

# Badania dokładności transformacji punktów granicznych kopalń sąsiadujących

## Research of the accuracy of transformation of border points of neighboring mines



Dr hab. inż. Violetta Sokoła-Szewiola<sup>\*)</sup>



Dr inż. Marian Poniewiera<sup>\*)</sup>



Mgr inż. Monika Żogała<sup>1)</sup>

**Treść:** W ramach badań prowadzonych w roku 2017 w Politechnice Śląskiej dokonano oceny dokładności oraz wyznaczenia parametrów transformacji współrzędnych XY między układami lokalnymi stosowanymi w przedsiębiorstwach górniczych i układem państwowym PL-2000. Wykazano, iż przeprowadzenie transformacji niezależnie dla obszaru górniczego każdej z kopalń powoduje, iż te same punkty w układzie lokalnym otrzymują różne współrzędne w układzie PL-2000. W artykule przedstawiono wyniki wstępnej analizy różnic współrzędnych punktów granicznych wybranych, sąsiadujących ze sobą kopalń, uzyskiwanych w wyniku transformacji wykonanych z wykorzystaniem parametrów transformacji odrębnie dla każdej z nich. Przedstawiono propozycje rozwiązania występującego problemu poprzez zastosowanie w zadaniu transformacyjnym metody niezależnych modeli. Zagadnienie to stanowi przedmiot dalszych badań prowadzonych obecnie w Zespole Kartografii i Systemów Informacji Przestrzennej.

**Abstract:** As a part of the research conducted in 2017 at the Silesian University of Technology, the accuracy assessment and determination of the XY coordinate transformation parameters between the local systems used in mining enterprises and the PL-2000 state system were conducted. It has been shown that transforming independently for the mining area of each mine causes that the same points in the local system receive different coordinates in the PL-2000 system. This paper presents the results of the preliminary analysis of coordinate differences of border selected points, neighboring mines, obtained as a result of transformations made with the use of transformation parameters separately for each of them. Proposals for solving the occurring problem have been presented by the use of the method of independent model in the transformation task. This issue is the subject of further research currently conducted by the Cartography and Geographical Information Systems Team.

### Słowa kluczowe:

*transformacja współrzędnych, lokalne układy współrzędnych, dokumentacja mierniczo-geologiczna, górnictwo*

### Keywords:

*coordinates transformation, local coordinates systems, measuring-geological documentation, mining industry*

## 1. Wprowadzenie

Problematyka objęta przedmiotem artykułu wynika przede wszystkim z obowiązujących obecnie regulacji prawnych w zakresie dokumentacji mierniczo-geologicznej (Rozporządzenie 2015). Nakładają one na przedsiębiorcę obowiązek transformacji geodezyjnej układu, w którym tworzona jest dokumentacja mierniczo-geologiczna, do geodezyjnego układu odniesienia, będącego elementem państwowego systemu odniesień przestrzennych, o którym mowa w przepisach prawa geodezyjnego i kartograficznego (Ustawa 1989, Rozporządzenie 2012). Prowadzone w roku 2017 w Politechnice Śląskiej badania (Sokoła i in. 2017a) dotyczące dokładności transformacji

lokalnych układów współrzędnych, stosowanych w zakładach górniczych, do układu państwowego wykazały między innymi, iż na 29 analizowanych kopalń, według stanu na rok 2016, aż 28 prowadzi dokumentację w układach lokalnych Sucha Góra lub Borowa Góra. Efektem realizacji ww. badań było opracowanie nowej procedury realizacji zadania transformacyjnego, umożliwiającej transformację bezpośrednio z układu lokalnego do układu państwowego. Procedurę nazwano jednoetapową. Zastosowano ją do wykonania zadania transformacyjnego dla obszarów górniczych wybranych dwóch kopalń węgla kamiennego w rejonie GZW (Sokoła i in. 2017b). Zapewnia ona wykonanie zadania transformacyjnego na wymaganym poziomie dokładnościowym. Natomiast transformacja przeprowadzona niezależnie dla obszaru górniczego każdej z kopalń powoduje, iż te same

<sup>\*)</sup> Politechnika Śląska, WGIG, Gliwice

punkty w układzie lokalnym otrzymują różne współrzędne w układzie PL-2000. Stanowi to istotny problem, w szczególności, kiedy transformacji podlegają punkty graniczne kopalń, a dane te winny zasilić bazy danych tworzone w Polsce w ramach realizacji np. Dyrektywy INSPIRE (Directive ... 2007). Wśród aktów prawnych wskazujących na istotność zagadnienia stanowiącego przedmiot artykułu należy wymienić także Ustawę Prawo Ochrony Środowiska (Ustawa ... 2001). Artykuł 17 Ustawy, narzuca na organy wykonawcze województwa, powiatu i gminy obowiązek sporządzania odpowiednio wojewódzkiego, powiatowego czy gminnego programu ochrony środowiska, w celu realizacji polityki ochrony środowiska. Program Ochrony Środowiska wskazuje kierunki działań związane między innymi z utrzymaniem i systematycznym aktualizowaniem bazy danych o terenach przemysłowych (Sokoła i in. 2017c). Bazy te zawierają m.in. informacje na temat obszarów i terenów górniczych.

