

**Opracowanie parametrów transformacji map  
wektorowych i rastrowych z Układu Lokalnego  
Krakowskiego (ULK) do układu 2000  
wraz z analizą jej geometrycznych konsekwencji  
dla obszaru Krakowa**

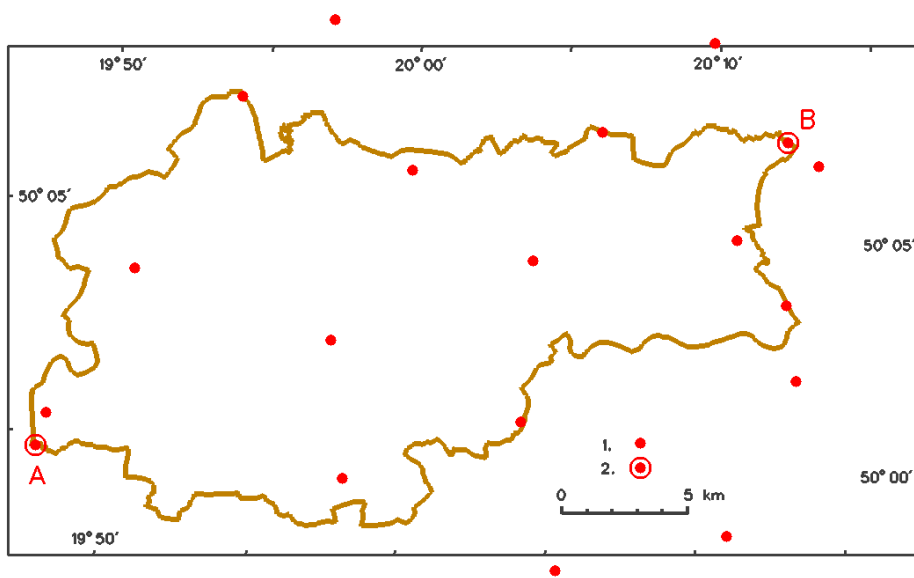
- I. Współczynniki ogólnowielomianowej i konforemnej transformacji stopnia II współrzędnych prostokątnych płaskich z układu Lokalnego Krakowskiego do układu 2000.**
- II. Możliwe konsekwencje transformacji współrzędnych w zastosowaniu do kalibracji rastrów i konwersji map wektorowych z układu Lokalnego Krakowskiego do układu 2000 wraz z zaleceniami**

Piotr Banasik  
Katedra Geomatyki  
AGH Kraków

Kraków, 2010

## I. Współczynniki ogólnowielomianowej i konforemnej transformacji stopnia 2 współrzędnych prostokątnych płaskich z Układu Lokalnego Krakowskiego (ULK) do układu 2000

Poniższe współczynniki transformacji współrzędnych płaskich z Układu Lokalnego Krakowskiego do układu 2000 zostały obliczone na podstawie współrzędnych 22 punktów łącznych podstawowej osnowy poziomej (kl.I) na obszarze obejmującym miasto Kraków wraz z kilkukilometrowym pasem wykraczającym poza granice miasta. Punkty te posiadają współrzędne w obu ww. układach. Współrzędne w układzie 2000 tych punktów obliczone zostały w wyniku ponownego wyrównania podstawowej osnowy poziomej kraju, zrealizowanego w nawiązaniu do sieci POLREF w 90-tych. Współrzędne w układzie Lokalnym Krakowskim tych punktów pochodzą z ostatniego wyrównania lokalnej sieci tringulacyjnej zrealizowanego na obszarze Krakowa w latach 70-tych.



Rys. 1 Rozmieszczenie punktów łącznych podstawowej osnowy poziomej I klasy, na podstawie których obliczono współczynniki transformacji między współrzędnymi Układu Lokalnego Krakowa i układu 2000 (1 – punkt łączny; 2 – transformowany punkt testowy).

### 1. Oznaczenie punktów w układzie pierwotnym (P) i wtórnym (W):

$(x_P, y_P)$  – współrzędne punktu w układzie pierwotnym

$(x_W, y_W)$  – współrzędne punktu w układzie wtórnym

### 2. Współrzędne bieguna w układzie pierwotnym (P) $(x_{BP}, y_{BP})$ i wtórnym (W) $(x_{BW}, y_{BW})$ na podstawie punktów łącznych:

$$x_{BP} = \frac{\sum_{i=1}^n x_P}{n}, \quad y_{BP} = \frac{\sum_{i=1}^n y_P}{n}, \quad x_{BW} = \frac{\sum_{i=1}^n x_W}{n}, \quad y_{BW} = \frac{\sum_{i=1}^n y_W}{n}$$

### 3. Redukcja współrzędnych z układu pierwotnego do bieguna (dotyczy wszystkich punktów układu pierwotnego):

$$x = x_P - x_{BP},$$

$$y = y_P - y_{BP}$$

#### 4. Transformacja konforemna stopnia 2:

$$\begin{cases} x_W = x_{BW} + a_1 + a_3x + a_4(-y) + a_5(x^2 - y^2) + a_6(-2xy) \\ y_W = y_{BW} + a_2 + a_3y + a_4x + a_5(2xy) + a_6(x^2 - y^2) \end{cases}$$

Uzyskane odchyłki na punktach łącznych:

średnie z wartości modułów:  $V_x = 0.006$  m,  $V_y = 0.007$  m,

maksymalne:  $V_x = 0.024$  m,  $V_y = -0.028$  m,

#### Współczynniki liczbowe dla transformacji $(XY)_{ULK} \rightarrow (XY)_{2000}$ :

$$\begin{aligned} x_{bp} &= -3.04419376190476 \cdot 10^4; & y_{bp} &= 2.89030878571429 \cdot 10^5; \\ x_{bw} &= 5.54659313500000 \cdot 10^6; & y_{bw} &= 7.42852359576190 \cdot 10^6; \\ x &= x - x_{bp}; & y &= y - y_{bp}; \\ a_1 &= 2.73660450713879 \cdot 10^{-2}; \\ a_2 &= 7.69215691432381 \cdot 10^{-2}; \\ a_3 &= -9.99116225304304 \cdot 10^{-1}; \\ a_4 &= 4.05478646361601 \cdot 10^{-2}; \\ a_5 &= 6.77548043232547 \cdot 10^{-11}; \\ a_6 &= 9.08724778098026 \cdot 10^{-10}; \end{aligned}$$

#### Współczynniki liczbowe dla transformacji $(XY)_{2000} \rightarrow (XY)_{ULK}$ :

$$\begin{aligned} x_{bp} &= 5.54659313500000 \cdot 10^6; & y_{bp} &= 7.42852359576190 \cdot 10^6; \\ x_{bw} &= -3.04419376190476 \cdot 10^4; & y_{bw} &= 2.89030878571429 \cdot 10^5; \\ x &= x - x_{bp}; & y &= y - y_{bp}; \\ a_1 &= 2.42256086488474 \cdot 10^{-2}; \\ a_2 &= 7.79723130776979 \cdot 10^{-2}; \\ a_3 &= -9.99238771045159 \cdot 10^{-1}; \\ a_4 &= -4.05528379610133 \cdot 10^{-2}; \\ a_5 &= -4.30610594657273 \cdot 10^{-11}; \\ a_6 &= 9.10389353876164 \cdot 10^{-10}; \end{aligned}$$

#### Wzory do aplikacji:

$$x_w = x_{bw} + a_1 + a_3x - a_4y + a_5(x^2 - y^2) - 2a_6xy$$

$$y_w = y_{bw} + a_2 + a_3y + a_4x + 2a_5xy + a_6(x^2 - y^2)$$

#### Przykład liczbowy:

Punkt	Układ Lokalny Krakowski		Układ 2000	
	x	y	X	Y
	[m]			
A	-25000.0000	304000.0000	5540548.9071	7413788.2739
B	-37000.0000	274000.0000	5553754.7074	7443275.1991

## 5. Transformacja ogólnowielomianowa stopnia 2:

$$\begin{cases} x_W = x_{BW} + a_1 + a_3x + a_4y + a_4x^2 + a_5xy + a_6y^2 \\ y_W = y_{BW} + b_2 + b_3y + b_4x + b_4x^2 + b_5xy + b_6y^2 \end{cases}$$

Uzyskane odchyłki na punktach łącznych:

średnie z wartości modułów:  $V_x = 0.004$  m,  $V_y = 0.005$  m,

maksymalne:  $V_x = 0.017$  m,  $V_y = -0.020$  m,

### Współczynniki liczbowe $(XY)_{ULK} \rightarrow (XY)_{2000}$ :

$$x_{bp} = -3.04419376190476 \cdot 10^4; \quad y_{bp} = 2.89030878571429 \cdot 10^5;$$

$$x_{bw} = 5.54659313500000 \cdot 10^6; \quad y_{bw} = 7.42852359576190 \cdot 10^6;$$

