

Marian PONIEWIERA¹

ZASTOSOWANIE METODY NIEZALEŻNYCH MODELI DO TRANSFORMACJI MAP NUMERYCZNYCH

1. Wprowadzenie

W niniejszym referacie, w pierwszej części, przedstawiono technologię wpasowania dużej ilości zeskanowanych map do danego układu współrzędnych. W tym celu wykorzystano metodę niezależnych modeli. Metodę tą głównie stosuje się w fotogrametrii - w aerotriangulacji [1], ale nie stoi na przeszkodzie aby zastosować ją do map katastralnych.

W drugiej części referatu przedstawiono autorski program do transformacji map numerycznych, do którego możliwości możemy zaliczyć:

- naniesienie siatki kwadratów wybranych układów współrzędnych,
- przełączanie między układami, aby można było pracować w potrzebnym układzie,
- wstawianie i kontrola punktów dopasowania oraz punktów wiążących,
- dwustronna komunikacja z programami obliczającymi współczynniki transformacji autorstwa prof. Romana Kadaja (Geonet, Unitrans itd.),
- transformacja obiektu, całej mapy lub szeregu map na inny układ,

Aby uzyskać mapę, której wygląd byłby identyczny z wyglądem mapy wykonanej metodą tradycyjną dodatkowo wykonano programy, które między innymi umożliwiają:

- wstawienie ramki i opisu pozaramkowego,
- wybór odpowiedniej skali,
- uczytelnienie treści mapy.

2. Metoda niezależnych modeli

Zazwyczaj podczas przetwarzania map ewidencyjnych z postaci analogowej do numerycznej zaczynamy od ich zeskanowania. Jeżeli na mapach tych brak jest wiarygodnej siatki kwadratów to ich wpasowanie do obowiązującego układu współrzędnych odbywa się na podstawie osnowy i punktów sytuacyjnych. Znacznie łatwiej identyfikuje się te punkty, jeżeli mapa jest choćby w sposób przybliżony wpasowana do obowiązującego układu współrzędnych. Taką przybliżoną transformację można uzyskać w sposób następujący:

- wstawiamy do systemu pierwszy raster,
- dołączamy drugi, w sposób przybliżony wpasowując go do poprzedniego rastra,
- na styku tych dwóch map zaznaczamy kilka punktów wspólnych (wiązących),
- uruchamiamy program uśredniający położenie rastrów,
- dołączamy kolejny raster, wpasowując go do poprzednich map,
- powtarzamy poprzedni punkt aż zostaną wprowadzone wszystkie mapy,
- wprowadzamy przynajmniej kilka punktów o znanych współrzędnych, dokonujemy przybliżonej transformacji wszystkich map do układu państwowego,

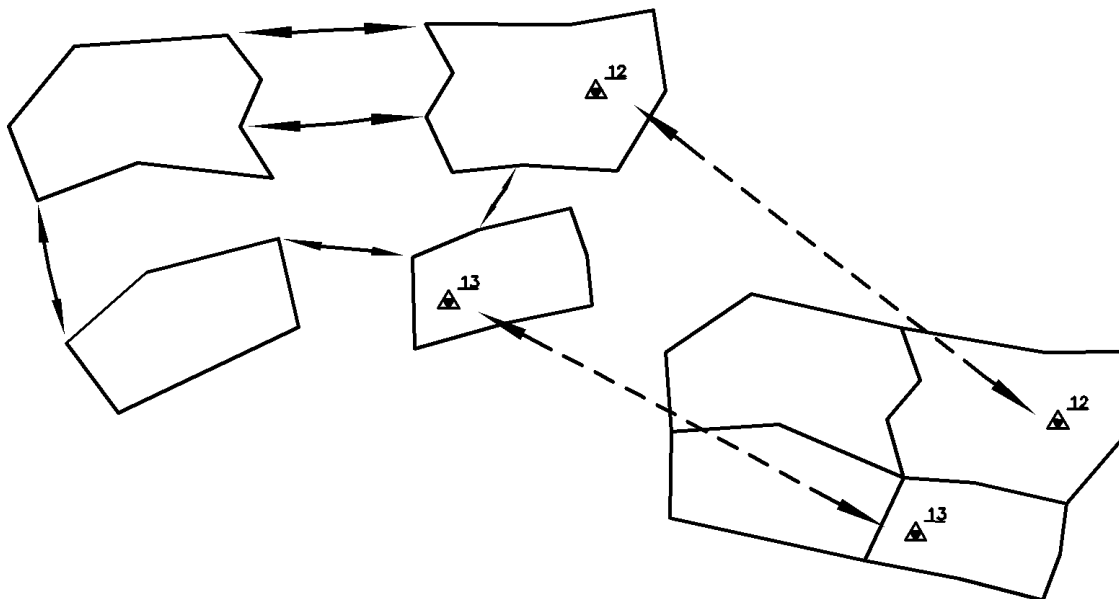
¹ dr inż., Wydział Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej

- wprowadzamy pozostałe punkty o znanych współrzędnych, dokonujemy ich identyfikacji na mapach, przeprowadzamy niezbędne kontrole, ewentualnie usuwamy obserwacje odstające,
- dokonujemy ostatecznej transformacji, w zależności od potrzeb z wykorzystaniem lub nie punktów wiązanych.

Program uśredniający położenie rastrów został oparty na metodzie niezależnych modeli, która opisana jest w następnym punkcie.

2.1. Podstawy teoretyczne metody niezależnych modeli

W wyniku prac podanych w poprzednim rozdziale posiadamy podzbiory punktów w lokalnych układach współrzędnych. Podzbiory te są powiązane wzajemnie za pośrednictwem punktów łącznych.



Rys. 1. Idea metody niezależnych modeli

Przeprowadzenie obliczeń może przebiegać w następującej kolejności:

- Transformacja posiadanych danych do układu topocentrycznego. Takie postępowanie pozwala uniknąć błędów wynikających z krzywizny Ziemi [2]
- Centrowanie lokalnych układów współrzędnych dla modeli oraz centrowanie współrzędnych punktów dopasowania.
- Liniowa transformacja płasko – wysokościowa, stanowiąca pierwsze przybliżone wartości niewiadomych.
- Transformacja trójwymiarowa, oparta na wzorach transformacji konforemnej.
- Transformacja obliczonych danych z układu topocentrycznego do danego układu geodezyjnego.

Jeżeli metodę niezależnych modeli wykorzystujemy jedynie do przybliżonego wpasowania map w zupełności wystarczy przeprowadzić jedynie liniową transformację płaską. Układ równań można wtedy przedstawić następująco:

1) dla punktów o znanych współrzędnych w obu układach:

$$\begin{aligned} a_i + u_i \cdot x_k^i + v_i \cdot y_k^i &= X_k + \delta x_k \\ b_i + u_i \cdot y_k^i - v_i \cdot x_k^i &= Y_k + \delta y_k \end{aligned} \quad (1)$$

2) dla punktów wiązanych:

$$\begin{aligned} a_i + u_i \cdot x_k^i + v_i \cdot y_k^i - a_j - u_j \cdot x_k^j - v_j \cdot y_k^j &= \delta x_k^{ij} \\ b_i + u_i \cdot y_k^i - v_i \cdot x_k^i - b_j - u_j \cdot x_k^j + v_j \cdot y_k^j &= \delta y_k^{ij} \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie k – wskaźnik punktu, i, j – wskaźniki podzbioru współrzędnych, a_i, b_i – parametry translacji i -tego podzbioru, X_k, Y_k – współrzędne płaskie punktu o znanych współrzędnych o wskaźniku k w układzie geodezyjnym scentrowanym, x_k^i, y_k^i – współrzędne płaskie punktu o wskaźniku k w układach lokalnych podzbiorów. u_i, v_i – parametry przekształcenia będącego złożeniem obrotu i zmiany skali, czyli: $u_i = s_i \cdot \cos \phi_i$, $v_i = s_i \cdot \sin \phi_i$,

Parametry a, b, u i v obliczamy korzystając z warunku ważonej zasady najmniejszych kwadratów. Współrzędne punktów w układzie geodezyjnym obliczamy ze wzoru:

$$\begin{aligned} x_k^i &= a + u_i \cdot x_k^i + v_i \cdot y_k^i \\ y_k^i &= b + u_i \cdot y_k^i - v_i \cdot x_k^i \end{aligned} \quad (3)$$