W artykule przedstawiono wyniki wstępnej analizy różnic współrzędnych punktów granicznych kopalń sąsiadujących ze sobą, uzyskanych w wyniku transformacji odrębnie dla każdej z nich. Parametry transformacji wyznaczono zgodnie z procedurą opracowaną w wyniku realizacji ww. badań (Sokoła i in. 2017b). Przedstawiono propozycje rozwiązania tego problemu poprzez zastosowanie w zadaniu transformacyjnym metody niezależnych modeli (Sitek 1991). Zagadnienie to stanowi przedmiot dalszych badań prowadzonych obecnie w Zespole Kartografii i Systemów Informacji Przestrzennej.

## 2. Procedura transformacji jednoetapowej

Opracowany algorytm transformacji pozwala, po wyznaczeniu jej parametrów, na wykonanie jednoetapowej transformacji na wymaganym poziomie dokładnościowym. W celu wyznaczenia parametrów oraz wykonania zadania transformacyjnego, obejmującego także ocenę dokładności wyznaczenia parametrów transformacji, jak i transformacji współrzędnych, należy wykonać czynności opisane poniżej. Ocenę dokładności oparto na zapisach zawartych w Instrukcji G-2 –Szczegółowa pozioma i wysokościowa osnowa geodezyjna i przeliczenia współrzędnych między układami (Instrukcja ... 2001), oraz wytycznych technicznych G-1.10 (Kadaj 2001). Przyjęto, iż dopuszczalny błąd transformacji nie powinien przekroczyć wartości 0,05 m oraz że najlepiej jest zastosować rozwiązanie z wykorzystaniem transformacji wielomianami konforemnymi lub niekonforemnymi wyższych stopni. Zgodnie z zapisami zawartymi w ww. dokumentach, punkty dostosowania powinny być rozmieszczone równomiernie w całym obszarze podlegającym (potencjalnie) transformacji. Najkorzystniej, by były rozmieszczone tak, by punkty skrajne (brzegowe) tworzyły figurę wypukłą obejmująca obszar transformowany.

Opracowany algorytm zadania transformacyjnego obejmuje:

- Ustalenie optymalnego stopnia i rodzaju transformacji w oparciu o wygenerowane punkty dostosowania, rozmieszczone w regularnej siatce, np. siatce 250x250 m, i położone w obszarze objętym zadaniem transformacyjnym, gdyż to gwarantuje odpowiednie dopasowanie pomiędzy układami współrzędnych. Liczbę punktów należy dobrać empirycznie, tak by zapewniała wystarczającą nadliczowość układu równań.
- Przeprowadzenie analizy dokładności, obejmującej analizę odchyłek transformacji na wygenerowanych punktach. Za najbardziej istotną należy przyjąć wartość błędu transformacji, który nie powinien przekraczać wartości 0,05 m. Stopień i rodzaj wielomianu dobieramy spełniając

warunek, iż jako ostateczny przyjmujemy najniższy stopień wielomianu, tj. taki, przy którym zwiększenie stopnia o jeden nie powoduje istotnego spadku błędu transformacji.

- Wybór punktów łącznych do transformacji oraz analizę dokładności obejmującą odchyłki na punktach łącznych, odchyłkę maksymalną oraz błąd transformacji. Błąd transformacji nie powinien przekraczać wartości 0,05 m.
- Wyznaczenie i kontrolę parametrów transformacji poprzez analizę rozbieżności pomiędzy współrzędnymi pozyskanymi z kopalni i uzyskanymi w wyniku transformacji. Analiza winna obejmować przynajmniej różnice współrzędnych  $X, Y$  oraz różnicę wypadkową.
- Weryfikację dokładności transformacji z wykorzystaniem współrzędnych punktów z obszaru objętego transformacją, wykonaną w oparciu o analizę rozbieżności współrzędnych punktów pozyskanych z kopalni lub uzyskanych w wyniku pomiarów terenowych ze współrzędnymi tych punktów obliczonymi w wyniku ich transformacji. Weryfikacja powinna obejmować przynajmniej różnice współrzędnych  $X, Y$  oraz różnicę wypadkową.

