

Dr inż. Robert Łuczyński
Politechnika Warszawska
Wydział Geodezji i Kartografii
Zakład Katastru i Gospodarki Nieruchomościami

Ewolucja kryteriów dokładnościowych położenia punktów granicznych w katastralnej bazie danych w Polsce

Streszczenie

W artykule przedstawiono historyczne i współczesne technologie oraz wymagania dokładnościowe, związane z pomiarami punktów i linii granicznych wykazywanych w katastralnej bazie danych w Polsce. W pracy dokonano analizy kryteriów dokładnościowych na przestrzeni ostatniego stulecia – sięgając od czasów międzywojennych, z uwzględnieniem katastralnych instrukcji technicznych obowiązujących w okresie międzywojennym, poprzez okres Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej, aż do czasów współczesnych. W pracy przedstawiono technologię odtwarzania pierwotnego położenia punktów granicznych z uwzględnieniem dopuszczalnych błędów, jakimi obarczone były dawne pomiary. Odtworzenie położenia punktu granicznego, bezpośrednio w aktualnie obowiązującym w Polsce układzie współrzędnych, wymaga uwzględnienia błędów wyrównania dawnych osnów oraz błędów, jakie były dopuszczalne podczas wykonywania pomiarów punktów granicznych w oparciu o osnowę pierwotną.

Technologie pomiarowe i wymagania dokładnościowe o okresie międzywojennym

W okresie międzywojennym, na obszarze Rzeczypospolitej obowiązywały następujące przepisy techniczne:

- Tymczasowa Instrukcja Techniczna z 1920 r. [1],
- Instrukcja Techniczna z 1926 r. [2] zastępująca Tymczasową Instrukcją [1] w ówczesnych województwach: białostockim, kieleckim, lubelskim, łódzkim, nowogrodzkim, poleskim, warszawskim, wołyńskim oraz w okręgu wileńskim,
- Instrukcja Katastralna II z 1927 r. obowiązująca na terenach dawnego zaboru pruskiego [3],
- Instrukcja Techniczna z 1931 r. obowiązująca na terenach dawnego zaboru austriackiego [4].

Na terenie Polski centralnej, na mocy instrukcji [1] i [2], obowiązywały kryteria dokładnościowe związane z pomiarami ciągów poligonowych, zestawione w tabelach 1 i 2.

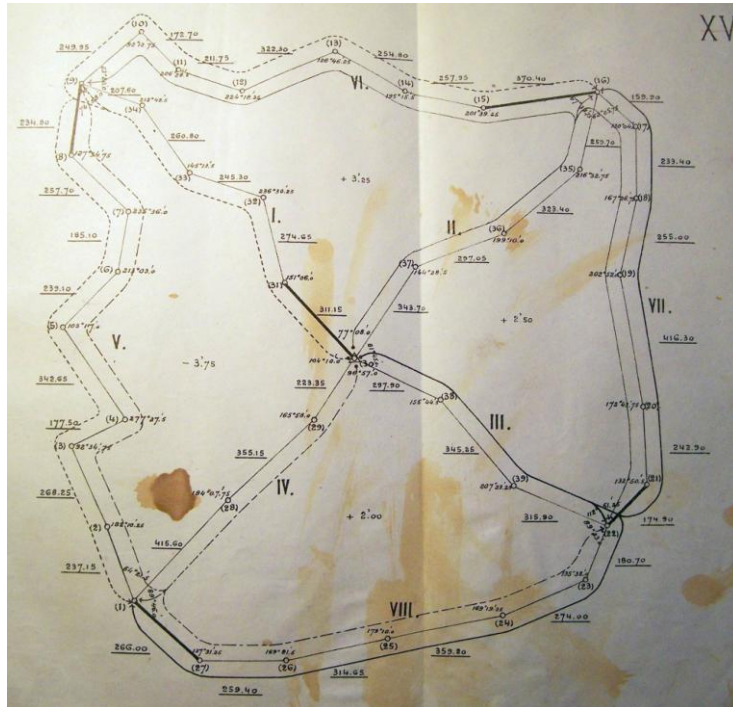
Tabela 1. Największe dopuszczalne liniowe odchyłki ciągów dla wybranych długości ciągu poligonowego; instrukcje [1], [2]

Długość ciągu [m]	Dopuszczalna odchyłka liniowa [m]
500	0.44
1000	0.72
2000	1.20
4000	2.10
6000	2.95

Tabela 2. Największe dopuszczalne odchyłki kątowe ciągów dla wybranej liczby kątów ciągu poligonowego; instrukcje [1], [2]

