszar o wymiarach 15'×30' (ok. 711 km²). Opracowanie własne.

Rodzaj obiektu	Liczba obiektów		Zmiana liczebności	Łączna powierzchnia [km ²]		Zmiana powierzchni
	1915 r.	1937 r.		1915 r.	1937 r.	
Las/las rzadki	153	215	+40,5%	116,7	61,0	-47,7%
Bagno, trzęsawisko/ łąka podmokła	44	33	-25,0%	6,3	5,3	-15,9%
Łąka	127	167	+31,5%	52,6	38,5	-26,8%
Sad/ogród	329	402	+22,2%	10,9	5,9	-45,9%
Jezioro/staw	83	157	+89,2%	1,8	1,2	-33,3%
Cmentarz	11	25	+127,3%	0,2	0,6	+200,0%
Zabudowa zwarta	176	239	+35,8%	1,4	3,2	+128,6%

nych: punktowe, liniowe i powierzchniowe. W większości programów GIS wymienione typy danych przestrzennych są wizualizowane w oknie mapowym programu w postaci warstw, połączonych interaktywnie z tabelami atrybutów. W niektórych programach (np. Intergraph GeoMedia) wyróżniany jest także czwarty typ, tzw. warstwa tekstowa, przeznaczony do opracowania napisów na mapach. W rozumieniu topologicznym warstwa tekstowa jest warstwą punktową, ponieważ bez względu na charakterystykę napisu (wielkość i krój pisma, odstępy między znakami, orientacja napisu), jego lokalizacja jest zdefiniowana poprzez jedną parę współrzędnych. Pojedyncze warstwy (punktowe, liniowe, powierzchniowe) mogą funkcjonować samodzielnie jako osobne pliki (np. w standardzie *.shp*), jednak najbardziej efektywną formą organizacji i zarządzania projektem geoinformatycznym jest utworzenie bazy danych przestrzennych. Istnieją różne standardy baz danych: geobazy ESRI (*.gdb*), bazy PostGIS, Intergraph Warehouse (*.mdb*), które są dedykowane do pracy w konkretnym oprogramowaniu. Niektóre programy posiadają rozbudowane funkcje interoperacyjności, pozwalające na implementację baz danych innych producentów oprogramowania.

Gromadzenie informacji w wektorowych warstwach systemów informacji przestrzennej odbywa się na zasadzie kodowania. Geometria obiektu utworzona (w wyniku digitalizacji) w oknie mapowym aplikacji zostaje zapisana jako rekord (wiersz) w tabeli atrybutów warstwy. Każdy rekord posiada (obowią-

kowo!) informację o numerze porządkowym wiersza (tzw. pole z autonumerowania, najczęściej oznaczone symbolem „ID”) oraz rodzaju geometrii (*point*, *line*, *polygon*). Dodatkowo w każdej warstwie można utworzyć dowolną ilość kolumn opisujących atrybuty (cechy, właściwości) obiektu reprezentowanego przez daną geometrię. Kolumny atrybutów mogą być zdefiniowane jako pola zawierające wartości liczbowe logiki boolowskiej (0 – fałsz lub 1 – prawda), wartości liczbowe liczb całkowitych, wartości liczbowe ułamków dziesiętnych lub pola tekstowe. W każdej zdefiniowanej kolumnie atrybutu istnieje możliwość zapisania tylko jednego rodzaju informacji ilościowej lub jakościowej. Ponieważ informatyczne przetwarzanie informacji nienumerycznych jest utrudnione, informacje o właściwościach nieliczbowych wymagają zakodowania, tj. przetworzenia do postaci numerycznej drogą funkcyjnego przyporządkowania wartości liczbowych poszczególnym wartościom jakościowym. Dobrze zaprojektowana relacyjna baza danych to taka baza, w której pojedyncza informacja jest zakodowana tylko raz, w jednej warstwie atrybutowej. Każdorazowe powielenie tej informacji powinno odbywać się poprzez utworzenie relacji między tabelami atrybutów i bezpośrednie odniesienie do pola „ID” pożądanej informacji zapisanej w warstwie pierwotnej.