## 3. Metoda niezależnych modeli - MNM

Przeprowadzone analizy (Sokoła i in. 2017a) wykazały, iż w celu uzyskania odpowiednich dokładności transformacji punktów granicznych kopalń, należy zastosować nowy sposób rozwiązania zadania transformacyjnego. Rozwiązaniem tego problemu może być, jak już wspomniano, zastosowanie metody niezależnych modeli. Metodę tę głównie stosuje się w fotogrametrii – w aerotriangulacji. Można ją również zastosować do transformacji obszarów górniczych. W metodzie tej danymi źródłowymi są podzbiory punktów w lokalnych układach współrzędnych. Podzbiory te muszą być powiązane wzajemnie za pośrednictwem punktów łącznych – punktów granicznych o tych samych numerach. Ideę metody przedstawia rys 1.

Przeprowadzenie obliczeń może przebiegać w następującej kolejności (Poniewiera 2005):

- Transformacja posiadanych danych do układu topocentrycznego. Takie postępowanie pozwala uniknąć błędów wynikających z krzywizny Ziemi.
- 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.

Liniowy układ równań metody niezależnych modeli można przedstawić następująco:

- 1) dla punktów o znanych współrzędnych w obu układach (wzory 1, 2):

$$a_i + u_i \cdot x_k^i + v_i \cdot y_k^i = X_k + \delta x_k \quad (1)$$

$$b_i + u_i \cdot y_k^i - v_i \cdot x_k^i = Y_k + \delta y_k \quad (2)$$

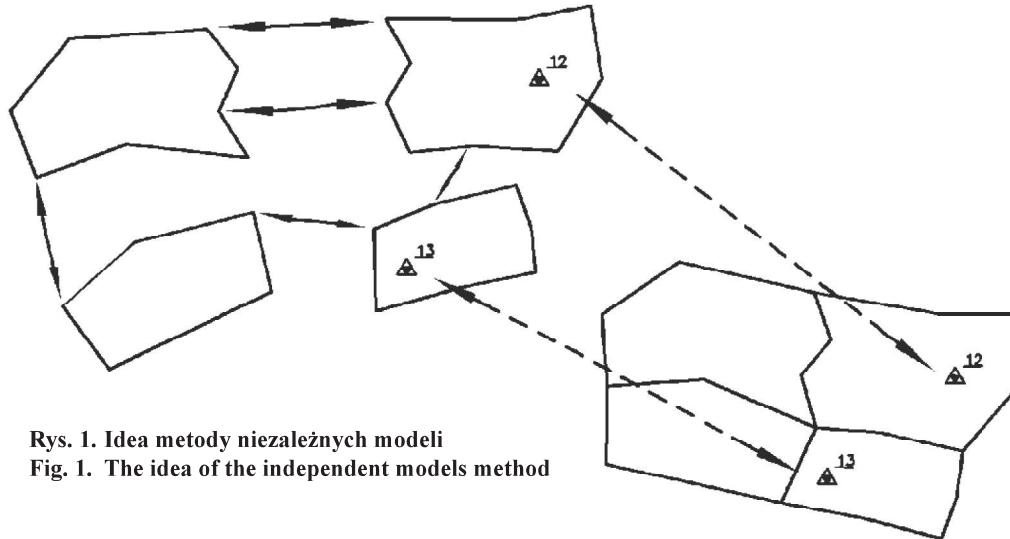
- 2) dla punktów wiążących (wzory 3, 4):

$$a_{i+} \cdot u_i \cdot x_k^i + v_i \cdot y_k^i - a_j - u_j \cdot x_k^j - v_j \cdot y_k^j = \delta x_k^{ij} \quad (3)$$

$$b_{i+} \cdot u_i \cdot y_k^i - v_i \cdot x_k^i - b_j - u_j \cdot x_k^j + v_j \cdot y_k^j = \delta y_k^{ij} \quad (4)$$

gdzie:

- $k$  – wskaźnik punktu,
- $i, j$  – wskaźniki podzbioru współrzędnych,
- $a_i, b_i$  – parametry translacji  $i$ -tego podzbioru,



Rys. 1. Idea metody niezależnych modeli  
 Fig. 1. The idea of the independent models method

- $X_k, Y_k$  – 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 (kąt obrotu  $f$ ) i zmiany skali ( $s_i$ ), czyli:  
 $u_i = s_i \cdot \cos \varphi_i, v_i = s_i \cdot \sin \varphi_i$ .

Parametry a, b, u i v obliczamy korzystając z warunku ważonej zasady najmniejszych kwadratów.

Współrzędne punktów w układzie geodezyjnym obliczymy ze wzorów (5, 6):

$$x_k^i = a + u_i \cdot x_k^i + v_i \cdot y_k^i \quad (5)$$

$$y_k^i = b + u_i \cdot y_k^i - v_i \cdot x_k^i \quad (6)$$

Wzory dla transformacji przestrzennej przedstawiono w pracy (Poniewiera 2001).