$$x = x - x_{bp}; \quad y = y - y_{bp};$$

$$a_1 = 1.93397356849038 \cdot 10^{-2};$$

$$a_2 = -9.99116145001792 \cdot 10^{-1};$$

$$a_3 = -4.05478239231928 \cdot 10^{-2};$$

$$a_4 = -1.78758424056985 \cdot 10^{-9};$$

$$a_5 = 1.16743446233638 \cdot 10^{-10};$$

$$a_6 = -2.93683383577532 \cdot 10^{-11};$$

$$b_1 = 8.47929615262172 \cdot 10^{-2};$$

$$b_2 = 4.05484068171915 \cdot 10^{-2};$$

$$b_3 = -9.99116250713227 \cdot 10^{-1};$$

$$b_4 = 1.83035468184418 \cdot 10^{-10};$$

$$b_5 = 8.80392535342850 \cdot 10^{-10};$$

$$b_6 = -9.60253551298488 \cdot 10^{-10};$$

### Współczynniki liczbowe dla transformacji $(XY)_{2000} \rightarrow (XY)_{ULK}$ :

$$x_{bp} = 5.54659313500000E+0006; \quad y_{bp} = 7.42852359576190E+0006;$$

$$x_{bw} = -3.04419376190476E+0004; \quad y_{bw} = 2.89030878571429E+0005;$$

$$x = x - x_{bp}; \quad y = y - y_{bp};$$

$$a_1 = 1.58859718857551 \cdot 10^{-2};$$

$$a_2 = -9.99238831112797 \cdot 10^{-1};$$

$$a_3 = 4.05527986989920 \cdot 10^{-2};$$

$$a_4 = -1.79373803212077 \cdot 10^{-9};$$

$$a_5 = 8.17930699051973 \cdot 10^{-12};$$

$$a_6 = 8.23924531799838 \cdot 10^{-11};$$

$$b_1 = 8.55125272016013 \cdot 10^{-2};$$

$$b_2 = -4.05533815784912 \cdot 10^{-2};$$

$$b_3 = -9.99238725183983 \cdot 10^{-1};$$

$$b_4 = -3.95006285976627 \cdot 10^{-11};$$

$$b_5 = 8.85994881201426 \cdot 10^{-10};$$

$$b_6 = -9.62263012910464 \cdot 10^{-10};$$

### Wzory do aplikacji:

$$X = x_{bw} + a_1 + a_2 * x + a_3 * y + a_4 * x * y + a_5 * x * x + a_6 * y * y;$$

$$Y = y_{bw} + b_1 + b_2 * x + b_3 * y + b_4 * x * y + b_5 * x * x + b_6 * y * y;$$

### Przykład liczbowy:

Punkt	Układ Lokalny Krakowski		Układ 2000	
	x	y	X	Y
	[m]			
A	-25000.0000	304000.0000	5540548.9126	7413788.2758
B	-37000.0000	274000.0000	5553754.7119	7443275.1956

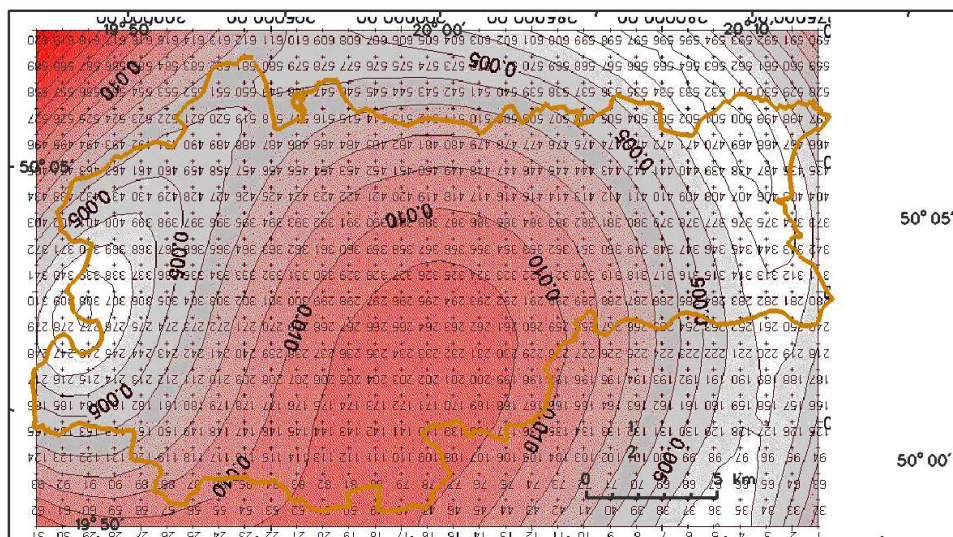
## 6. Różnice we współrzędnych uzyskanych w wyniku transformacji konforemnej i ogólnowielomianowej dla testowych punktów transformowanych A i B

Dla testowych punktów A i B, których lokalizację zaznaczono na rys. 1. wartości różnic współrzędnych uzyskanych ww. rodzajami transformacji są dla różnicy położenia:

$$\Delta P = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \text{ w granicach } 0.5 \text{ cm.}$$

Punkt	(XY) <sub>Ogólnowiel.</sub> - (XY) <sub>Konfor.</sub>	
	$\Delta X$ [m]	$\Delta Y$ [m]
A	0.0055	-0.0019
B	0.0045	-0.0035

Spodziewając się zróżnicowanego rozkładu tych różnic współrzędnych przeprowadzono ich analizę dla całego obszaru Krakowa (rys. 2).



Rys. 2 Rozbieżności wyników transformacji z ULK do układu 2000 uzyskanych za pomocą transformacji konforemnej i ogólnowielomianowej na obszarze Krakowa (izolinie w [m] co 1 mm).

Wykazała ona, że maksymalne różnice położenia  $\Delta P$  w granicach obszaru Krakowa mogą być rzędu 1 cm (czerwone zacięcia, rys. 2). Jest to wielkość bardzo mała zważywszy na bezwzględną dokładność współrzędnych punktów dostosowania użytych do transformacji (osnowa pozioma I klasy, szacowany błąd współrzędnych 2÷4 cm – wynika z pierwotnej dokładności współrzędnych w ULK oraz dokładności przeliczenia współrzędnych tej osnowy dokonanej przez GUGiK z układu 1965 do układu 2000).