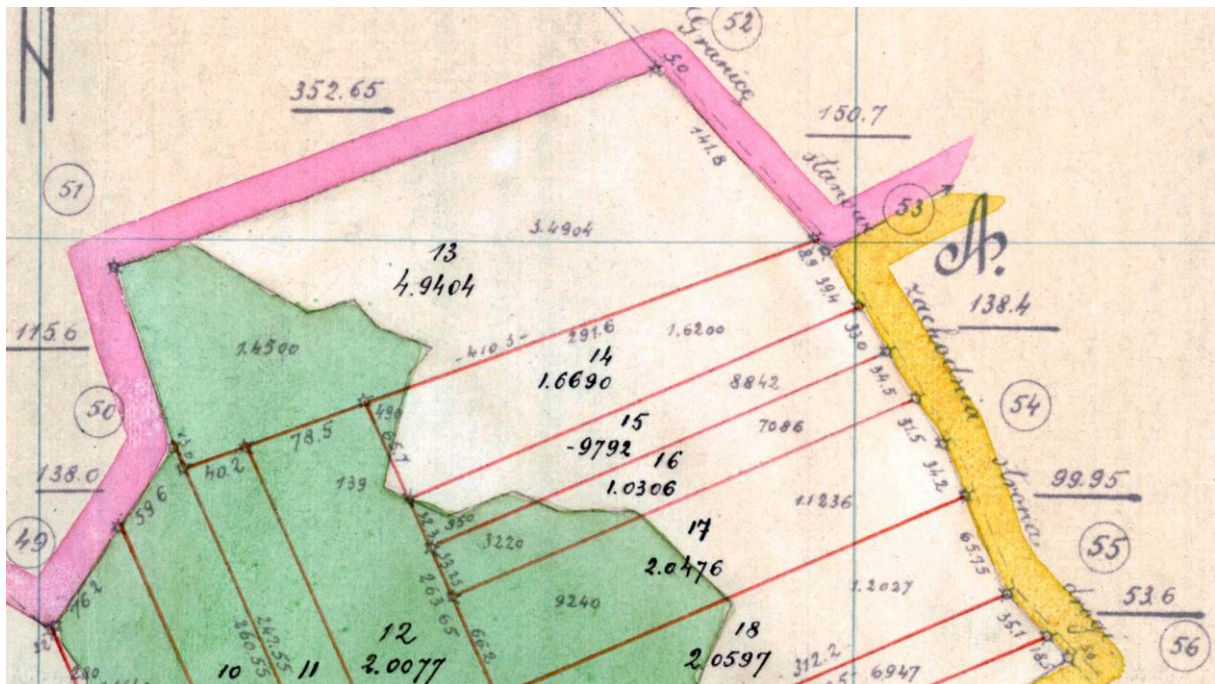
Liczba kątów	Dopuszczalna odchyłka kątowa [']
5	8.9
10	12.6
20	17.9
40	25.3
60	31.0

Kąty ciągów poligonowych obwodowych mierzono w dwóch położeniach lunety, jednoniutowym teodolitem, zaś boki taśmą stalową z dokładnością do 0.05 metra. Poligon obwodowy i poligony związkowe przedstawia rysunek 1. Pomiary punktów granicznych wykonywano z punktów poligonowych metodą ortogonalną, domiarów pod dowolnymi kątami taśmą oraz za pomocą przecięć.



Rysunek 1. Poligon obwodowy i poligony związkowe; instrukcja [1]

Fragment planu gruntów rozparcelowanego folwarku prywatnego Chrzanów w powiecie Janowskim w województwie Lubelskim, wykonanego w roku 1930 przez mierniczego przysięgłego inż. Wacława Nowaka, zgodnie z zapisami instrukcji [2], przedstawia rysunek 2.



Rysunek 2. Fragment planu gruntów z 1930 r.; ZKiGN GiK PW [5]

W województwach zachodnich obowiązywała instrukcja [3], która określała różnice dozwolone (d) dla dwóch pomiarów długości linii pomiarowej albo ciągu pomiarowego (s) w zależności od charakteru terenu:

I - w terenie płaskim: $d = 0.01\sqrt{4s - 0.005s^2}$

II - w terenie falistym: $d = 0.01\sqrt{6s - 0.0075s^2}$

III - w terenie bardzo nierównym: $d = 0.01\sqrt{8s - 0.01s^2}$

Przykładowo, dla linii $s = 465$ m dozwolona różnica wynosiła:

- dla terenu I - 0.54 m
- dla terenu II – 0.66 m
- dla terenu III – 0.77 m

Obowiązująca na obszarze województw południowych instrukcja [4] określała granice błędów dozwolonych Δl [cm], w zależności od długości l [m], przy sprawdzaniu granic własności na podstawie mapy katastralnej. Mapa katastralna, powstała ze zdjęć stolikowych stanowiła podstawę do ustalania stanu posiadania, obliczania powierzchni parcel przy wykonywaniu prac scaleniowych oraz odszukiwania i sprawdzania położenia punktów granicznych. Sprawdzanie położenia punktów granicznych odbywało się poprzez porównanie stanu na gruncie ze stanem na mapie katastralnej oraz poprzez pomiar odpowiadających sobie długości na gruncie i na mapie katastralnej. Różnice pomiarów, nie mogły przekraczać wartości obliczonej według wzoru: $\Delta l = 2(0.00015l + 0.005\sqrt{l} + 0.015)$, przy czym do obliczonej wartości należało dodać wielkość $S/5000$, gdzie S oznaczało mianownik skali mapy katastralnej.

Technologie pomiarowe i wymagania dokładnościowe po II Wojnie Światowej

Istniejąca w Polsce ewidencja gruntów i budynków została założona na podstawie nieobowiązujących obecnie przepisów - dekretu z 1955 [6] oraz instrukcji technicznej z 1962 r. [7].

Dla dokonania pomiarów punktów granicznych należało na mierzonej obszarze założyć osnowę szczegółową, nawiązaną do osnowy podstawowej. Przy zakładaniu osnowy szczegółowej stosowano zasadę, że osnowy szczegółowe o niższej dokładności, jak ciągi sytuacyjne, punkty i linie pomiarowe powinny opierać się na osnowach szczegółowych o wyższej dokładności, jak: punkty wcięte, punkty przeniesienia współrzędnych i ciągi główne.

Graniczna wielkość odchyłki kątowej poligonu określona w instrukcji [7] nie przekraczała wartości obliczonej ze wzoru $f_{kt} \leq 2m_0\sqrt{n_{kt}}$, gdzie: m_0 – dokładność pomiaru kąta przy danej długości ciągu; n_{kt} – liczba kątów w poligonie. Różnica (Δl) dwukrotnego pomiaru boku poligonowego nie przekraczała wartości średniego błędu pomiaru tego boku: $\Delta l \leq m_l$ gdzie: $m_l = u\sqrt{l}$, zaś: l – długość boku poligonowego; u – współczynnik błędów przypadkowych pomiarów liniowych.