#### 4. Oprogramowanie zastosowane do wykonania transformacji z wykorzystaniem MNZ

Do wykonania analiz stanowiących przedmiot artykułu wykorzystano oprogramowanie GEONET Dimensional Control

(www.geonet.net.pl 2018). Podstawowym celem pakietu jest zautomatyzowanie obliczeń inżynierskich dla morskich platform wiertniczych. Program posiada wiele modułów, istotną z punktu widzenia transformacji współrzędnych metodą niezależnych modeli jest funkcja Absrot. Zawiera ona szereg opcji: transformacja 2D, 2D + H, 3D, metoda izometryczna i konforemna. Dozwolona jest duża liczba punktów - mogą to być dziesiątki tysięcy. Funkcja jest przydatna, gdy na obiekcie tworzona jest nowa sieć punktów kontrolnych, zapewnia ich spójność, nawet gdy znajdują się w różnych konfiguracjach. Polecenie można wykorzystać do przekształcenia wielu zbiorów będących w różnych układach współrzędnych lokalnych do jednego wspólnego układu odniesienia. Konieczne są w tym przypadku zarówno punkty wspólne, jak i punkty wiążące. Punktami wiążącymi są punkty występujące co najmniej w dwóch układach współrzędnych. Takimi punktami w przypadku obszarów górniczych mogą być szyby występujące na danym terenie, a punktami wspólnymi będą punkty graniczne kopalń (rys. 5).

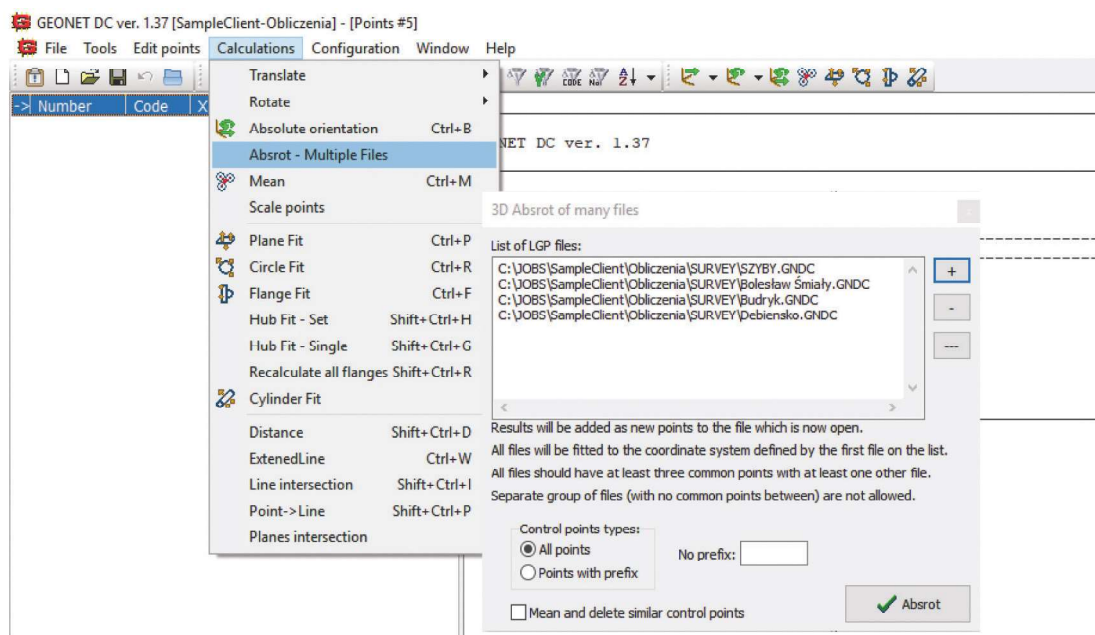
W celu wykonania zadania transformacji konieczne jest przygotowanie odpowiednich zbiorów danych w plikach txt. Po ich wczytaniu należy zapisać je w formacie GNDC (rys. 2).

Number	Code	X	Y	Z
SBUJAKOW2	SZYB	6557474	5558814	0
SI	SZYB	6554206	5560045	0
SII	SZYB	6554263	5559939	0
SIII	SZYB	6554321	5559834	0
SKJIII	SZYB	6547596	5558157	0
SVI	SZYB	6554852	5563464	0
SZACHODNIIV	SZYB	6546649	5558522	0

```

GEONET DC ver. 1.37
File Tools Edit points Calculations Configuration Window Help
Job name : Obliczenia
Platform name :
Client : Monika
Surveyor :
Date : 28-09-2018
Instrument number : 0
Precision : 0
FILE IMPORTED FROM .TXT: szyby uklad 2000.txt
IMPORTED POINTS:
SVI 6554852 5563464 0 SZYB
SBujakow2 6557474 5558814 0 SZYB
SI 6554206 5560045 0 SZYB
SII 6554263 5559939 0 SZYB
SIII 6554321 5559834 0 SZYB
SZachodniIV 6546649 5558522 0 SZYB
SKJIII 6547596 5558157 0 SZYB
Imported 7 points
    
```