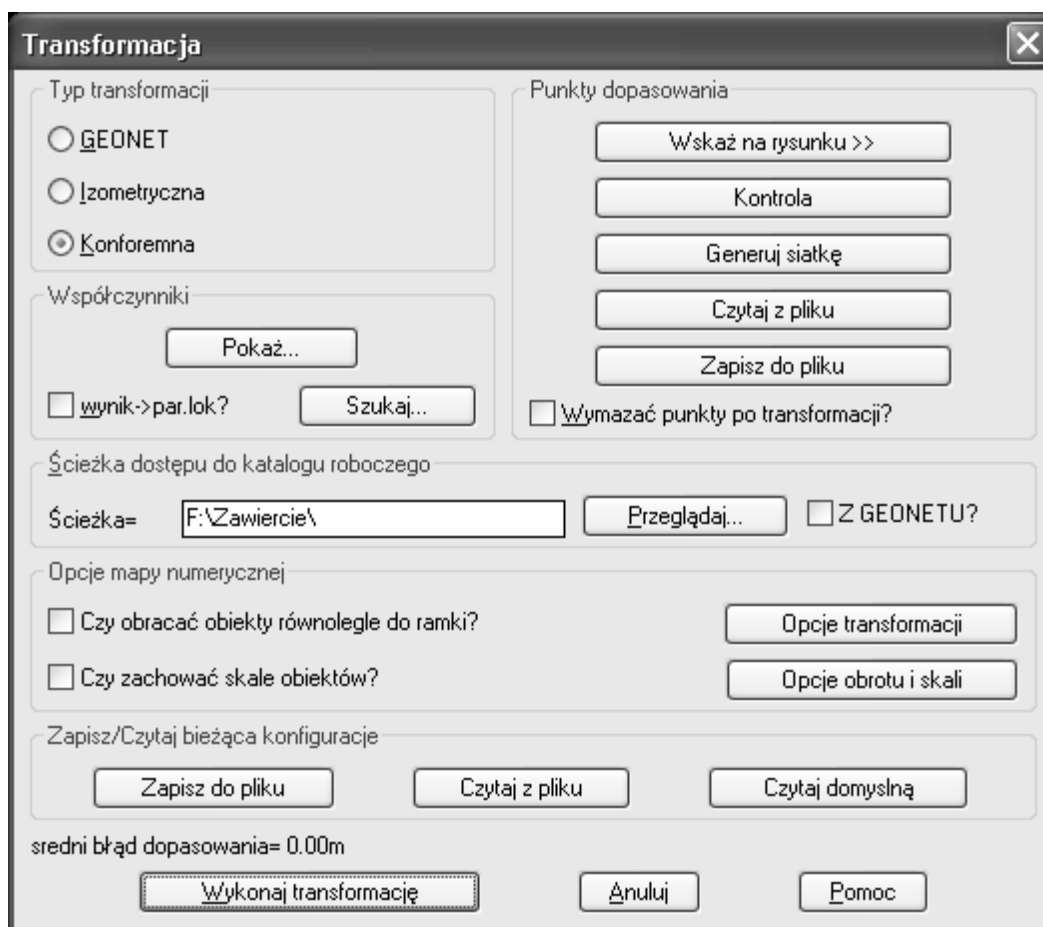
Wzory dla transformacji przestrzennej zawierają pozycje [2] i [3].

Opis oprogramowania wykorzystującego powyżej opisaną technologię zawiera punkt 4 referatu i [4].

3. Transformacja map numerycznych

System GEOLISP [5] zawiera moduł transformujący mapy numeryczne między różnymi układami współrzędnych w programie AutoCAD. Wykorzystuje on współczynniki transformacji obliczone programem Geonet - Unitrans [6]. Skutki działania programu są następujące:

- wszystkie obiekty mapy dostają nowe współrzędne,
- równoległe do ramki teksty i bloki zostają obrócone równoległe do nowej ramki,
- jednostkowa skala bloków oraz wysokość napisów zostają bez zmian (lub dostosowują się do wynikowej skali opracowania)