Zgodnie z tabelą 3, największy dopuszczalny błąd wyznaczenia punktu poligonowego najmniej korzystnie położonego (środkowego punktu w ciągu poligonowym) w stosunku do punktu nawiązania wynosił 0.75 m (dla poligonizacji technicznej V klasy).

Tabela 3. Dopuszczalne błędy wyznaczenia punktu poligonowego według instrukcji [7]

Średni błąd położenia punktu względem punktu nawiązania (po wyrównaniu)	Poligonizacja techniczna I klasy – $m_p \leq 7.5$ cm II klasy – $m_p \leq 15$ cm III klasy – $m_p \leq 25$ cm IV klasy – $m_p \leq 50$ cm V klasy – $m_p \leq 75$ cm
---	---

Pomiary granic stanu władania dokonywano metodami domiarów prostokątnych, przedłużeń, poprzeczek oraz wcięć kątowych lub liniowych – w oparciu o osnowę szczegółową. Miary odczytywano z dokładnością do 0.10 m.

Kolejną instrukcją techniczną, która zaostrzyła kryteria dokładnościowe pomiarów osnow poziomych była instrukcja [8], zgodnie z którą największy dopuszczalny błąd położenia punktu po wyrównaniu wynosił 50 cm – dla osnowy pomiarowej na terenach rolnych. Dopuszczalne błędy położenia punktu względem punktu nawiązania według instrukcji [8] zawiera tabela 4.

Tabela 4. Dopuszczalne błędy osnow według instrukcji [8]

Średni błąd położenia punktu względem punktu nawiązania (po wyrównaniu)	Osnowa pozioma I klasy – $m_D < 5 \cdot 10^{-6}$ II klasy – $m_p \leq 5$ cm III klasy – $m_p \leq 10$ cm osnowa pomiarowa – $m_p \leq 20$ cm ($m_p \leq 50$ cm dla terenów rolnych)
--	--

Najnowsze technologie pomiarowe i wymagania dokładnościowe

Zgodnie z obowiązującym w Polsce rozporządzeniem [9], geodezyjne sytuacyjne pomiary terenowe wykonuje się metodami:

- 1) biegunową;
- 2) ortogonalną (domiarów prostokątnych);
- 3) wcięć kątowych, liniowych, kątowno-liniowych;
- 4) precyzyjnego pozycjonowania przy pomocy GNSS.

Najnowsze wymagania dokładnościowe osnów poziomych określa rozporządzenie [9] - względem osnowy pomiarowej oraz rozporządzenie [10] – względem osnów klas 1-3. Geodezyjne pomiary sytuacyjne wykonuje się w oparciu o punkty osnowy poziomej, a w przypadku gdy gęstość punktów do pomiarów jest niewystarczająca – osnowę uzupełnia się punktami osnowy pomiarowej. Średnie błędy położenia punktu osnowy względem punktu nawiązania osnowy poziomej klas 1-3 oraz osnowy pomiarowej przedstawia tabela 5.

Tabela 5. Średnie błędy położenia punktu osnowy według rozporządzeń [9], [10]

Średni błąd położenia punktu względem punktu nawiązania (po wyrównaniu)	Osnowa pozioma 1 klasy - $m_p \leq 1$ cm 2 klasy $m_p \leq 5$ cm 3 klasy $m_p \leq 10$ cm pomiarowa: $m_p \leq 10$ cm
--	--

Technologiczne aspekty wyznaczania położenia punktów pomiarowych

Zgodnie z rozporządzeniem [9] geodezyjne pomiary sytuacyjne, mające na celu wznowienie znaków granicznych lub wyznaczenie punktów granicznych, wykonuje się przy wykorzystaniu danych obserwacyjnych określających położenie tych znaków lub punktów granicznych w oparciu o osnowę pomiarową, jaka była wykorzystana do pozyskania tych danych (osnowa pierwotna). W przypadku niezachowania się osnowy pierwotnej, na skutek zniszczenia lub przemieszczenia jej punktów albo braku możliwości jej odtworzenia, geodezyjne pomiary sytuacyjne, mające na celu wznowienie znaków granicznych lub wyznaczenie punktów granicznych, wykonuje się w oparciu o opisy topograficzne tych punktów granicznych lub współrzędne tych punktów granicznych po ich uprzednim zharmonizowaniu w drodze matematycznej transformacji z układem odniesienia określonym przez punkty poziomej osnowy geodezyjnej oraz pomiarowej osnowy sytuacyjnej.

Wznowienie znaków granicznych. Lub wyznaczenie punktów granicznych może być realizowane przy pomocy globalnego systemu nawigacji satelitarnej „GNSS”, za pomocą techniki statycznej, szybkiej statycznej lub kinematycznej RTK lub RTN. Jak wynika z ekspertyzy sporządzonej na zlecenie Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii [11], podstawę jednolitości prac geodezyjnych i kartograficznych na obszarze Polski zapewnia, działający w Polsce od 2008 r., system ASG-EUPOS, który gwarantuje poprawność realizacji państwowego systemu odniesień przestrzennych.