Rys. 2. Przykład importu pliku wejściowego  
 Fig. 2. Example of importing input file



Rys. 3. Okno dialogowe funkcji transformacji niezależnych modeli  
Fig. 3. Dialog window of a transformation function of independent models

Po przygotowaniu zbiorów danych należy przystąpić do obliczeń poprzez wywołanie funkcji „Absrot – MultipleFiles” (rys. 3). Najpierw dołączamy plik zawierający punkty wiążące. Następnie dołączamy szereg plików, z których każdy zawiera punkty w lokalnym układzie danej kopalni. Wspólne punkty we wszystkich plikach muszą mieć ten sam numer. Po wykonaniu obliczeń zapisujemy plik tekstowy zawierający wyrównane współrzędne wszystkich punktów.

Oprogramowanie GEONET DC wraz z poszczególnymi modułami zastąpiło funkcję N-transformacji występującą w starszej, jeszcze DOS-owej, wersji programu GEONET. Geonet, rozwijany od 1992 r do dzisiaj, zawiera algorytmy i rozwiązania informatyczne dla geodezji, kartografii, systemów GNSS. Składa się z różnych modułów systemu m.in. modułu: OSNOWA, MASÓWKA, czy też GEO-SPEC. To właśnie ten ostatni wymieniony moduł jest niezbędny do wykonania obliczeń transformacyjnych. Jest to moduł programów specjalnych, inżynierskich, służący do wykonywania specjalnych zadań obliczeniowych, których lista wyświetlana jest na ekranie w momencie wybrania tego właśnie modułu poprzez wybranie cyfry „6”. Zadaniem, z którego skorzystano jest N-Transformacja płaska uruchamiana cyframi „62”. Dokonano porównania wyników obliczeń Windowsowej funkcji „Absrot” z DOS-ową funkcją „N-Transformacja”. Są niewielkie różnice w obliczeniach, ale wstępne analizy pokazują, że zastosowanie obecnej wersji jest korzystniejsze. Ważnym ulepszeniem jest też możliwość wykonania transformacji przestrzennej. Także w dalszej części artykułu przedstawiono wyniki obliczeń w najnowszej wersji programu.

### 5. Transformacja jednoetapowa w programie Geolisp

W celu realizacji zadania transformacyjnego, odrębnie dla każdego z wybranych obszarów górniczych kopalń, wykorzystano program Geolisp autorstwa M. Poniewiery ([www.geolisp.pl](http://www.geolisp.pl) 2018). W programie dostępne są dwa moduły transformujące: Trans i TransK (Pomykoł i in. 2003). Pierwszy z nich wykorzystuje współczynniki transformacji

wielomianowej ogólnej lub zespolonej. Natomiast program TransK umożliwi wykonanie transformacji konforemnej pomiędzy układami kopalnianymi. W programie tym zdefiniowano współczynniki transformacji dwu i jednoetapowej dla większości kopalń GZW. Okno programu przedstawiono na rys. 4.

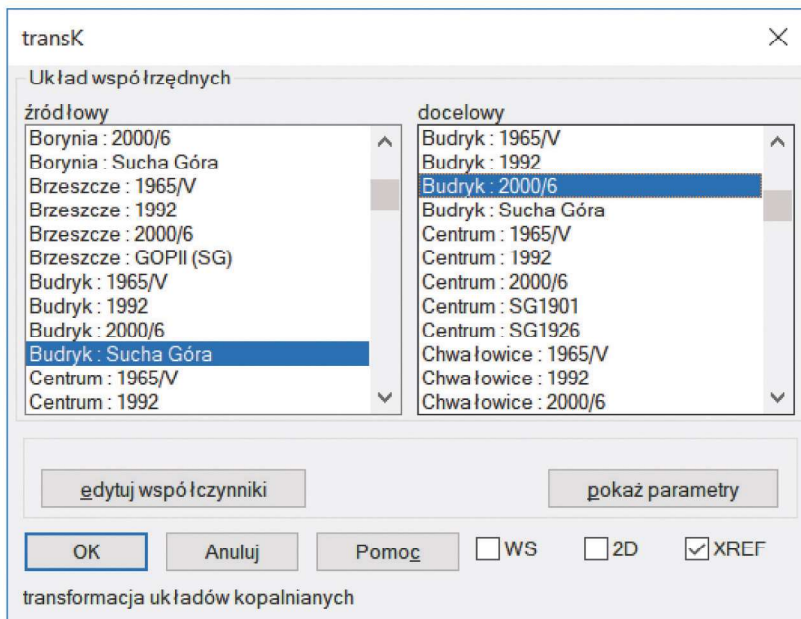
W celu realizacji zadania transformacyjnego wykorzystano również wartości parametrów transformacji uzyskane w wyniku realizacji badań, dotyczących oceny dokładności i wyznaczenia parametrów transformacji (Sokoła i in, 2017b) dla OG KWK „Budryk”.