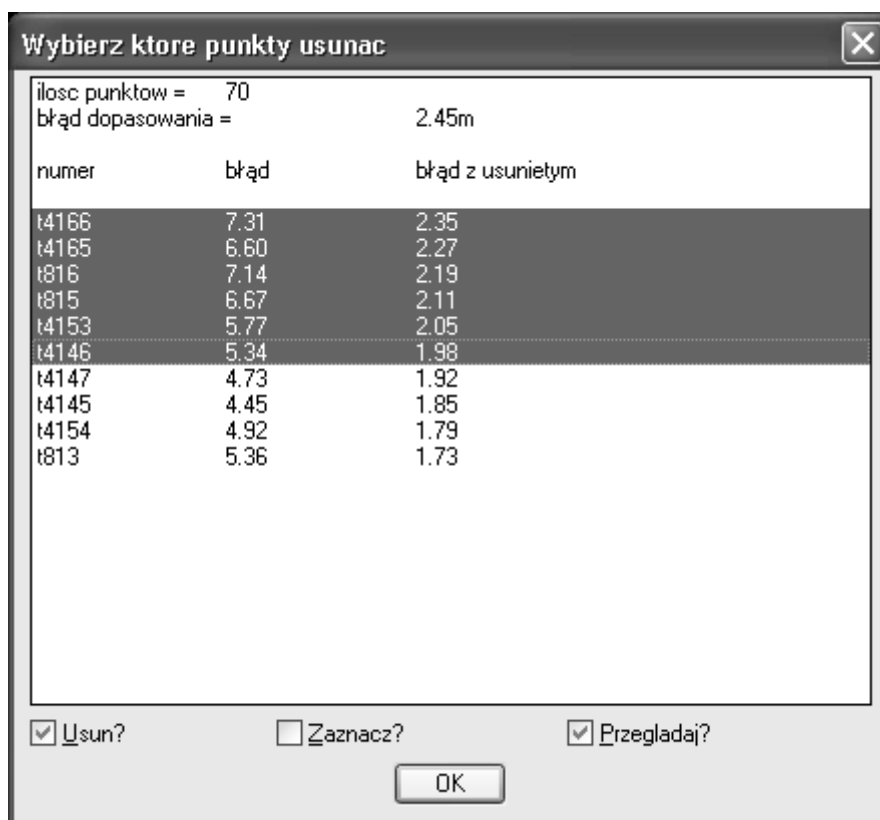
Rys. 2. Główne okno dialogowe programu do transformacji map numerycznych.

3.1. Punkty dopasowania

Osnowy geodezyjne mogą zawierać różnego rodzaju błędy pomiarowe i obliczeniowe. W związku z tym, że układy kartograficzne są realizowane poprzez osnowę to nie będą idealnie pokrywać się z ich formułami teoretycznymi. Dlatego podstawą do wyznaczenia formuł transformacyjnych powinny być jedynie punkty dostosowania [6].

Omawiany system zawiera szereg procedur ułatwiających stworzenie punktów dopasowania i punktów wiążących, takich jak bezpośrednie wskazanie na rysunku, odczytanie z pliku czy automatyczna identyfikacja.

W celu uniknięcia grubego błędu opracowano program, który na bieżąco oblicza współczynniki transformacji i umożliwia szybkie usunięcie błędnego punktu. W związku z tym, że nie zawsze błędny punkt ma największy błąd transformacji, zastosowano tu takie postępowanie, że program oblicza szereg wariantów obliczeń, kolejno wykluczając poszczególne punkty. Dla niewielkiej ilości, kilku - kilkadziesiątu punktów takie postępowanie dobrze sprawdza się w praktyce.



Rys. 3. Kontrola punktów dopasowania.

3.2. Współczynniki transformacji

Zasadnicze wzory transformacyjne pomiędzy układami powinny opierać się na założeniu wierności [7]. Zalecenie powyższe wynika z faktu, że niezależnie od własności danego odwzorowania każdy układ, przynajmniej w ograniczonych obszarach lokalnych, był realizowany w sposób naturalny wiernokątnie - klasyczną konstrukcją sieci wyższych rzędów stanowiły triangulacje. Zachowanie wierności przekształcenia, zapewnia nam wykorzystanie wielomianu zespolonego, który możemy przedstawić wzorem:

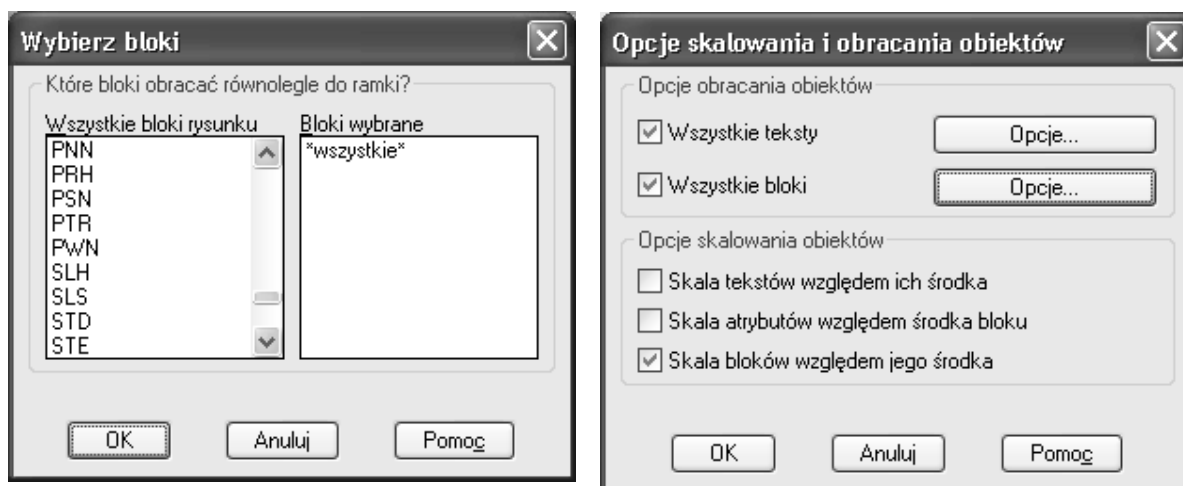
$$Z = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot z^2 + \dots + a_n \cdot z^n = a_0 + z (a_1 + z (a_2 + z (a_3 \dots + z \cdot a_n))) \quad (3)$$

gdzie: $z = (x, y)$ oznacza argument zespolony (parę liczb)

Najczęściej program transformacji wykorzystywany jest do wpasowania jednego obiektu w drugi, np. przybudówki do budynku, działek ewidencyjnych z zarysu w mapę itp.; wtedy najważniejszą metodą może być transformacja izometryczna, konforemna czy wielomianowa.

3.3. Nadanie poprawnego obrotu tekstom i blokom

Należy zwrócić uwagę, że niektóre teksty i bloki, po transformacji powinny zostać równoległe do nowej ramki sekcyjnej [8]. Omawiane oprogramowanie umożliwia wybranie czy i które obiekty zostaną obrócone.



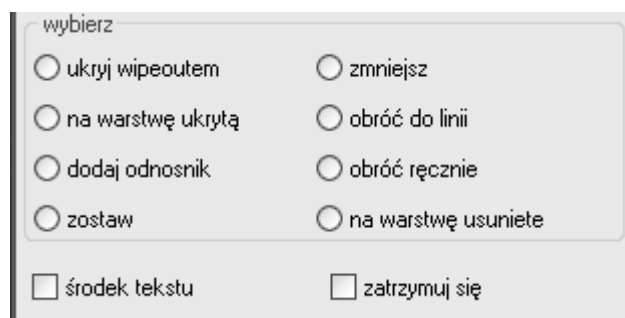
Rys. 4. Istnieje szereg opcji pozwalających wybrać, które obiekty mają zostać poprawione.

3.4. Przeskalowanie napisów i znaków umownych, zwiększenie czytelności mapy poprzez pozycjonowanie napisów

Jednostkowa skala bloków i wysokość napisów powinna być dostosowana do wynikowej skali opracowania. Podczas przeskalowania należy uwzględnić generalizację treści mapy, a także zwiększenie czytelności mapy poprzez odpowiednie rozmieszczenie opisów.

System GEOLISP zawiera szereg narzędzi umożliwiających tworzenie map tematycznych w różnych skalach. Z uwagi na ograniczony zakres tekstu niniejszego referatu temat ten został pominięty. Więcej informacji na ten temat znajduje się w [4] i [9].

Istnieje wiele zaawansowanych algorytmów automatycznie dobierających położenie tekstu; jednakże, w przypadku gęstych map pożądany efekt możemy uzyskać tylko poprzez sterowanie ręczne. W systemie GEOLISP zdefiniowano procedurę, która szuka nieczytelnych opisów, a po znalezieniu prosi o wskazanie nowego położenia tekstu. Podczas uczytelnienia istnieje możliwość dodania odnośnika, zmniejszenia tekstu itp.