Do wykonywania pomiarów metodą precyzyjnego pozycjonowania przy pomocy GNSS wykorzystuje się system ASG-EUPOS. Przed rozpoczęciem lub w trakcie każdej sesji pomiarowymi technikami kinematycznymi RTK oraz RTN wykonuje się pomiar kontrolny na co najmniej dwóch punktach poziomej osnowy geodezyjnej, zlokalizowanych w odległości nie większej niż 5 km od punktów będących przedmiotem pomiaru. Odchyłka liniowa ustalona na podstawie pomiaru kontrolnego nie może przekraczać 0.12 m w odniesieniu do współrzędnych prostokątnych płaskich.

Według Ryczywolskiego [12], metoda pomiarów RKT realizowana poprzez usługę NAWGEO serwisu ASG-EUPOS cechuje się precyzją wyznaczenia pozycji 0.03 – 0.05 m, w nawiązaniu do stacji referencyjnych, posiadających współrzędne w obowiązującym systemie odniesienia (ETRS). Rozpoczynając pomiar RTK, odbiornik ruchomy wykonuje tzw. inicjalizację, podczas której wyznacza swoją precyzyjną pozycję. Po inicjalizacji jest gotowy do pomiarów. Istnieje niewielkie prawdopodobieństwo wykonania przez odbiornik GNSS nieprawidłowej inicjalizacji. Skutkiem błędnej inicjalizacji będzie przesunięcie wszystkich pomierzonych punktów o stały wektor, którego długość jest wielokrotnością długości fali w systemie satelitarnym (około 20 cm). Z tego powodu, pomiar należy rozpocząć na punkcie kontrolnym o znanych współrzędnych.

Zgodnie z interpretacją GUGiK [13], czynności wznowienia znaku granicznego, lub wyznaczenia punktu granicznego, mają na celu odtworzenie na gruncie położenia tego znaku lub punktu na podstawie dokumentacji określającej jego pierwotne położenie, tj. w oparciu o te same punkty poziome osnowy geodezyjnej, która wykorzystana była do pomiaru pierwotnego oraz przy wykorzystaniu danych obserwacyjnych, pozyskanych w czasie pomiaru pierwotnego, w tym danych kontrolnych.

Dopiero w przypadku braku możliwości odtworzenia osnowy geodezyjnej, w oparciu o którą wykonano pomiar pierwotny, do wyznaczenia punktów granicznych może być wykorzystana osnowa istniejąca, po uprzednim przeprowadzeniu odpowiednich działań, mających na celu optymalizację dokładności współrzędnych wznawianych znaków granicznych lub wyznaczanych punktów granicznych w stosunku do osnowy aktualnej. Są to następujące działania:

- 1) wykonanie pomiarów geodezyjnych umożliwiających ponowne wyrównanie osnowy pierwotnej w nawiązaniu do aktualnej osnowy podstawowej lub szczegółowej, a następnie ponowne obliczenie współrzędnych punktów wyznaczanych,
- 2) transformacja współrzędnych punktów wyznaczanych w oparciu o odpowiednią liczbę punktów łącznych, których współrzędne obliczone są zarówno na podstawie pomiarów pierwotnych jak i pomiarów wykonanych w oparciu o osnowę aktualną, traktując układ współrzędnych pomiaru pierwotnego, jako układ pierwotny, zaś układ współrzędnych, w którym określone są współrzędne osnowy aktualnej, jako układ wtórny.

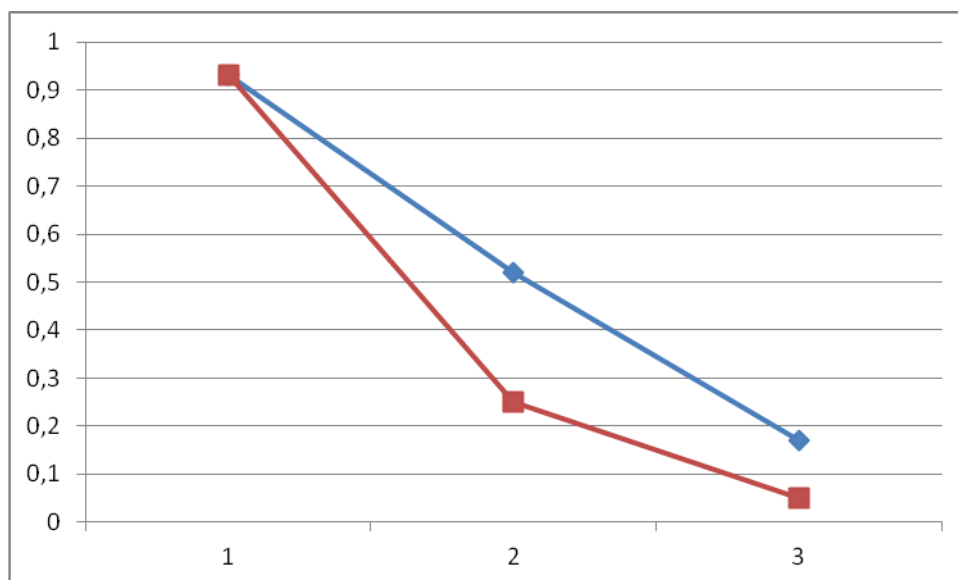
Pomiary w systemie ASG-EUPOS realizowane są poprzez stacje referencyjne nawiązywane bezpośrednio do podstawowej osnowy geodezyjnej, dzięki czemu nie istnieje potrzeba dodatkowego nawiązania do naziemnych punktów osnowy. Zależność ta stanowi jednakże istotny problem związany z wyznaczaniem położenia punktów granicznych, które zostały pierwotnie pomierzone nie bezpośrednio na podstawie osnowy podstawowej, lecz na podstawie osnów niższego rzędu, lub osnów w układach lokalnych. Zestawienie błędów położenia punktu granicznego z błędami względem osnów, w oparciu o które wykonywano pomiar punktów granicznych oraz błąd punktu granicznego wyznaczonego bezpośrednio z osnowy podstawowej ASG-EUPOS, przedstawia tabela 6. Błędy położenia punktu granicznego względem osnowy podstawowej zestawione w kolumnie piątej tabeli 6, obliczono z uwzględnieniem kryteriów dokładnościowych zestawionych w tabelach 3 – 5, wykorzystując wzór ogólny na błąd średni funkcji, realizowany jako pierwiastek sumy kwadratów błędów poszczególnych błędów dopuszczalnych względem poszczególnych klas osnów niższego rzędu.