Większość programów GIS umożliwia kartograficzną wizualizację obiektów zapisanych w warstwach wektorowych (ryc. 8), czyli zastąpienie topologicznych punktów, linii i poligonów odpowiednimi znakami kartograficznymi (punktów – sygnaturami punktowymi, linii – sygnaturami liniowymi lub szeregiem sygnatur punktowych, powierzchni – wypełnieniem jednolitym, tonalnym, szrafurą lub deseniem sygnaturowym). Programy GIS umożliwiają określenie wymiarów rzeczywistych sygnatur (np. średnica kropki [mm], grubość linii [mm]), nasycenia kolorów (np. w przestrzeni RGB lub CMYK), a także kompozycję własnych bardziej złożonych znaków kartograficznych. Dzięki odpowiednim funkcjom możliwe jest ustalenie hierarchii wyświetlania obiektów (na podstawie kolejności warstw, a także w obrębie jednej warstwy), detekcji i automatyzacji rozwiązywania konfliktów graficznych (rozsuniecie obiektów nakładających się), sposobów łączenia obiektów należących do jednej kategorii (bardzo przydatne dla rysunku sieci drogowej). W ciągu ostatniej dekady nastąpił zauważalny rozwój kartograficznej strony oprogramowania GIS (kto dziś jeszcze pamięta ArcView 3.2?). Od kilku lat opracowanie niektórych map topograficznych jest wykonywane wyłącznie przy użyciu programów GIS (*Wojškowa... 2011*). Mimo to pozostaje wciąż liczne grono tradycjonalistów, którzy nad nowinki technologiczne przedkładają programy grafiki wektorowej oraz doświadczenie i intuicję kartografa.



Ryc. 8. Wizualizacja bazy danych zdigitalizowanej mapy taktycznej 1:100 000 WIG (fragment). 133% wielkości oryginalnej. Opracowanie własne. W wyniku digitalizacji obszaru o wymiarach 15'x30' (ok. 711 km²) utworzono 1380 obiektów powierzchniowych (17 kategorii), 4294 obiektów liniowych (33 kategorie), 12936 obiektów punktowych (52 kategorie) oraz 450 napisów (14 różnych krojów pisma).

Przetworzenie dawnych map topograficznych do postaci prawidłowo zdigitalizowanych i opisanych zakodowanymi atrybutami warstw baz danych przestrzennych znacząco ułatwia wykorzystanie dawnych map topograficznych do badań historycznej zmienności komponentów przestrzeni geograficznej (Szady 2013b). Możliwość zasilania baz różnorodnymi danymi zewnętrznymi i mnogość dostępnych funkcji analitycznych sprawiają, że pole badań geograficzno-historycznych wydaje się nieograniczone. Niestety, pozorna łatwość i szybkość wykonywania analiz treści dawnych map topograficznych w systemach GIS może przyczyniać się do powstawania uchybień merytorycznych, szczególnie jeśli badania są prowadzone przez osoby o niewystarczającym przygotowaniu kartograficznym (Ostrowski 2008).

Zasadnicza większość metod analiz przestrzennych stosowanych obecnie w systemach GIS została opracowana przez kartografów na długo przed

rozpowszechnieniem się komputerów osobistych i geoinformatyki. Metody kartograficzne posiadają ugruntowaną podbudowę teoretyczną, opisy obszarów zastosowań, doboru parametrów i ograniczeń ich wykorzystania (Ratajski 1973; Saliszczew 2003, Paślowski 2006). Nie warto odcinać się od wielopokoleniowego dorobku metodyki kartografii – zdecydowanie rozsądniej poświęcić czas i zapał na dogłębne studium literatury, niż na nieprzemysłane eksperymenty. Dopiero połączenie nowoczesnego oprogramowania badawczego i tradycyjnego warsztatu metodycznego pozwala na pełne wykorzystanie możliwości GIS w badaniach geograficzno-historycznych.

Literatura:

- Affek A., 2012, *Kalibracja map historycznych z zastosowaniem GIS*. [W:] *Źródła kartograficzne w badaniach krajobrazu kulturowego*. „Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego”, nr 16, s. 48–62.
- Bildliche Darstellung der Kartenzeichnungen in den amtlichen deutschen Karten*. 1941, Gotha: Justus Perthes.
- Gąsiewicz St., 1930, *Znaki topograficzne map [...] i znaki taktyczne*. Warszawa: Główna Księgarnia Wojskowa.
- Giętkowski T., Zachwatowicz M., 2010, *Przemiany krajobrazu – czy można uniknąć złudzeń?* [W:] Richling A., Fuhrmann M., (red.), *Geograficzne spotkania w drodze. Krok trzeci – Warszawa*. Warszawa: Wydawnictwo WGiSR.
- Grygorenko W., 1973, *Liczbowe kryteria oceny wartości obrazu kartograficznego*. „Polski Przegląd Kartograficzny”, t. 5, nr 3, s. 117–126.
- Guerra F., 2000, *2W: New technologies for the georeferenced visualization of historic cartography*. [W:] *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Amsterdam, vol. XXXIII, part B5, p. 339–346.
- Hełm-Pirgo M., 1928, *Kartoznawstwo i wojskowe wyzyskanie terenu*. Lwów-Warszawa-Kraków: Wydawnictwo Zakładu Narodowego im. Ossolińskich.
- Jaskulski M., Łukasiewicz G., Nalej M., 2013, *Porównanie metod transformacji map historycznych*. „Roczniki Geomatyki”, t. XI, z. 4, s. 41–57.
- Lewakowski J., 1923, *Klucz znaków przyjętych dla map austriackich [...], pruskich [...], rosyjskich*. Warszawa-Kraków: Nakładem księgarni J. Czerneckiego.
- Katalog map*. 1934, Warszawa: Wojskowy Instytut Geograficzny.
- Kistowski M., 2005, *Przegląd wybranych podejść metodycznych w zakresie analizy i oceny wpływu człowieka na środowisko przyrodnicze*. [W:] Horska-Szwarc S., Szponar A. (red.), *Problemy ekologii krajobrazu, „Struktura funkcjonalno-prze-*

- strzenna krajobrazu". Wrocław: Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, t. XVII, s. 60–70.
- Knowles A.K., 2002, *Past time, past place: GIS for history*. Redlands: ESRI Press.
- Krassowski B., 1973, *Polska kartografia wojskowa w latach 1918-1945*. Warszawa: Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej.
- Kreutzinger J., 1928, *Topografia. Pomiar i zdjęcia kraju, kartografia i wojskowe znaczenie terenu*. Warszawa: Drukarnia „Ministerstwa Spraw Wojskowych”.
- Kudriawcew M., 1955, *Zagadnienie ujednoczenia podstawowych map topograficznych*. „Geodezja i Kartografia”, t. II, z. 4, s. 201–216.
- Kuna J., 2012, *Problem uwspółcześnienia formy prezentacji dawnych map*. Praca magisterska. Lublin: Zakład Kartografii i Geomatyki UMCS.
- Kuna J., 2014a, *Problem uwspółcześnienia formy prezentacji map dawnych*. [W:] Konopska B., Ostrowski J. (red.), *Z dziejów kartografii*, „Dawne mapy jako źródła w badaniach geograficznych i historycznych”. Warszawa: IHN Pan, t. XVIII, s. 79–92.
- Kuna J., 2014b, *Zmiany znaków na XX-wiecznych mapach topograficznych w skali 1:100 000*. „Polski Przegląd Kartograficzny”, t. 46, nr 1, s. 47–61.
- Macioch A., 2006, *Kartografia a Systemy Informacji Geograficznej*. [W:] J. Paślawski (red.) *Wprowadzenie do kartografii i topografii*. Warszawa: Nowa Era, s. 373–379.
- Myga-Piątek U., Nita J., 2012, *Rola GIS w ocenie historycznych opracowań kartograficznych na przykładzie Wyżyny Częstochowskiej*. [W:] *Źródła kartograficzne w badaniach krajobrazu kulturowego*. „Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego”, nr 16, s. 116–135.
- Nieścioruk K., 2006, *Metodyczne aspekty kartograficznej analizy i oceny dawnych planów miast na przykładzie planu Lublina z 1716 roku C. d’Örkena*. Praca doktorska. Lublin: Zakład Kartografii UMCS.
- Ogorzelska B., 2006, *Odwzorowania kartograficzne*. [W:] J. Paślawski (red.), *Wprowadzenie do kartografii i topografii*. Warszawa: Nowa Era, s. 81–168.
- Olszewicz B., 1921, *Polska kartografia wojskowa. Zarys historyczny*. Warszawa: Główna Księgarnia Wojskowa.
- Ostrowski W., 2008, *Semiotyczne podstawy projektowania map topograficznych – na przykładzie prezentacji zabudowy*. Warszawa: Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych.
- Ostrowski W., Kowalski P., 2006, *Redakcja i reprodukcja map*. [W:] J. Paślawski (red.), *Wprowadzenie do kartografii i topografii*. Warszawa: Nowa Era, s. 330–356.
- Panecki T., 2014, *Problemy kalibracji mapy szczegółowej Polski w skali 1:25 000 Wojskowego Instytutu Geograficznego w Warszawie*. „Polski Przegląd Kartograficzny”, t. 46, nr 2, s. 162–172.