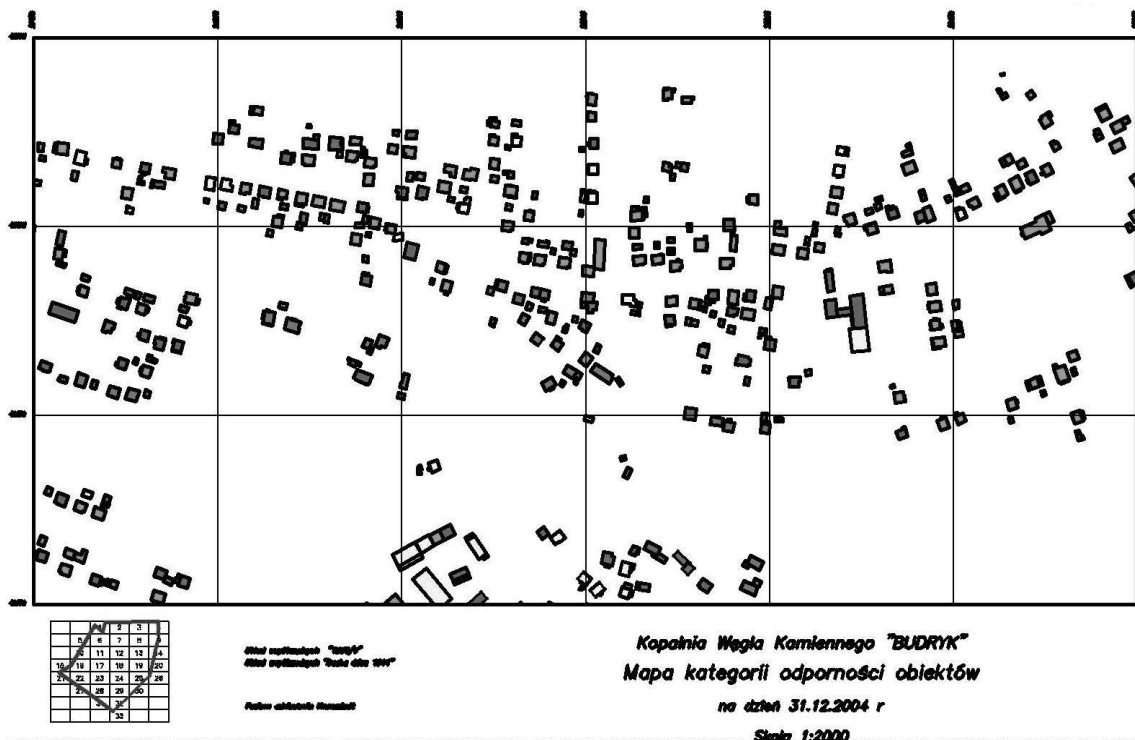


Rys. 5. Okno dialogowe programu znajdujące nieczytelne teksty i atrybuty

3.5. Krój sekcyjny, ramka

Podstawowe zadania realizowane przez program są następujące:

- wstawienie typowej ramki dla mapy podstawowej, zasadniczej itp.
- wybór obszaru na podstawie godła mapy, wskazanych punktów itp.; jest również możliwość wstawienia i wydruku ramki nachylonej względem układu współrzędnych,
- ukrycie obiektów wystających poza ramkę,
- naniesienie siatki kwadratów wybranych układów współrzędnych,
- naniesienie wybranego podziału sekcyjnego,
- automatyczne wstawienie takich atrybutów jak: opis współrzędnych siatki, skala i godło,
- wrysowanie szkicu arkuszy sąsiednich i zakresu opracowania.



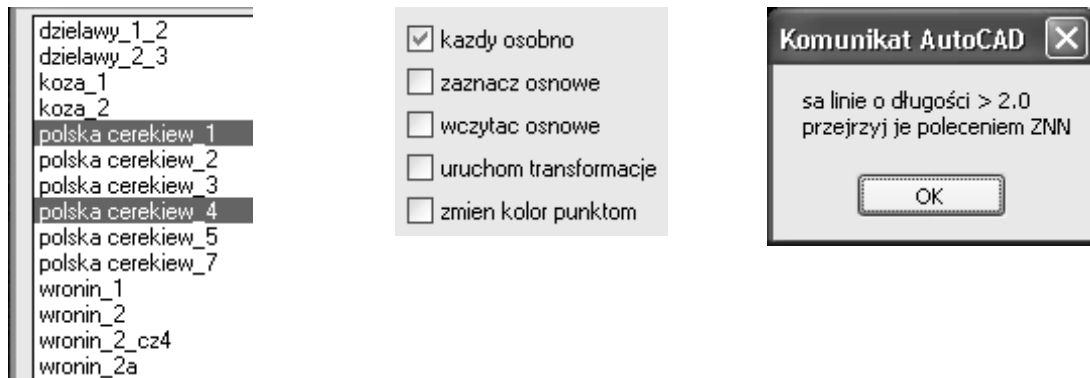
Rys. 6. Przykład działania programu wstawiającego ramkę do rysunku