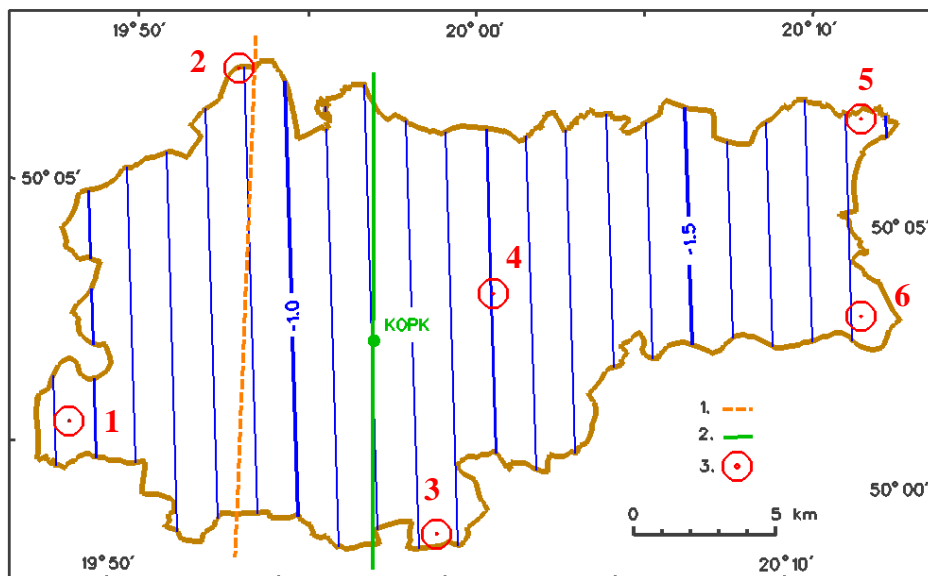
**Zaleca się aby w procesie transformacji map wektorowych i rastrowych z ULK do układu 2000 na obszarze Krakowa wykorzystać podane w niniejszym opracowaniu (str. 3) wzory i współczynniki transformacji konforemnej II stopnia.**

## **II. Możliwe konsekwencje transformacji współrzędnych w zastosowaniu do kalibracji rastrów i konwersji map wektorowych z układu Lokalnego Krakowskiego do układu 2000 wraz z zaleceniami**

W wyniku transformacji współrzędnych tj. odwzorowania płaszczyzny układu Lokalnego Krakowskiego na płaszczyznę układu 2000 mogą wystąpić zmiany długości, kątów i pól powierzchni. Będą one miały charakter lokalny związany z miejscem i kierunkiem. Ze względu na dokładność współrzędnych punktów łącznych i powstające na nich w wyniku transformacji odchyłki, własności wielomianów (np. konforemnych) będą realizowane w przybliżonym stopniu. Z kolei wyższy od 1 stopień wielomianu transformującego spowoduje, że linie proste po transformacji przejdą w krzywe. Transformacja współrzędnych na płaszczyźnie zastępuje bowiem zmianę powierzchni odniesienia (elipsoidę) oraz zmianę odwzorowania jakie występują w obu układach współrzędnych. W związku z powyższym przeliczając współrzędne z układu Lokalnego do układu 2000 należy liczyć się z konsekwencjami postaci: zmiany powierzchni działek, zmiany wartości kąta i deformacji (wygięcia) prostoliniowych odcinków. Te dwa ostatnie przypadki są szczególnie niekorzystne z punktu widzenia zachowania prostopadłości boków zobrazowanych na mapie budynków i zachowania ich prostoliniowości (granice działek). Aby określić maksymalną wartość niekorzystnych zmian jakie pojawią się w wyniku transformacji przeanalizowano je po kolei biorąc pod uwagę możliwą do zastosowania na obszarze Krakowa transformację ogólnowielomianową lub konforemną stopnia II.

### **1. Zmiana pola powierzchni**

Do analizy obszar Krakowa podzielono na siatkę kwadratów o boku 1 km. Współrzędne węzłów siatki wyrażone w układzie Lokalnym przetransformowano do układu 2000. Porównano pole powierzchni każdego kwadratu obliczone w układzie Lokalnym i 2000. Różnice  $\Delta P = P_{2000} - P_{ULK}$  odniesione do centrów kwadratów stanowiły dane do interpolacji izolinii zmian powierzchni (rys. 1).



Rys. 1 Izolinie zmiany pola powierzchni w [m<sup>2</sup>/ha] (1 – linia zerowych zniekształceń długości w odwzorowaniu elipsoidy GRS80 na płaszczyznę układu 2000; 2 – południk odwzorowania Gaussa-Krügera z układu Lokalnego Krakowskiego; 3 – rejon analizy zmian wartości kąta i deformacji odcinka.

Z rys. 1 wynika, że zmiany powierzchni wynikające z zastąpienia układu Lokalnego układem 2000 będą na całym obszarze Krakowa ujemne. Zakres tych zmian zawiera się w granicach od  $-0.7 \text{ m}^2/\text{ha}$  w zachodniej części miasta do  $-1.7 \text{ m}^2/\text{ha}$  w części wschodniej.

