

Marian Poniewiera
Politechnika Śląska, Gliwice
Maciej Pomykoł
Politechnika Śląska, Gliwice
Aleksandra Poniewiera
„Geo-Com” S.J., Knurów

Transformacja map numerycznych między różnymi układami współrzędnych

W niniejszym referacie omówiono problematykę transformacji map numerycznych między różnymi układami współrzędnych; podano najważniejsze algorytmy i przedstawiono program wykonujący te zadanie w środowisku AutoCAD.

Transformations of numerical maps according to different co-ordinates systems

This paper discusses the problem of numerical maps transformations according to different co-ordinates systems; it presents both the most important algorithms and the program performing this task in AutoCAD environment.

1 Wprowadzenie

Dla map wielkoskalowych wprowadzono nowy państwowy układ „2000”. Zachodzi więc potrzeba opracowania dla każdego układu lokalnego jednoznacznych związków transformacyjnych umożliwiających konwersję dotychczasowych zasobów geodezyjno-kartograficznych do układu państwowego.

Jednocześnie, wraz z takim opracowaniem, zostanie określony związek układu lokalnego z dowolnym układem kartograficznym zdefiniowanym w nowym, europejskim

systemie odniesień przestrzennych ETRS z układem odniesienia ETRF'89 (np. „1992” czy UTM).

Ponieważ związki pomiędzy układem „1965” a układem „2000” są opublikowane, wystarczy dla danego układu lokalnego wyznaczyć odpowiednie związki transformacyjne z układem „1965”.

W niniejszym referacie skupiono się na metodyce transformacji map numerycznych. Wyznaczenie formuł transformacyjnych pomiędzy układem lokalnym, a układem państwowym zostało omówione w literaturze [4].

W drugiej części referatu omówiono program transformujący mapy numeryczne między różnymi układami współrzędnych w programie AutoCAD. Wykorzystuje on współczynniki transformacji obliczone programem UNITRANS. Skutki działania programu są następujące:

- wszystkie punkty mapy dostają nowe współrzędne,
- równoległe do ramki teksty i bloki pozostają do niej równoległe,
- jednostkowa skala bloków oraz wysokość napisów zostają bez zmian.

2 Problematyka wyznaczenia formuł transformacyjnych pomiędzy układem lokalnym a układem państwowym.

Układy kartograficzne są realizowane poprzez osnowy geodezyjne i zawierają nawarstwienie różnego rodzaju błędów pomiarowych, i obliczeniowych. Dlatego układy te nie muszą dokładnie pokrywać się z ich formułami teoretycznymi. Mimo więc, że geneza matematyczna układu lokalnego może być poznawalna (np. na podstawie informacji archiwalnych), podstawą do wyznaczenia formuł transformacyjnych powinny być jedynie punkty dostosowania.

Również w przypadku korzystania z formuł teoretycznych dla układu „1965” powinno się wprowadzić korektę eliminującą odchylenia systematyczne tego układu. [5]

Zasadnicze wzory transformacyjne pomiędzy układami powinny opierać się na założeniu wiernokątności. 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.

Aktualnie stosowane układy („1965”, „2000”, „1992”, „Sucha Góra”, „Borowa Góra”, „ROW”) cechują się konforemnością odwzorowania powierzchni elipsoidy. Kwestia różnych

elipsoid odniesienia jest w tym przypadku nieistotna, możemy więc ją pominąć.

Zadowolające wyniki transformacji konforemnej otrzymujemy używając wielomianu zespolonego, o stopniu dostosowanym do wielkości zniekształceń. Przy doborze stopnia wielomianu transformującego za minimalny stopień transformacji należy przyjąć stopień 2. Ponieważ elementarna skala liniowa nie jest wielkością stałą (już na odcinkach kilkukilometrowych może następować istotna zmiana tej skali), nie należy stosować wiernokątnej transformacji Helmerta jako przekształcenia liniowego.

Transformacje najlepiej rozpocząć od wielomianu zespolonego 1 stopnia. Po usunięciu ewentualnych punktów z dużym błędem notujemy wartość średniego błędu transformacji i przechodzimy do 2 stopnia. Jeśli nowa wartość błędu średniego nadal jest zbyt duża przeprowadzamy analogicznie kolejne transformacje wielomianowe podwyższając stopień transformacji w zakresie stopni 1–5. Jako ostateczny przyjmujemy najniższy stopień wielomianu, który w zakresie błędu transformacji spełnia nasze oczekiwania.