- Panecki T., 2015, *Porównanie zakresu i metod ujęcia treści na mapach topograficznych ziem zaboru rosyjskiego z przełomu XIX i XX w.* „Polski Przegląd Kartograficzny”, t. 47, nr 1, s. 47-65
- Paślawski J. (red.), 2006, *Wprowadzenie do kartografii i topografii*. Warszawa: Nowa Era.
- Plit J., 1994, *Zastosowanie metody kartograficznej do badania procesu przekształcenia krajobrazów roślinnych w XIX i XX wieku na przykładzie Mazowsza.* „Polski Przegląd Kartograficzny”, t. 26, nr 2, s. 65-74.
- Plit J. 2006, *Analiza historyczna jako źródło informacji o środowisku przyrodniczym*. Regionalne Studia Ekologiczno-Krajobrazowe, Warszawa: PEK, t. 16.
- Plit J., 2014, *Analizy geograficzne i historyczne dawnych map*, [W:] : Konopska B., Ostrowski J. (red.), „Z dziejów kartografii”. *Dawne mapy jako źródła w badaniach geograficznych i historycznych*, Warszawa, t. 18, s. 19–34.
- Ratajski L., 1973, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. Warszawa: PPWK.
- Ratajski L., 1977, *Straty i zyski informacji w przekazie kartograficznym.* „Polski Przegląd Kartograficzny”, t. 9, nr 3, s. 97–104.
- Saliszczew K.A., 1982, *Kartowiedzenie*. Moskwa: Izdatielstwo Moskowskogo Uniwersiteta.
- Saliszczew K. A., 2003, *Kartografia ogólna*. Wyd. 3, Warszawa: PWN.
- Shimizu E., Fuse T., 2003, *Rubber-sheeting of historical maps in GIS and its application to landscape visualization of old-time cities: focusing Tokyo of the past*. [W:] *Proceedings of the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, 11A-3.
- Sierpowski S., Nawrocki S., 1995: *Metodyka pracy archiwalnej*. Poznań: Archiwum Państwowe w Poznaniu i Zakład Archiwistyki Instytutu historii UAM.
- Szady B., 2008, *Zastosowanie systemów informacji geograficznej w geografii historycznej.* „Polski Przegląd Kartograficzny”, t. 40, nr 3, s. 279–283.
- Szady B., 2013a, *Geografia historyczna w Polsce – rozwój i perspektywy.* „Studia Geohistorica”, nr 1, s. 19–38.
- Szady B., 2013b, *Czasowo-przestrzenne bazy danych jako narzędzie w geografii historycznej*, „Acta Universitatis Lodzianis”, Folia Geographica Socio-Oeconomica 14, s. 17-32.
- Walczak W., 1946, *Znaki topograficzne stosowane najczęściej na mapach polskich Wojsk. Instytutu Geograf. oraz najważniejsze znaki na mapach byłych zaborców*. Kraków: Wiedza-Zawód-Kultura.
- Wojskowa mapa topograficzna w skali 1:50 000 – opracowanie i przygotowanie do wydania - instrukcja*. 2011. Warszawa: Ministerstwo Obrony Narodowej, Sztab Generalny Wojska Polskiego.

Źródła internetowe:

David Rumsey Map Collection (<http://www.davidrumsey.com/>)

Mapster – mapy archiwalne Polski i Europy Środkowej (<http://igrek.amzp.pl/>)

Archiwum Map Wojskowego Instytutu Geograficznego 1918–1939 (<http://www.mapywig.org/>)

Repozytorium Cyfrowe Instytutów Naukowych (<http://rcin.org.pl/>)

Materiały kartograficzne:

Karte des westlichen Russlands, 1:100 000, ark. L 37 *Lublin Süd*, 1915, Berlin: Königlich Preussische Landesaufnahme (źródło: www.igrek.amzp.pl).

Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie, 1:75 000, ark. ZONE 1 KOL XXVII *Czerniejów*, 1912, Wien: K.u.k. Militärgeographisches Institut (źródło: www.igrek.amzp.pl).

Двухверстная карта западного пограничного пространства (Dwuwiorstowa Mapa Zachodniego Pogranicza) 1:84 000, ark. XXVII 12, 1914; (źródło: www.igrek.amzp.pl).

Mapa taktyczna Polski, 1:100 000, ark. *pas 43 słup 35 Lublin Północ*, 1936; ark. *pas 44 słup 35 Lublin Południe*, 1937, Warszawa: Wojskowy Instytut Geograficzny (źródło: www.igrek.amzp.pl).