Zgodnie z instrukcją G-5 „Ewidencja gruntów i budynków” z 2003 r. powierzchnię jednostek ewidencyjnych należy wyrazić na powierzchni odniesienia (elipsoida GRS80) a nie na płaszczyźnie odwzorowawczej układu 2000. W związku z tym powyższe skrajne wartości zniekształceń należy zredukować ze względu na odwzorowanie elipsoidy na płaszczyznę. Warto zauważyć, że przez obszar Krakowa przechodzi linia zerowych zniekształceń odwzorowawczych (rys.1), co biorąc pod uwagę niewielki obszar miasta wskazuje, że różnice między powierzchnią wyrażoną na elipsoidzie i na płaszczyźnie układu 2000 będą minimalne. Można je obliczyć na podstawie zniekształceń długości. Maksymalne wartości zniekształceń odwzorowawczych długości wyniosą:  $+2 \text{ cm/km}$  na zachodnich krańcach Krakowa i  $-4 \text{ cm/km}$  na krańcach wschodnich. Oznacza to, zgodnie z wzorem stosowanym w odwzorowaniach równokątnych:

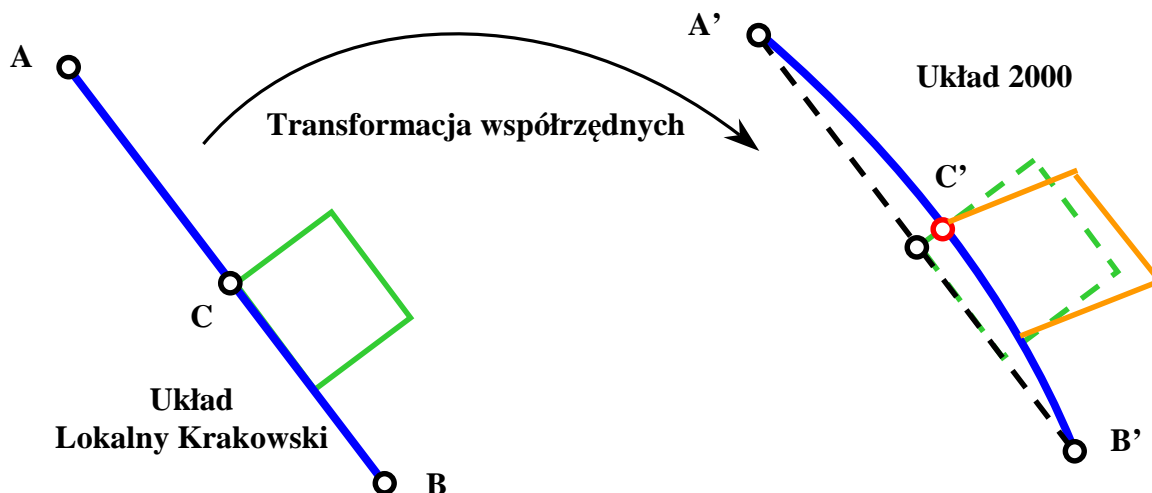
$$z_p \approx 0.2 \cdot z_d$$

gdzie:  $z_d$  – zniekształcenie długości w [cm/km],  
 $z_p$  – zniekształcenie pola powierzchni w [m<sup>2</sup>/ha],

że różnica między polem wyrażonym na elipsoidzie i polem na płaszczyźnie odwzorowawczej na obszarze Krakowa nie przekroczy  $0.1 \text{ m}^2/\text{ha}$  ( $-0.03 \text{ m}^2/\text{ha}$  zachód ÷  $+0.08 \text{ m}^2/\text{ha}$  wschód). Po dodaniu jej do zniekształceń przedstawionych na rys.1 otrzymamy minimalnie skorygowany zakres zmian pola: od  $-0.7 \text{ m}^2/\text{ha}$  w zachodniej części miasta do  $-1.6 \text{ m}^2/\text{ha}$  w części wschodniej.

## 2. Deformacja odcinka i zmiana wartości kąta powstałe w wyniku transformacji

W wyniku transformacji współrzędnych realizowanej wielomianem stopnia II i wyższym linie proste mogą przejść w krzywe (rys. 3). Można spodziewać się, że punkt C znajdujący się na odcinku AB w układzie Lokalnym po przetransformowaniu do układu 2000 znajdzie się na krzywej A'B' czyli poza odcinkiem A'B' w układzie 2000 (rys. 2). Kąt  $ACB=180^\circ$  po transformacji przejdzie w kąt  $A'C'B'>180^\circ$ .

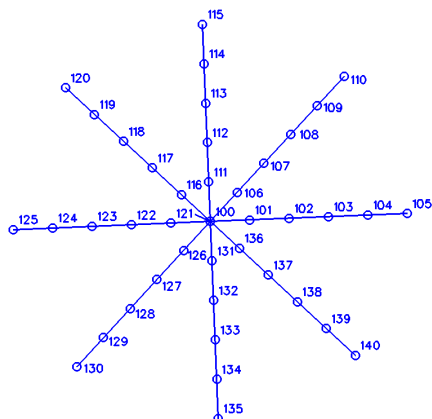


Rys. 3 Konsekwencje deformacji odcinków podczas transformacji współrzędnych z układu Lokalnego Krakowskiego do układu 2000

Z tego samego powodu zmianie ulegną wartości kątów między liniami prostymi. Zachowanie równokątności (w przypadku stosowania konforemnych funkcji transformujących) dotyczy kąta między liniami i obrazami tych linii, które jak wspomniano nie muszą być prostymi. Ponadto jak to już wcześniej zauważono w przypadku transformacji współrzędnych mamy do czynienia z przybliżoną realizacją własności funkcji transformującej np. konforemności dla konforemnej funkcji transformującej.