Zachowanie wiernokątności przekształcenia, zapewnia nam wykorzystanie wielomianu zespolonego, który możemy przedstawić wzorem:

$$W = c[0] + z*(c[1] + z*(c[2] + z*(c[3] + .. + z*(c[n-1] + z*c[n]..)))$$

$c[i] = (a[i], b[i])$ - współczynniki zespolone, $i=0,1,2,\dots$

$z = (u,v)$ - argument zespolony, $u = (x1-x_{s1}) * s$, $v = (y1-y_{s1}) * s$

$x1, y1$ - współrzędne w układzie pierwotnym, s - skala normująca

$W = (x2-x_{s2}, y2-y_{s2})$; $x2, y2$ - współrzędne wynikowe }

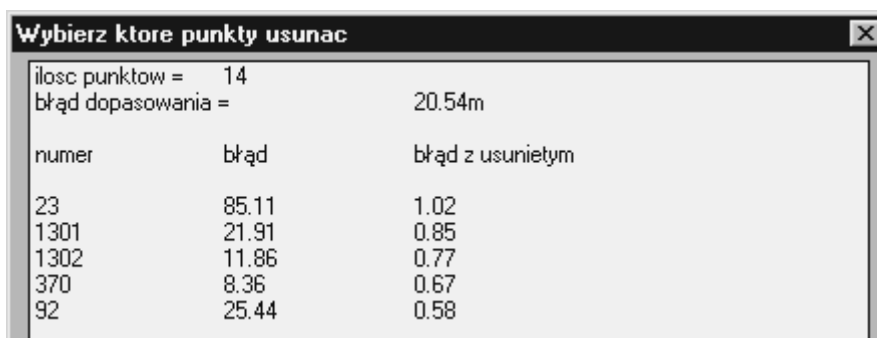
3 Metodyka transformacji map numerycznych.

3.1 Opracowanie punktów dostosowania.

W przypadku, kiedy identyfikacja punktów dostosowania jest utrudniona, np. chcemy skalibrować rastry mapy ewidencyjnej, zdjęcia lotnicze, punkty w różnych układach mają różne numery, warto zastosować poniższy tok postępowania.

Najpierw dokonujemy przybliżonego wpasowania mapy za pomocą transformacji Helmerta. W tym celu identyfikujemy na mapie kilka punktów. Wygodnie jest użyć w tym celu poprzednio odszukanych punktów na stykach mapy, punktów osnowy lub jednoznacznie określonych elementów sytuacyjnych (budynki, graniczniki, trójmiedze itp.).

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 - kilkudziesięciu punktów takie postępowanie dobrze sprawdza się w praktyce.



Wybierz ktore punkty usunac		
ilosc punktow =	14	
błąd dopasowania =		20.54m
numer	błąd	błąd z usunietym
23	85.11	1.02
1301	21.91	0.85
1302	11.86	0.77
370	8.36	0.67
92	25.44	0.58

Rys. 1 Kontrola punktów dopasowania.

Fig. 1 Check of control points.

Mając kilka punktów dopasowania dokonujemy przybliżonego wpasowania mapy. Mając dwie mapy nałożone na siebie bez trudu możemy znaleźć większą ilość punktów dla bardziej dokładnej transformacji.

3.2 Transformacja mapy.

Mając punkty dostosowania przystępujemy do obliczenia współczynników transformacji. Zgodnie z tym co zostało powiedziane w punkcie 2, zadowalające wyniki daje użycie wielomianu zespolonego, o stopniu dostosowanym do wielkości zniekształceń.

$$Z = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot z^2 + \dots + a_n \cdot z^n = a_0 + z (a_1 + z (a_2 + z (a_3 \dots + z \cdot a_n))) \quad (3.2-1)$$

gdzie:

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

Następnie przystępujemy do transformacji mapy, co polega na przetworzeniu każdego obiektu mapy z osobna. Wszystkie punkty mapy dostają nowe współrzędne zgodnie z wzorem Obiekty punktowe dodatkowo zostają obrócone i przeskalowane.