### 6. Analiza różnic współrzędnych punktów granicznych uzyskanych w wyniku transformacji jednoetapowej

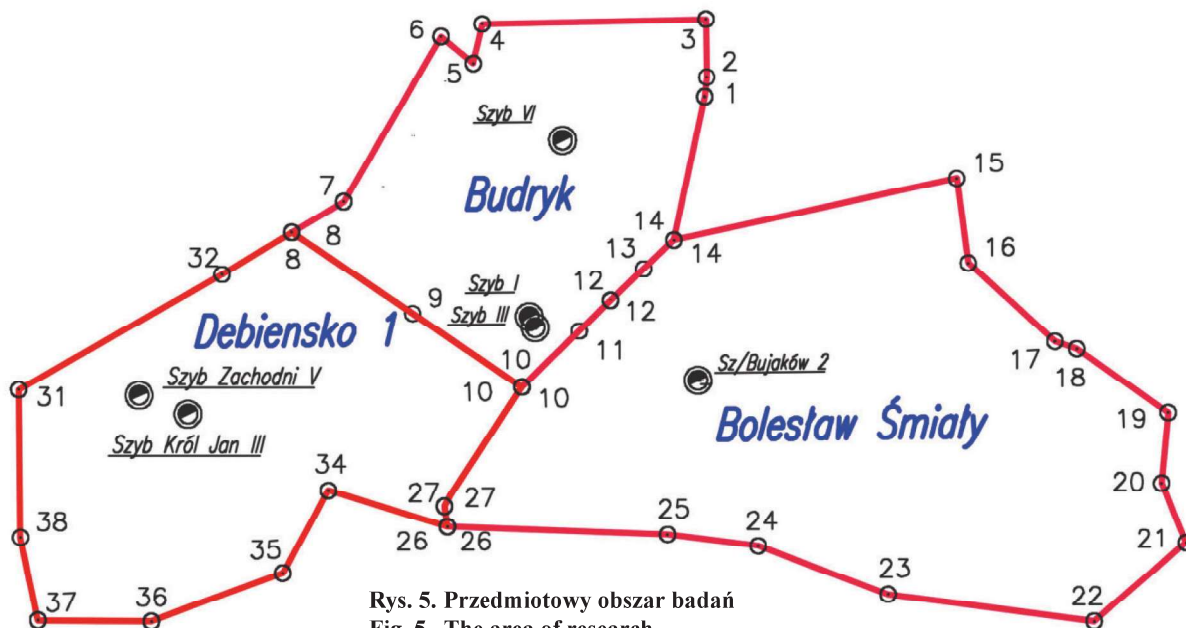
Prezentowane poniżej wyniki badań oparto na analizie różnic współrzędnych punktów granicznych, uzyskanych w wyniku transformacji jednoetapowej, z układu lokalnego do układu PL-2000/6., wykonanej dla obszarów górniczych trzech sąsiadujących kopalń tj. KWK „Budryk”, KWK „Dębieńsko”, KWK „Bolesław Śmiały” (rys.5).

Zadanie transformacyjne wykonano przy pomocy programu Geolisp, niezależnie dla każdego z obszarów, wykorzystując procedurę przedstawioną w rozdziale drugim. Uzyskane w wyniku transformacji współrzędne porównano. W tabeli 1 zestawiono różnice współrzędnych między przykładowymi punktami leżącymi na granicy poszczególnych obszarów górniczych po przeprowadzonej transformacji z układu lokalnego do układu PL-2000/6.

Współrzędne punktów wspólnych można uśrednić, ale skoro są różnice, to oznacza, że wybrana metoda transformacji nie jest idealna i błędy będą nie tylko na punktach wspólnych, ale i na pozostałym obszarze. Zagadnienie wymaga dalszych badań, niemniej jednak z teoretycznych rozważań wynika, że metoda niezależnych modeli powinna znacząco zmniejszyć błędy na granicy obszaru.