Opisane powyżej przypadki będą miały znaczenie w procesie przetwarzania map wektorowych, gdzie np. rysunek wielokąta tworzony jest z odcinków łączących jego wierzchołki. Przykładem są budynki będące wielokątami utworzonymi z prostokątnych odcinków. Budynki te mogą w wyniku ww. transformacji stracić prostokątność boków. Ponadto w przypadku budynków o wspólnych bokach (punkt na prostej) może dojść do utraty własności przylegania.

Aby sprawdzić powyższe sytuacje i określić wartość wyżej opisanych niekorzystnych skutków transformacji współrzędnych wygenerowano w 6 miejscach Krakowa pęki odcinków składające się z ośmiu 50 m odcinków ze znajdującymi się na nich punktami rozmieszczonymi w odległości 10 m (rys. 4).



Rys. 4 Konstrukcja do badania zmian położenia punktu na prostej i wartości kąta

Poszczególne odcinki przecinały się pod kątem będącym wielokrotnością  $45^\circ$ . Taki pęk odcinków umożliwia badanie kąta prostego, którego ramiona mogą mieć różny azymut. Ponadto za pomocą tego pęku można sprawdzić jak w wyniku transformacji zmieni się położenie wierzchołka pęku w stosunku do odcinków 100 metrowych.

Badanie zrealizowano osobno dla wariantu transformacji ogólnowielomianowej i równokątnej stopnia II wg parametrów podanych wyżej. Wyniki w postaci odchyłek ( $V_{\text{kąt}}$ ) od nominalnej wartości kąta  $45^\circ$  i  $90^\circ$  ( $V_{\text{kąt}45}$  i  $V_{\text{kąt}90}$ ) oraz odległości ( $V_D$ ) punktu środkowego od odcinka przebiegającego w danym azymucie przedstawia tabela 1.

Tabela 2. Wyniki badania kąta i wygięcia odcinka w 6 punktach na obszarze Krakowa (rys.1)

Pkt.	Azymut (kąt) [°]	Transformacja ogólnowielomianowa			Transformacja równokątna		
		$V_{\text{kąt}45}$ ["]	max. $V_{\text{kąt}90}$ ["]	$V_D$ [mm]	$V_{\text{kąt}45}$ ["]	max. $V_{\text{kąt}90}$ ["]	$V_D$ [mm]
1	0 - 45	-4.0	-4.0	0.5	0.0		0.0
	45 - 90	0.0		0.0	0.0		0.0
	90 - 135	0.0		0.0	0.0		0.0
	135 - 180	0.0		0.0	0.0		0.0
	180 - 225	0.0		0.0	0.0		0.0
	225 - 270	0.0		0.0	0.0		0.0
	270 - 315	0.0	4.0	0.0	0.0		0.0
	315 - 0	4.0		0.0	0.0		0.0
	0 - 45	0.0		0.0	0.0		0.0
2	0 - 45	4.7		0.0	0.7		0.5
	45 - 90	-0.4		0.7	-0.4		0.7
	90 - 135	-2.2	-4.0	0.5	-2.2		0.5
	135 - 180	-1.8		0.0	-1.8		0.0
	180 - 225	-1.1		0.0	-1.1		0.0
	225 - 270	1.1		0.0	1.1		0.0
	270 - 315	1.1		0.0	1.1	6.5	0.0
	315 - 0	1.1		0.0	5.4		0.0
	0 - 45	4.7		0.0	0.7		
3	0 - 45	0.0		0.5	0.0		0.0
	45 - 90	0.0		0.0	0.0		0.0
	90 - 135	-2.9	-4.3	0.3	0.0		0.3
	135 - 180	-1.4		0.0	0.0	-2.9	0.0

	180 - 225	4.3		0.0	-2.9		0.0
	225 - 270	0.4		0.0	2.9	2.9	0.0
	270 - 315	0.4		0.0	0.0		0.0
	315 - 0	0.0		0.0	0.0		0.0
	0 - 45	0.0		0.5	0.0		0.0
4	0 - 45	-2.5	-5.4	0.5	1.8		0.3
	45 - 90	-2.9		0.0	-1.8		0.5
	90 - 135	0.0		0.4	-1.1		0.0
	135 - 180	-0.4		0.0	1.1		0.0
	180 - 225	2.9		0.0	-1.1		0.0
	225 - 270	1.4		0.0	-2.9		0.0
	270 - 315	1.1		0.0	0.0		0.0
	315 - 0	1.1		0.0	4.0	5.8	0.0
0 - 45	-2.5		0.5	1.8	0.0		
5	0 - 45	1.8		0.0	1.8	4.0	0.5
	45 - 90	-1.8		0.0	2.2		0.3
	90 - 135	1.8	4.3	0.0	-2.2		0.5
	135 - 180	2.5		0.0	2.5		0.0
	180 - 225	-2.5	-4.3	0.0	-2.2	-4.0	0.0
	225 - 270	-1.8		0.0	-1.8		0.0
	270 - 315	-1.1		0.0	-1.1		0.0
	315 - 0	1.1		0.0	1.1		0.0
0 - 45	1.8		0.0	1.8		0.5	
6	0 - 45	-1.1		0.0	-1.1		0.5
	45 - 90	-2.9		0.0	1.1		0.0
	90 - 135	0.0	6.5	0.5	-1.1	-4.0	0.0
	135 - 180	6.5		0.4	-2.9		0.3
	180 - 225	-2.5		0.0	2.9		0.0
	225 - 270	1.1		0.0	1.1		0.0
	270 - 315	-1.1		0.0	1.8		0.0
	315 - 0	1.1		0.0	-1.8		0.0
0 - 45	-1.1		0.0	-1.1		0.5	
max. =			6.5	0.7		6.5	0.7