3.3 Nadanie poprawnego obrotu tekstom i blokom.

Należy zwrócić uwagę, że niektóre teksty i bloki, po transformacji powinny zostać równoległe do ramki sekcyjnej. Nazwy takich bloków przedstawiono w tabeli 1. Warstwy tekstów, które powinny zostać obrócone równoległe do ramki przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 1

Nazwy bloków, które zostaną obrócone równoległe do ramki
(nazwy bloków zgodne z instrukcją K1):

Nazwa bloku	kod cyfrowy	opis
CHR	945	Cmentarz chrześcijański.
CIN	946	Cmentarz niechrześcijański – symbol
CKO	947	Cmentarz komunalny – symbol
CWO	917	Cmentarz wojenny – symbol
DIG	921	Drzewo iglaste pomierzone
DIN	925	Drzewo iglaste – symbol
DLI	922	Drzewo liściaste pomierzone
DLN	926	Drzewo liściaste – symbol
GRT	202	Znak graniczny stabilizowany trwale
HYP	513	Hydrant
KRZ	913	Krzyż przydrożny
LZA	941	Zakrzewienie – symbol
MOK	858	Mokradło, zabagnienie – symbol
OPX	111	Punkt osnowy podstawowej poziomej
OPZ	112	Punkt osnowy podstawowej wysokościowej
OSM	131	Punkt osnowy pomiarowej poziomej
OSP	121	Punkt osnowy szczegółowej poziomej
PLZ	950	Plac gier i zabaw – symbol
PTR	430	Oznaczenie podpory przewodów trakcyjnych
SLH	402	Słup hektometrowy
SLS	510	Podpora przewodu lub latarni.
STD	907	Studnia
SZB	685	Osadnik kanalizacji lokalnej
TRA	940	Trawnik - symbol
WLD	504	Właz prostokątny
WLZ	506	Właz okrągły
ZNS	409	Znak sygnalizacji świetlnej

Tabela 2

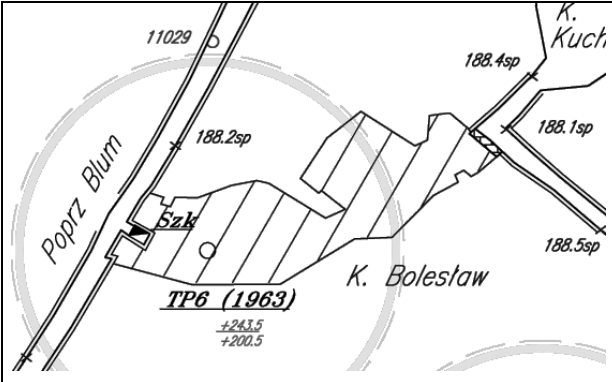
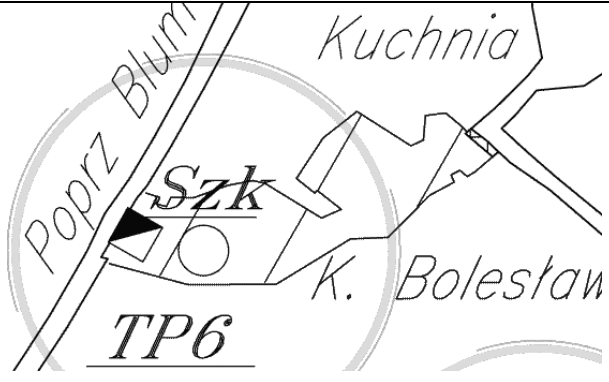
Warstwy tekstów, które zostaną obrócone równolegle do ramki.

(nazwy warstw zgodne z wytycznymi technicznymi K1.1):

Nazwa warstwy	opis
EBTOO	(np. oznaczenie rampy „rmp”)
EBUOO	(np. funkcja budynku „g”)
SDROZ	(np. kilometraż kolejowy)
EUZTU	(np. użytek gruntowy „R”)
WWRPP	(np. rzędne wysokościowe)
EUZOU	(np. użytek gruntowy „Ws”)
SZWOT	(np. basen „bas.”)
SOPO	(opis pozaramkowy)

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. Należy tu również uwzględnić generalizację treści mapy, a także zwiększenie czytelności mapy poprzez odpowiednie rozmieszczenie opisów. Wykonano programy w znacznym stopniu automatyzujące powyższe prace[8].