4. Oprogramowanie wspomagające transformacje metodą niezależnych modeli.

W celu sprawnego wpasowania szeregu map do żadanego układu współrzędnych została wykonana seria programów. Ich opis przekracza zakres niniejszego referatu, niemniej poniżej przedstawiono pewne charakterystyczne cechy tego oprogramowania.

- Procedura transformacji metodą niezależnych modeli umożliwia transformację płaską lub przestrzenną, z lub bez zmiany skali poszczególnych modeli, punkty mogą zawierać wagę.
- Istnieje dwustronna komunikacja z systemem obliczeń geodezyjnych GEONET.
- Jest możliwa kalibracja rastrów zgodnie z obliczonymi współczynnikami transformacji. (program wymaga zewnętrznego oprogramowania Autodesk Raster Design lub CADRaster Pro)
- Wykonano szereg poleceń zarządzających widocznością rastrów, np. po kolei wywołująca wszystkie sąsiadujące ze sobą rastry.
- Istnieją procedury ułatwiające wstawianie punktów wiążących i dopasowania np. przechodzące przez wszystkie punkty osnowy i proszące o wskazanie punktu na rastrze.
- Istnieje możliwość zapisania raportu z transformacji do pliku.

- Wykonano wiele programów wykrywających błędy: np. jeżeli odległość punktów o tych samych numerach jest większa niż zadana, jeżeli błąd punktu znacząco wpływa na błąd transformacji itd.



Rys.6 Przykłady okienek dialogowych programów modułu TNM.

5. Podsumowanie

W referacie przedstawiono autorski program do transformacji map numerycznych. Szczególnie wyróżniono moduł wykonujący transformację metodą niezależnych modeli. Metoda ta umożliwia transformację przy niewielkiej liczbie punktów dopasowania. Podano najważniejsze algorytmy i przedstawiono program wykonujący te zadanie w środowisku AutoCAD.

Literatura

- [1] Praca zbiorowa: Fotogrametria Analityczna. *PPWK*, Warszawa 1972.
- [2] Poniewiera M.: Metodyka numerycznego opracowania aerotriangulacji w geodezyjnym układzie topocentrycznym. *Praca doktorska, niepublikowana*. Kraków, 2001.
- [3] Kadaj R.: Wyrównanie wielkiej sieci fotogrametryczno – geodezyjnej system PHOTONET C, *Geoinwers*, Rzeszów 1990.
- [4] Poniewiera M.: System tworzenia i obsługi kopalnianych map numerycznych GEOLISP. Katowice 2005. www.geolisp.pl.
- [5] Poniewiera M.: Pakiet programów wspomagających tworzenie i obsługę kopalnianych map numerycznych GEOLISP. *Materiały konferencji naukowo-technicznej VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych p.t. Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagospodarowanymi*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2005, s. 455-464
- [6] Kadaj R.: GEONET_unitrans: uniwersalny program transformacji współrzędnych pomiędzy różnymi układami w obszarze Polski oraz programy pomocnicze. *Wydawca ALGORES-SOFT s.c.* Rzeszów. 2000
- [7] Kadaj R.: Formuły odwzorowawcze i parametry układów współrzędnych. Wytyczne Techniczne G-1.10. *Wydawca: GUGiK*, Warszawa, grudzień 1999.
- [8] Pomykoł M., Poniewiera M., Poniewiera A.: Transformacja map numerycznych między różnymi układami współrzędnych. *Zeszyty naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo nr 258*, Gliwice 2003.
- [9] Poniewiera M., Zientek D.: Technologia generowania map pochodnych, w różnych skalach, na podstawie numerycznej mapy podstawowej. *Materiały konferencji naukowo-technicznej VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych p.t. Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagospodarowanymi*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2005, s. 465-473.