Z wartości podanych w tabeli wynika, że w przypadku obu rodzajów transformacji: ogólnowielomianowej i konforemnej wartości odchyłek od kąta prostego jak i odległości punktu środkowego są takie same i wynoszą odpowiednio: 6.5'' i 0.7 mm. Biorąc pod uwagę równomierne rozmieszczenie punktów na badanym obszarze Krakowa oraz, proporcjonalność zmian zauważoną na przykładzie badania powierzchni (rys. 1) można uznać, że dla obiektów o bokach do 50 m nie należy spodziewać większych zmian kąta prostego niż 7''. W przypadku prostoliniowości odcinków można uznać, że wygięcie 100 m odcinka nie przekroczy 1 mm.

### 3. Kalibracja rastrów map w skali 1:1000 i 1:500 wraz z zaleceniami jej wykonania

Arkusze mapy zasadniczej prowadzonej analogowo w układzie Lokalnym będą podlegały zeskanowaniu i skalibrowaniu na krzyże siatki z układu współrzędnych rastra do układu Lokalnego. W celu oceny dokładności takiej kalibracji przeprowadzono testowo kalibrację rastrów z południowej części Krakowa:

- 4 sekcji 1:1000 o numerze 1421a, 1421b, 1421c i 1421d,
- 15 sekcji 1:500 stanowiących części każdego rastra 1:1000: 1421a1-a4, 1421b1-b4, 1421c1-c3 i 1421d1-d4.

Kalibrację zrealizowano za pomocą wielomianów w postaci ogólnej i stopniu od I do V. Do analizy przyjęto wyniki uzyskane wielomianem stopnia I-IV. Obszar kalibracji dla poszczególnych arkuszy to 800m×500m dla arkusza 1:1000 i 400m×250m dla arkusza 1:500. Kalibrację wykonano na wszystkie możliwe istniejące krzyże tj. od 49 do 54 w zależności od arkusza. Kalibrację wykonano jednokrotnie - nie analizowano wartości uzyskanych odchyłek i nie modyfikowano zbioru punktów do kalibracji. Wyniki kalibracji zawarto w arkuszu na str. 9 i 10.

Należy przyjąć, że na dokładność kalibracji realizowanej na krzyże mapy poprzez wpasowanie współrzędnych rastra w nominalne współrzędne układu Lokalnego mają wpływ następujące czynniki:

- związane z mapą: dokładność naniesienia krzyży na mapę analogową, deformacja podłoża mapy,
- związane ze skanowaniem: dokładność skanowania i przyjęta rozdzielczość,
- związane z procesem kalibracji: dokładność identyfikacji centru krzyża, przyjęty do kalibracji odpowiedni wielomian.

Powyższe czynniki wpłyną na wartości odchyłek na tzw. punktach łącznych tj. krzyżach mapy.

Wartości odchyłek na punktach łącznych (krzyżach) wraz z obliczeniami dla wszystkich arkuszy objętych testem zawiera załącznik 1. Analiza uzyskanych odchyłek umożliwiła sformułowanie zaleceń, które należy uwzględnić podczas kalibracji:

1. Kalibrację rastrów sekcji 1:1000 i 1:500 należy zrealizować za pomocą funkcji ogólnowielomianowej stopnia I lub II, stosowanie wyższych stopni wielomianów może prowadzić do deformacji rysunku rastra,
2. Kalibrację zaleca się realizować w dwóch etapach:
  - wstępnie do kalibracji należy użyć wszystkich krzyży dostępnych na danej sekcji mapy, po analizie odchyłek można odrzucić wybrane krzyże dążąc do uzyskania odchyłek nie przekraczających wartości maksymalnych ustalonych; jeśli na tym etapie uzyskano wymagane dokładności kalibrację można uznać za zakończoną,
  - w przeciwnym wypadku należy wykonać kalibrację wielomianem stopnia II z równoczesną kontrolą maksymalnych odchyłek,
  - jeśli kalibracja jest wykonywana wielomianem stopnia II, to krzyże użyte do kalibracji muszą obejmować obszar kalibrowanej sekcji,
3. Starannie należy identyfikować centra krzyży szczególnie na mapach w skalach drobniejszych,
4. Duże odchyłki we współrzędnych X i Y jak i niesymetryczne odchyłki maksymalne (np. maksymalna odchyłka dodatnia dużo większa od modułu z minimalnej odchyłki ujemnej) świadczą o niejednorodności współrzędnych rastra w stosunku do