Tabela 6. Zestawienie błędów położenia punktów osnów i punktów granicznych, opracowanie własne

Rodzaj osnowy	Błąd położenia punktu granicznego względem osnowy pomiarowej [m]	Błąd położenia punktu osnowy pomiarowej względem osnowy szczegółowej [m]	Błąd położenia punktu osnowy szczegółowej względem osnowy podstawowej [m]	Błąd położenia punktu granicznego względem osnowy podstawowej [m]
Poligonizacja techniczna, instrukcja [7], 1962 r.	0.20	0.75	0.50	0.93

Osnowa pozioma, instrukcja [8], 1988 r.	0.10	0.20 (miasto) 0.50 (wieś)	0.10	0.25 0.52
Osnowa pozioma, Rozporządzenie [9], 2011 r.	0.10	0.10	0.10	0.17
ASG EUPOS	-	-	-	0.05

Jak wynika z tabeli 6, błąd położenia punktu granicznego – pomierzonego z osnowy pomiarowej, wyrównanej do osnowy szczegółowej, która z dopuszczalnym błędem średnim została wyrównana do osnowy podstawowej – sięga blisko 1 metra. Bezpośredni pomiar ze współczesnej osnowy podstawowej ASG-EUPOS – teoretycznie prawie bezbłędny, powoduje zaniedbanie błędów wyrównania osnów pierwotnych i w praktyce – różnicę położenia punktu granicznego o około 1 metr. Błąd położenia punktu granicznego względem osnowy podstawowej z tabeli 6, zilustrowano na wykresie 1 (kolory z tabeli odpowiadają kolorom na wykresie). W osi pionowej przedstawiono błąd wyrażony w metrach. W osi poziomej przedstawiono trzy okresy dokładnościowe: 1 – 1962 r. 2 – 1988 r. 3 – 2012 r.

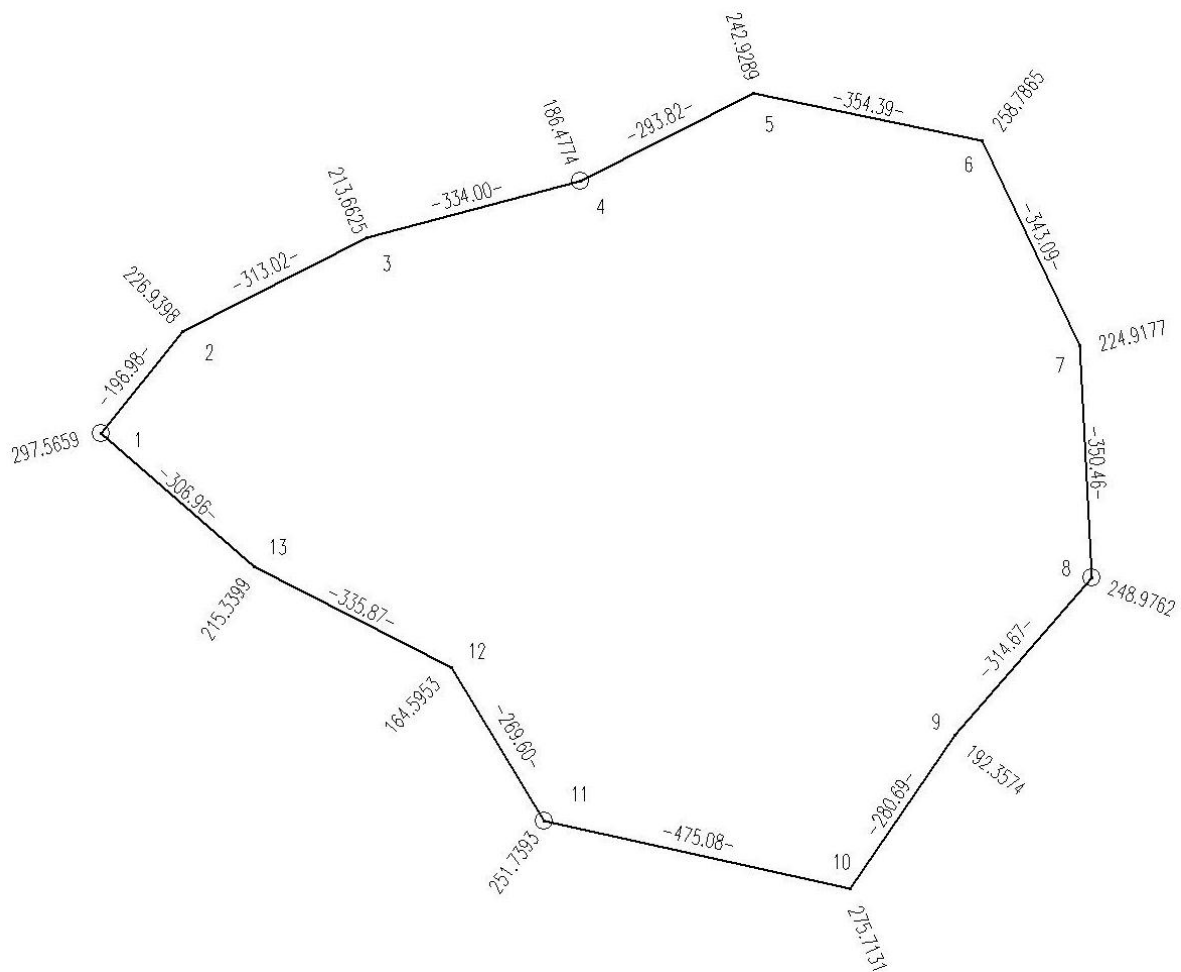


Wykres 1. Ewolucja kryteriów dokładnościowych; opracowanie własne.