Rys. 4. Okno dialogowe funkcji transformacji konformalnej  
 Fig. 4. Dialog box of the conformal transformation function



Rys. 5. Przedmiotowy obszar badań  
 Fig. 5. The area of research

Tabela 1. Różnice pomiędzy współrzędnymi punktów granicznych po wykonanej transformacji niezależnie dla każdego obszaru górniczego  
 Table 1. The differences between coordinates of the border points of individual mining areas after the transformation

Punkt na granicy	Nr pkt	Różnica [m]
Dębienko-Budryk	8	0,06
Dębienko-Budryk	10	0,83
Dębieńsko -Bolesław Śmiały	26	1,04
Dębieńsko -Bolesław Śmiały	27	1,97
Dębieńsko -Bolesław Śmiały	29	0,80
Dębieńsko -Bolesław Śmiały	10	0,50
Budryk -Bolesław Śmiały	10	0,91
Budryk -Bolesław Śmiały	12	0,82
Budryk -Bolesław Śmiały	14	0,73
średnio		0,85

Najważniejszą jednak zaletą metody niezależnych modeli jest wysoka odporność na błędy punktów wiążących. Największym problemem dotychczasowych metod transformacji jest to, że punktów wiążących (np. szybów) jest niewiele i co gorsza nie są równomiernie rozłożone na całym obszarze, a wręcz przeciwnie – często zgrupowane są w niewielkiej odległości od siebie, co stanowi najgorszy możliwy dla transformacji sposób.

Jeżeli transformacja byłaby oparta wyłącznie na metodzie Weisbacha to 15 cm błąd pomiaru opuszczonego w szybie pionu w odległości 8 km (np. od Szybu Bujaków 2 KWK Bolesław Śmiały do punktu 18) spowoduje odchyłkę rzędu 300 m. Oczywiście zawsze starano się zwiększyć dokładność wyznaczenia azymutu np. przy pomocy metody wliczeniowej lub giroskopowej. Jednak jak wynika z pracy (Dziura i in. 1969), średnia różnica między wyznaczeniem azymutu tymi metodami dla 12 kopalń wyniosła 40", co dla powyższych założeń dalej oznacza trzymetrowy błąd na granicy obszaru.

W tabeli 2 i 3 zestawiono różnice współrzędnych na punktach granicznych przy założeniu 15 cm błędu przeniesienia współrzędnych w szybach – przy zastosowaniu transformacji wykonanej niezależnie - dla każdego obszaru osobno (metodę nazwano „odrębna”) i MNM – wspólnego wyrównania wszystkich obszarów metodą niezależnych modeli. Obliczenia z wykorzystaniem MNZ wykonano w opisanym w rozdziale 4 programie Geonet. W tabeli 2 przedstawiono wyniki dla KWK Dębieniecko. Błędy wprowadzono do Szybu Zachodniego V i Szybu Król Jan III, odległość między szybami 1005 m. W tabeli 3 przedstawiono wyniki dla KWK Budryk. Błędy wprowadzono do Szybu I i Szybu III, odległość między szybami 240 m.

**Tabela 2. Wpływ błędu pomiaru na różnice współrzędnych uzyskane z wykorzystaniem transformacji metodą „odrębna”) i MNM dla obszaru KWK Dębieniecko**

**Table 2. The impact of measurement error on coordinates differences obtained with the use of the transformation made by the “separate” method and MNM method for Dębieniecko coal mine area**

Nr	Różnica, metoda:	
	„odrębna”) [m]	MNM [m]
31	0,83	0,02
8	1,23	0,02
10	2,06	0,03
26	1,77	0,03
37	1,43	0,04

**Tabela 3. Wpływ błędu pomiaru na różnice współrzędnych uzyskane z wykorzystaniem transformacji metodą „odrębna”) i MNM dla obszaru KWK Budryk**

**Table 3. The impact of measurement error on coordinates differences obtained with the use of the transformation made by the “separate” method and MNM method for Budryk coal mine area**

Nr	Różnica, metoda:	
	„odrębna”) [m]	MNM [m]
8	6,21	0,02
5	6,42	0,01
2	7,28	0,01
14	3,97	0,00
9	1,59	0,00

Z wyników tych wynika jednoznacznie, że niewielki błąd rzędu kilkunastu cm w tradycyjnej, („odrębnej”) metodzie obliczenia współczynników transformacji powoduje duże, metrowe odchyłki, natomiast metoda niezależnych modeli jest praktycznie całkowicie odporna na taki błąd.

## 7. Podsumowanie

Problematyka przedstawiona w artykule wynika z zapisów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 28 października 2015 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej. Zgodnie z tymi zapisami możliwe jest sporządzanie dokumentów wchodzących w skład dokumentacji mierniczo-geologicznej w przedsiębiorstwach górniczych w lokalnym układzie geodezyjnym, pod warunkiem, że przedsiębiorca albo podmiot prowadzący działalność nie-wymagającą koncesji dysponuje możliwością transformacji geodezyjnej tego układu do geodezyjnego układu odniesienia, będącego elementem państwowego systemu odniesień przestrzennych, o którym mowa w przepisach prawa geodezyjnego i kartograficznego.