## Test kalibracji rastrów map w skali 1:500

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	
43																															
44																															
45	<b>1:500</b>		1421A1								1421A2							1421A3							1421A4						
46	OW-1	Vx	-26	21	21	2	17			-19	10	13	5	11			-18	10	19	4	16			-8	9	13	1	11			
47		Vy	-8	12		5				-6	7		2				-20	17		2				-13	13		0				
48		Vp	26			3				20			3				22			3				15			1				
49	OW-2	Vx	-21	27	21	3	17			-10	15	12	5	10			-14	13	15	1	13			-12	13	15	1	13			
50		Vy	-12	7		4				-7	7		0				-13	13		0				-14	12		1				
51		Vp	27		-1	1		-4%		17		3	5		15%		18		4	1		18%		15		0	1		0%		
52	OW-3	Vx	-12	12	12	0	11			-10	14	11	4	9			-12	10	14	2	12			-8	10	11	3	9			
53		Vy	-12	6		5				-7	6		1				-14	13		1				-10	9		1				
54		Vp	14		13	5		48%		15		2	3		12%		15		3	1		17%		11		4	2		27%		
55	OW-3	Vx	-9	10	10	1	8			-10	13	11	3	9			-12	9	13	3	11			-7	8	9	1	8			
56		Vy	-9	5		4				-6	6		0				-11	12		1				-8	7		1				
57		Vp	11		3	3		21%		14		1	3		7%		13		2	2		13%		10		1	0		9%		
58																															
59	<b>1:500</b>		1421B1								1421B2							1421B3							1421B4						
60	OW-1	Vx	-14	15	15	1	13			-12	8	16	3	13			-15	14	16	1	14			-14	11	15	2	13			
61		Vy	-14	8		4				-13	19		5				-13	14		1				-14	13		1				
62		Vp	17			4				19			1				15			0				20			1				
63	OW-2	Vx	-11	7	12	4	10			-13	12	14	1	12			-12	11	13	1	11			-8	6	9	3	8			
64		Vy	-11	11		0				-11	13		2				-10	12		2				-9	9		0				
65		Vp	12		5	4		29%		14		5	1		26%		13		2	1		13%		12		8	3		40%		
66	OW-3	Vx	-13	8	11	4	9			-5	10	9	10	8			-10	13	12	3	11			-6	6	9	0	7			
67		Vy	-9	7		2				-6	10		7				-9	10		1				-9	8		1				
68		Vp	14		-2	2		-17%		11		3	3		21%		13		0	2		0%		9		3	1		25%		
69	OW-3	Vx	-9	11	11	2	9			-10	10	12	0	10			-8	10	9	3	8			-11	7	9	4	8			
70		Vy	-9	8		1				-9	11		2				-7	7		0				-6	6		0				
71		Vp	13		1	1		7%		13		-2	2		-18%		10		3	3		23%		11		-2	4		-22%		
72																															
73	<b>1:500</b>		1421C1								1421C2							1421C3							1421C4						
74	OW-1	Vx	-12	13	16	1	14			-13	12	14	1	12			-13	8	16	4	14			-14	11	16	1	14			
75		Vy	-15	15		0				-12	12		0				-14	19		4				-14	13		1				
76		Vp	20			1				15			1				20			0				20			1				
77	OW-2	Vx	-7	6	11	1	9			-14	11	12	2	10			-11	7	16	4	13			-11	7	16	4	13			
78		Vy	-10	13		3				-8	8		0				-18	17		1				-18	17		1				
79		Vp	13		7	2		35%		15		0	2		0%		18		2	3		10%		18		2	3		10%		
80	OW-3	Vx	-8	6	11	3	9			-8	6	8	3	7			-9	6	11	3	10			-9	6	11	3	10			
81		Vy	-8	14		8				-9	6		3				-12	11		1				-12	11		1				
82		Vp	14		-1	5		-8%		10		5	1		33%		12		6	3		33%		12		6	3		33%		
83	OW-3	Vx	-7	7	9	0	8			-6	5	7	2	6			-7	6	8	1	7			-7	6	8	1	7			
84		Vy	-8	10		3				-7	6		1				-8	6		3				-8	6		3				
85		Vp	10		4	3		29%		8		2	0		20%		9		3	1		25%		9		3	1		25%		
86																															
87	<b>1:500</b>		1421D1								1421D2							1421D3							1421D4						
88	OW-1	Vx	-13	6	14	5	12			-12	15	16	3	14			-7	9	11	3	10			-12	11	16	1	14			
89		Vy	-14	13		1				-14	16		1				-10	12		2				-15	17		1				
90		Vp	14			5				18			1				13			1				18			0				
91	OW-2	Vx	-6	9	10	5	9			-10	9	10	1	9			-8	7	8	1	7			-9	12	15	3	13			
92		Vy	-10	10		0				-7	9		3				-5	8		6				-20	10		5				
93		Vp	10		4	5		29%		12		6	2		33%		10		3	5		23%		20		-2	2		-11%		
94	OW-3	Vx	-5	6	9	2	8			-11	10	10	1	9			-6	6	6	0	6			-8	11	14	4	12			
95		Vy	-8	12		5				-5	9		8				-5	5		0				-18	9		5				
96		Vp	12		-2	3		-20%		12		0	7		0%		7		3	0		30%		18		2	1		10%		
97	OW-3	Vx	-5	5	7	0	6			-9	11	10	2	8			-5	6	6	2	5			-8	10	13	3	11			
98		Vy	-7	8		1				-6	7		2				-4	4		0				-14	11		2				
99		Vp	8		4	1		33%		12		0	1		0%		7		0	2		0%		14		4	0		22%		
100																															