Przykład optymalizacji dokładności współrzędnych wyznaczanych punktów granicznych

Przykład optymalizacji dokładności współrzędnych wyznaczanych punktów granicznych ma na celu praktyczne zilustrowanie, jak stopniowa utrata danych pierwotnych z pomiaru osnowy, wpływa na dokładność wyznaczenia punktów tej osnowy.

Rysunek 3 przedstawia rozmieszczenie 13 punktów osnowy. Wszystkie bezbłędne dane dotyczące tej osnowy – współrzędne punktów, kąty oraz odległości pomiędzy punktami są znane (tabela 7).



Rysunek 3.

Tabela 7.

Współrzędne prawdziwe			u=	0,008	m0=	0,0167	
Nr	X	Y	Długość boku	Max. błąd długości [m]	Kąt lewy	Max. błąd kąta [g]	
1	1000,00	1000,00					
2	1153,70	1123,20	196,98	0,11	226,9398	0,0167	
3	1296,00	1402,00	313,02	0,14	213,6625	0,0167	
4	1381,00	1725,00	334,00	0,15	186,4774	0,0167	
5	1514,00	1987,00	293,82	0,14	242,9289	0,0167	
6	1442,00	2334,00	354,39	0,15	258,7865	0,0167	
7	1132,00	2481,00	343,09	0,15	224,9177	0,0167	
8	782,00	2499,00	350,46	0,15	248,9762	0,0167	
9	545,00	2292,00	314,67	0,14	192,3574	0,0167	
10	313,00	2134,00	280,69	0,13	275,7131	0,0167	
11	415,00	1670,00	475,08	0,17	251,7393	0,0167	
12	646,00	1531,00	269,60	0,13	164,5953	0,0167	
13	799,00	1232,00	335,87	0,15	215,3399	0,0167	
1	1000,00	1000,00	306,96	0,14	297,5659	0,0167	
Max. odchyłka liniowa [m]:				0,52	Max. odchyłka kątowa [g]:		0,1204

Pierwszy wariant optymalizacji oparty jest na założeniu, że część znaków geodezyjnych punktów osnowy zostało zniszczonych, a współrzędne tych punktów nie są znane. Wariant ten stanowi realizację wytycznych [13] poprzez ponowne wyrównanie osnowy pierwotnej w nawiązaniu do aktualnej osnowy podstawowej lub szczegółowej, a następnie ponowne obliczenie współrzędnych punktów wyznaczanych. W celu wyznaczenia współrzędnych brakujących punktów, wykorzystuje się

znane współrzędne istniejących punktów ciągu oraz pełne dane pomiarowe ciągu. W wariancie pierwszym przyjęto, że zniszczone zostały punkty: 3p, 6p, 7p, 10p, 13p. W celu obliczenia współrzędnych tych punktów dokonano obliczeń 4 ciągów dwustronnie nawiązanych kątowno i liniowo. Wyniki obliczeń dokonanych w programie C-Geo zestawiono w tabelach 8 – 11.

Tabela 8

CIĄG DWUSTRONNIE NAWIĄZANY				
Punkty nawiązania :				
Numer	X	Y	Azymut	
1p	1000.05	999.95		
2p	1153.75	1123.15		
4p	1381.05	1724.95		
5p	1514.05	1986.95		
Dane ciągu				
Numer	Kąt	Bok	X	Y
2p	226.9560	313.10	1153.75	1123.15
3p	213.6800	333.90	1296.11	1402.03
4p	186.4650		1381.05	1724.95
Długość ciągu : 647.00				
Odchyłki ciągu:				
$f_k = 0.0212, f_l = 0.128,$				
$f_k \text{ max} = 0.0312, f_l \text{ max} = 0.192,$				
$f_x = 0.125, f_y = -0.028,$				

Tabela 9

CIĄG DWUSTRONNIE NAWIĄZANY				
Punkty nawiązania :				
Numer	X	Y	Azymut	
4p	1381.05	1724.95		
5p	1514.05	1986.95		
8p	782.05	2498.95		
9p	545.05	2291.95		
Dane ciągu				
Numer	Kąt	Bok	X	Y
5p	242.9130	354.45	1514.05	1986.95
6p	258.7710	343.00	1442.00	2334.00
7p	224.9030	350.40	1132.03	2480.96
8p	248.9610		782.05	2498.95
Długość ciągu : 1047.85				
Odchyłki ciągu:				
$f_k = -0.0614, f_l = 0.136,$				
$f_k \text{ max} = 0.0360, f_l \text{ max} = 0.240,$				
$f_x = -0.134, f_y = -0.022,$				

Tabela 10

CIĄG DWUSTRONNIE NAWIĄZANY				
Punkty nawiązania :				
Numer	X	Y	Azymut	
8p	782.05	2498.95		
9p	545.05	2291.95		
11p	415.05	1669.95		
12p	646.05	1530.95		
Dane ciągu				
Numer	Kąt	Bok	X	Y
9p	192.3660	280.60	545.05	2291.95
10p	275.7200	475.15	313.09	2134.00
11p	251.7440		415.05	1669.95
Długość ciągu : 755.75				
Odchyłki ciągu:				
$f_k = 0.0202, f_l = 0.113,$				
$f_k \max = 0.0312, f_l \max = 0.205,$				
$f_x = -0.111, f_y = 0.021,$				