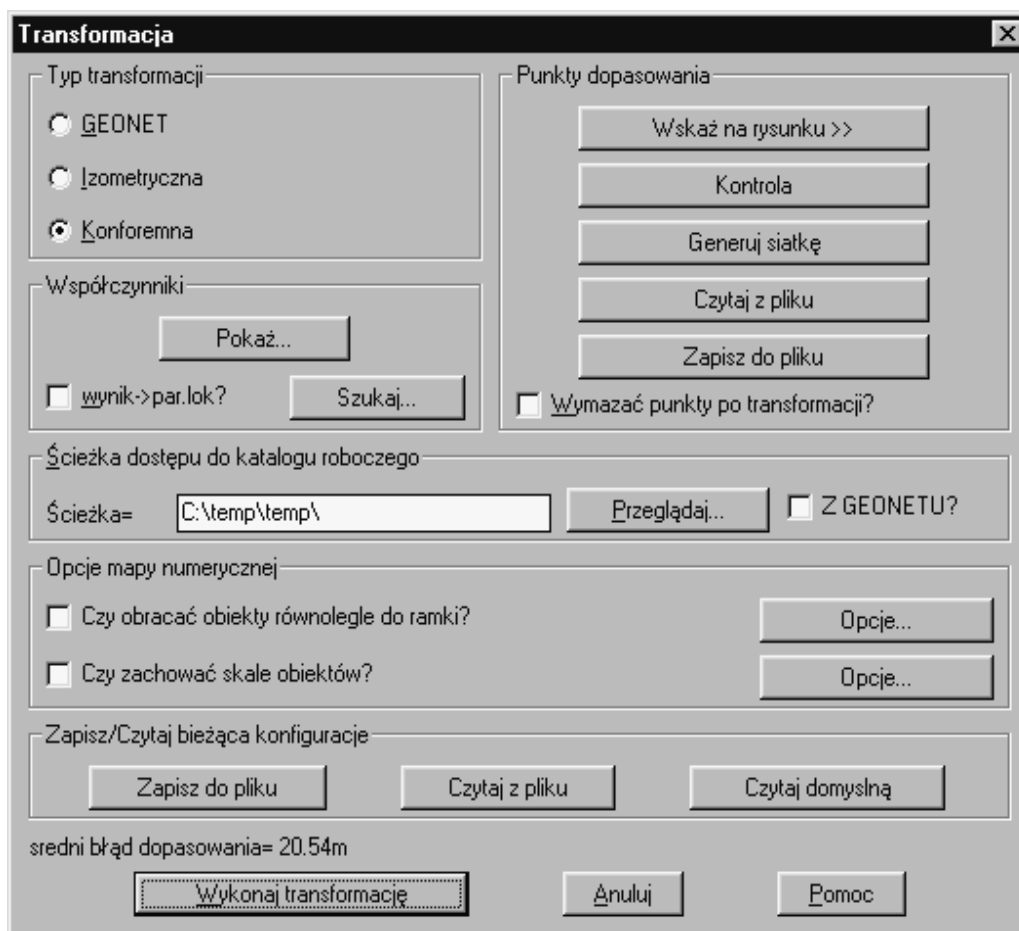
	
<p>rysunek przygotowany do wydruku 1:1000 :</p> <p>treść mapy podstawowej</p> <p>rzeczywiste wymiary szybów (w skali mapy)</p> <p>wysokość tekstów 2.5 m. (2.5 mm w skali mapy)</p> <p>szrafura komory co 4 m. (4 mm w skali mapy)</p>	<p>rysunek przygotowany do wydruku 1:5000 :</p> <p>brak kot wysokościowych, obudowy, osnowy</p> <p>wszystkie szyby 7.5x7.5m. (1.5x1.5 mm w skali mapy)</p> <p>wysokość tekstów 5.4 m. (0.9 mm w skali mapy)</p> <p>szrafura komory co 12 m. (2.4 mm w skali mapy)</p>

3.5 Krój sekcyjny, ramka.

W wyniku transformacji zazwyczaj zmienia się krój sekcyjny. Programy CAD zazwyczaj mają możliwość wydruku dowolnego arkusza. Niemniej jednak prawie zawsze zmiana kroju sekcyjnego wiąże się z koniecznością przejrzenia styków i wykonania dodatkowej pracy. Np. typowym problemem przy dzieleniu na arkusze map ewidencyjnych jest konieczność takiego opisania działek, aby opis znalazł się na każdym arkuszu. Istnieją programy ułatwiające wykonanie nowego kroju sekcyjnego [8].