W artykule wskazano, iż zagadnienie to jest szczególnie istotne, gdy transformacje dotyczą punktów granicznych kopalń sąsiadujących. Przedstawiona analiza współrzędnych punktów granicznych uzyskanych w wyniku niezależnych transformacji, wykonanych odrębnie dla trzech prezentowanych kopalń pokazała, iż rozbieżności tych współrzędnych osiągają wartość ponad 1,90 m, średnio ponad 0,80 m. Dodatkowo wykazano, że dotychczasowe metody obliczenia współczynników transformacji są bardzo czułe nawet na niewielkie błędy pomiarowe.

Z uwagi na fakt, iż dane te konieczne są do wykorzystania w realizacji szeregu zadań np. znalezienia na powierzchni miejsca dokładnie nad zawałonym wyrobiskiem podczas akcji ratunkowej, celów wynikających z Ustawy o Ochronie Środowiska oraz zapisów dyrektywy INSPIRE, należy opracować taki algorytm transformacji, który umożliwiłby eliminację tych błędów, pozwalając na uzyskanie wyników spełniających wymagane relacje topologiczne. Przedstawiona w artykule metoda niezależnych modeli może prowadzić do rozwiązania tego problemu.

Zagadnienie to stanowi przedmiot badań prowadzonych obecnie w Zespole Kartografii i Systemów Informacji Przestrzennej Politechniki Śląskiej.

## Literatura

- Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). European Parliament and of the Council of the European Union.
- DZIURA T., KOT A., TRZCIONKA P. 1969 - Zastosowanie girteodolitu w pomiarach kopalnianych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Górnictwo, z. 41 s.175.
- Instrukcja G-2. 2001 - Szczegółowa pozioma i wysokościowa osnowa geodezyjna i przeliczenia współrzędnych między układami. GUGiK. Warszawa (projekt).
- KADAJ R. 2001 - Wytyczne techniczne G-1.10. Poprawki odwzorowawcze państwowego układu współrzędnych, COGiK, Warszawa.
- POMYKOŁ M., PONIEWIERA M., PONIEWIERA A. 2003 - Transformacja map numerycznych między różnymi układami współrzędnych. Zeszyty naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, Gliwice.
- PONIEWIERA M. 2001 - Metodyka numerycznego opracowania aerotriangulacji w geodezyjnym układzie topocentrycznym. Praca doktorska, niepublikowana. Kraków.

- PONIEWIERA M. 2005 - Zastosowanie metody niezależnych modeli do transformacji map numerycznych. Kartografia numeryczna i informatyka geodezyjna. Materiały konferencyjne z I Ogólnopolskiej konferencji naukowo-technicznej, Rzeszów - Polańczyk, 28-30 wrzesień 2005 r. s. 193-202.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 28 października 2015 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej. Dz.U. 2015, poz. 1941.
- Rozporządzenie** Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych. Dz.U. 2012, poz. 1247.
- SITEK Z. 1991 - Fotogrametria ogólna i inżynierska. PPWK, Warszawa-Wrocław.
- SOKOŁA-SZEWIOŁA V. i in. 2017a. - Badania statutowe BK nr 06/050/BK17/0042. Ocena dokładności i opracowanie parametrów transformacji lokalnych układów współrzędnych prostokątnych płaskich stosowanych w przedsiębiorstwach górniczych do układu państwowego z oprogramowaniem w systemie klasy GIS. Politechnika Śląska.
- SOKOŁA-SZEWIOŁA V., PONIEWIERA M., ZYGMUNIAK A. 2017b. - Transformacja współrzędnych z układów stosowanych w kopalniach węgla kamiennego do układu państwowego na przykładzie PG „Silesia”. Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture, JCEEA, t. XXXIV, z. 64 (4/II/17).
- SOKOŁA-SZEWIOŁA V., PONIEWIERA M., STANIEK I. 2017c - Opracowanie bazy danych o obiektach budowlanych posadowionych na terenie górniczym z wykorzystaniem wolnego oprogramowania. „Przeгляд Górniczy” nr 12, s. 47-54.
- Ustawa** Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r., Dz.U. 2016 poz. 672.
- Ustawa** z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne. Dz.U. 1989 nr 30 poz. 163.
- www.geolisp.pl. 2018. System kopalnianych map numerycznych Geolisp.
- www.geonet.net.pl 2018. Algorytmy i rozwiązania informatyczne dla geodezji, kartografii, systemów GNSS.

Artykuł wpłynął do redakcji – październik 2018  
Artykuł akceptowano do druku 17.01.2019

**FTT WOLBROM®**

rok zał.  
1908

Twój wypróbowany partner!

**Innowacyjna  
droga  
rozwoju**

**110** LAT  
**1908-2018**

www.fttwolbrom.com.pl