Tabela 11

CIĄG DWUSTRONNIE NAWIĄZANY				
Punkty nawiązania :				
Numer	X	Y	Azymut	
11p	415.05	1669.95		
12p	646.05	1530.95		
1p	1000.05	999.95		
2p	1153.75	1123.15		
Dane ciągu				
Numer	Kąt	Bok	X	Y
12p	164.6100	335.96	646.05	1530.95
13p	215.3500	306.90	799.09	1231.88
1p	297.5600		1000.05	999.95
Długość ciągu : 642.86				
Odchyłki ciągu:				
$f_k = 0.0189, f_l = 0.088,$				
$f_k \max = 0.0312, f_l \max = 0.191,$				
$f_x = -0.084, f_y = -0.027,$				

W tabeli 12 zestawiono błędy prawdziwe otrzymanych z obliczeń współrzędnych punktów 3p, 6p, 7p, 10p, 13p, które zostały obliczone z uwzględnieniem dopuszczalnych błędów średnich pomiarów punktów osnowy, przy założeniu, że prawdziwe współrzędne punktów 3p, 6p, 7p, 10p, 13p – są znane. W wyniku przeprowadzonej analizy, otrzymano błędy prawdziwe punktów 3p, 6p, 7p, 10p, 13p otrzymane w wyniku obliczeń ciągów dwustronnie nawiązanych kątowe i linowo – sięgające w najgorszym przypadku - punkt 13p - 0.15 m.

Tabela 12

Współrzędne pomierzone				Współrzędne obliczone			
Nr	X	Y	Błąd prawdziwy	Nr	X	Y	Błąd prawdziwy
1p	1000,05	999,95	0,07				
2p	1153,75	1123,15	0,07				
4p	1381,05	1724,95	0,07	3p	1296,11	1402,03	0,11
5p	1514,05	1986,95	0,07				
8p	782,05	2498,95	0,07	6p	1442,00	2334,00	0,00
9p	545,05	2291,95	0,07	7p	1132,03	2480,96	0,05
11p	415,05	1669,95	0,07	10p	313,09	2134,00	0,09
12p	646,05	1530,95	0,07				
				13p	799,09	1231,88	0,15

Realizacja wariantu II, zgodnie z wytycznymi [13], polegała na transformacji współrzędnych punktów wyznaczanych w oparciu o odpowiednią liczbę punktów łącznych, których współrzędne obliczone są zarówno na podstawie pomiarów pierwotnych jak i pomiarów wykonanych w oparciu o osnowę aktualną, traktując układ współrzędnych pomiaru pierwotnego, jako układ pierwotny, zaś układ współrzędnych, w którym określone są współrzędne osnowy aktualnej, jako układ wtórny. Przyjęto, że znane są punkty 1p, 4p, 8p, 11p, zaś współrzędne pozostałych 9 z 13 punktów ciągu obliczono na podstawie transformacji. Wyniki analizy zestawiono w tabelach 13 – 14. Tabela 13 prezentuje raport z programu C-Geo, zaś tabela 14 przedstawia uzyskane błędy prawdziwe, sięgające w najgorszym przypadku – punkt 13t – 0.22 m.

Tabela 13

TRANSFORMACJA WSPÓŁRZĘDNYCH (AFINICZNA)							
Punkty dostosowania							
Nr p	Xp	Yp	Nr w	Xw	Yw		
1	1000.00	1000.00	1p	1000.05	999.95		
4	1381.00	1725.00	4p	1381.05	1724.95		
8	782.00	2499.00	8p	782.05	2498.95		
11	415.00	1670.00	11p	415.05	1669.95		
Punkty transformowane							
Nr p	Xp	Yp	Hp	Nr w	Xw	Yw	Hw
2p	1153.75	1123.15		2t	1153.80	1123.10	
3p	1296.11	1402.03		3t	1296.16	1401.98	
5p	1514.05	1986.95		5t	1514.10	1986.90	
6p	1442.00	2334.00		6t	1442.05	2333.95	
7p	1132.03	2480.96		7t	1132.08	2480.91	
9p	545.05	2291.95		9t	545.10	2291.90	
10p	313.09	2134.00		10t	313.14	2133.95	
12p	646.05	1530.95		12t	646.10	1530.90	
13p	799.09	1231.88		13t	799.14	1231.83	

Tabela 14

Wariant II - transformacja współrzędnych							
Współrzędne pomierzone				Współrzędne z transformacji			
Nr	X	Y	Błąd prawdziwy	Nr	X	Y	Błąd prawdziwy
1p	1000,10	999,90	0,07	2t	1153,80	1123,10	0,14
				3t	1296,16	1401,98	0,16
4p	1381,10	1724,90	0,07	5t	1514,10	1986,90	0,14
				6t	1442,05	2333,95	0,07
8p	782,10	2498,90	0,07	7t	1132,08	2480,91	0,12
				9t	545,10	2291,90	0,14
11p	415,10	1669,90	0,07	10t	313,14	2133,95	0,15
				12t	646,10	1530,90	0,14
				13t	799,14	1231,83	0,22

W tabeli 15 zestawiono błędy wyznaczenia położenia tych punktów, których współrzędne były obliczane w obu wariantach.