4 Program do transformacji map numerycznych *MP_Trans*

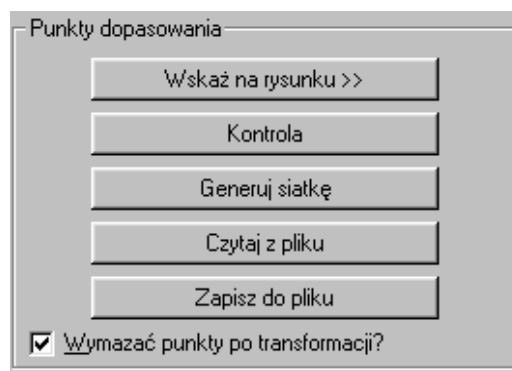
Program służy do transformacji map numerycznych w systemie AutoCAD. Po uruchomieniu polecenia pojawia się następujące okienko dialogowe:



4.1 Typ transformacji

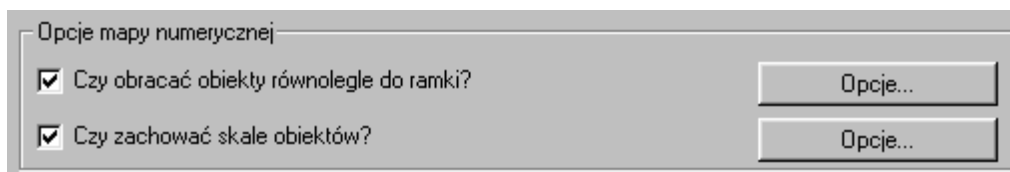
Program umożliwia wykonanie transformacji na podstawie plików parametrycznych utworzonych przy pomocy systemu obliczeń geodezyjnych GEONET. W przypadku prostszych zadań można obliczyć współczynniki transformacji izometrycznej lub konforemnej bez wejścia do Geonetu. W tym celu w AutoCADzie muszą być punkty dopasowania utworzone programem WPD lub zaimportowane z zewnętrznych plików.

4.2 Punkty dopasowania



Program umożliwia tworzenie, kontrolę i edycję punktów dopasowania. Punkty dopasowania można eksportować i importować z innych aplikacji.

4.3 Opcje mapy numerycznej



Zagadnienie modyfikacji obiektów mapy podczas transformacji zostało przedstawione w punkcie 3.3 i 3.4. W programie jest możliwość ustawienia niektórych obiektów mapy równoległe do ramki sekcyjnej, a ponadto ustawienie wynikowej skali opracowania.

4.4 Zapisanie oraz odczytanie bieżącej konfiguracji.

Program umożliwia zapisanie bieżących ustawień i późniejsze ich automatyczne wywołanie na serii map. Ustawienia są zapisywane w plikach tekstowych, które można ręcznie edytować.

Literatura

1. Białek J., Poniewiera M.: Zastosowanie AutoCADa do pozyskiwania i wizualizacji danych opisujących eksploatację górniczą dla celów prognozowania deformacji terenu górniczego., Informatyka w geodezji górniczej, konferencja naukowo – techniczna, Kraków 18-19 październik 1996r.
2. Gajderowicz I.: Kartografia matematyczna dla Geodetów, wyd. ART - Olsztyn, 1999.
3. Hausbrandt S.: Rachunek wyrównawczy i obliczenia geodezyjne. T. II, PPWK Warszawa 1971.
4. Kadaj R.: Formuły odwzorowawcze i parametry układów współrzędnych. Wytyczne Techniczne G-1.10. Wydawca: GUGiK, Warszawa, grudzień 1999.
5. Kadaj R.: GEONET_unitrans: uniwersalny program transformacji współrzędnych pomiędzy różnymi układami w obszarze Polski oraz programy pomocnicze. Wydawca ALGORES-SOFT s.c. Rzeszów. 2000
6. Kadaj R.: SWDE - konwertor 2000, Wydawca GUGiK, 2002.
7. Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych. Dz. U. nr 70 z dn. 24.08.2000r., poz. 821.
8. Poniewiera M.: System obsługi kopalnianych map numerycznych, Katowice 2003, dokumentacja dostarczana wraz z oprogramowaniem.

Recenzent:

Abstract

As a result of introducing new state co-ordinates system “2000” it has become necessary to work out for each local environment explicit transformational connections making a conversion of the hitherto existing geodetic and cartographical resources into the state co-ordinates system. The present paper focuses on the technology of preparing transformations of numerical maps.

The paper discusses author's own program transforming numerical maps according to different co-ordinates systems in AutoCAD. It makes using transformation coefficients calculated by UNITRANS program. The results of this program are as follow: all the points on the map get new co-ordinates; the texts & blocks parallel to the frame remain parallel to it, singular block scale and the height of the captions remain the same.