Tabela 15

Błędy wyznaczenia położenia punktów [m]					
Współrzędne prawdziwe			Błąd - wariant I	Błąd - wariant II	Różnica
Nr	X	Y			
1	1000,00	1000,00			
2	1153,70	1123,20			
3	1296,00	1402,00	0,11	0,16	0,05
4	1381,00	1725,00			
5	1514,00	1987,00			
6	1442,00	2334,00			
7	1132,00	2481,00	0,05	0,12	0,07
8	782,00	2499,00			
9	545,00	2292,00			
10	313,00	2134,00	0,09	0,15	0,06
11	415,00	1670,00			
12	646,00	1531,00			
13	799,00	1232,00	0,15	0,22	0,07

Z tabeli 15 wynika, że dokładniejszym rozwiązaniem wyznaczania współrzędnych nieznanymi punktów w stosunku do transformacji jest ponowne wyrównanie osnowy pierwotnej w nawiązaniu do aktualnej osnowy podstawowej lub szczegółowej, a następnie ponowne obliczenie współrzędnych punktów wyznaczanych.

Podsumowanie i wnioski

Stopniowe zaostrzenie kryteriów dokładnościowych pomiarów osnowy oraz pomiarów punktów granicznych potwierdza, że wyznaczanie pierwotnego położenia punktów granicznych powinno następować bezpośrednio z osnowy, w oparciu o którą punkty te zostały pierwotnie pomierzone. Bezpośrednie wyznaczenie pozycji punktu w nawiązaniu do ASG-EUPOS niweluje błędy osnowy, do której nawiązano pierwotny pomiar. W efekcie punkt, wyznaczony bezpośrednio z osnowy podstawowej ASG-EUPOS, bez uwzględnienia relacji tej osnowy z osnową pierwotną, nie będzie pokrywał się ze swoim pierwotnym położeniem.

Jak wynika z przeprowadzonej optymalizacji dokładności współrzędnych wyznaczanych punktów granicznych:

- w celu wyznaczenia położenia punktów granicznych należy zastosować działania odwrotne do zastosowanej technologii pomiarowej, na podstawie której punkty zostały pierwotnie pomierzone,
- największą dokładność wyznaczenia położenia punktów granicznych otrzymuje się wykorzystując te same punkty osnowy i te same dane obserwacyjne, które zostały wykorzystane do pomiaru pierwotnego,
- transformację współrzędnych powinno się stosować dopiero wtedy, kiedy nie ma danych do wyznaczenia współrzędnych punktów osnowy pierwotnej na podstawie wyrównania ciągu, lub wyrównania ścisłego poligonu związkowego;
- w przypadku konieczności zastosowania transformacji powinny zostać odnalezione i pomierzone wszystkie punkty poligonu (w całym obrębie), które pierwotnie zostały zastabilizowane, a ich położenie nie uległo zniszczeniu, przesunięciu lub uszkodzeniu,
- otrzymane błędy położenia wyznaczenia punktów granicznych (przekraczające dokładność pomiaru szczegółów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej) wskazują, że jeżeli w okręgu wyznaczonego błędu znajdują się trwałe szczegóły sytuacyjne, istnieje duże prawdopodobieństwo, że pokrywają się one z przebiegiem linii granicznych.

Bibliografia

1. Tymczasowa instrukcja techniczna dla geometrów, wykonywujących roboty miernicze przy pracach, prowadzonych przez Urzędy Ziemskie; Główny Urząd Ziemski, Warszawa, 1920.
2. Instrukcja techniczna do wykonywania robót mierniczych, związanych z przebudową ustroju rolnego na obszarze województw: białostockiego, kieleckiego, lubelskiego, łódzkiego, nowogrodzkiego, poleskiego, warszawskiego, wołyńskiego oraz na obszarze okręgu administracyjnego wileńskiego; Ministerstwo Reform Rolnych, Warszawa, 1926.
3. Instrukcja katastralna II obowiązująca na obszarze Województw: Poznańskiego, Pomorskiego i Górnośląskiej części Województwa Śląskiego, opracowana przez Wydział Mierniczy w Poznaniu na podstawie niemieckiej instrukcji II z 17 czerwca 1920 r. z uwzględnieniem zmian, wprowadzonych przez władze polskie, zatwierdzona rozporządzeniem Ministerstwa Skarbu z dnia 9 lipca 1926 r. L. DPO. 1474. IV. Warszawa, 1927.
4. Instrukcja techniczna obowiązująca przy wykonywaniu prac pomiarowych związanych z przebudową ustroju rolnego na obszarze województw: krakowskiego, lwowskiego, stanisławowskiego, tarnopolskiego oraz powiatów bielskiego i cieszyńskiego województwa śląskiego; Ministerstwa Reform Rolnych, Lwów, 1931.
5. Materiały archiwalne Zakładu Katastru i Gospodarki Nieruchomościami Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej.
6. Dekret z 1955 o ewidencji gruntów i budynków (Dz. U. z 1955 r. Nr 6, poz. 32; przepis uchylony).
7. Instrukcja techniczna o wykonywaniu robót geodezyjnych, związanych z pracami urządzeniowo-rolnymi i ewidencją gruntów na obszarach gromad, osiedli i miast nie stanowiących powiatów; Zarządzenie Ministra Rolnictwa z dnia 10 marca 1962 r.
8. Instrukcja techniczna O-1. Ogólne zasady wykonywania prac geodezyjnych, Warszawa, 1988
9. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego.
10. Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych.
11. Adamczewski Z., Albin J., Knoop H., Kujawa L., Oszczak S., Pachuta A., Siedlecki J., Śledziński J., Wesółowski S., „Rozwój podstawowych osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych w Polsce do 2020 roku” – Ekspertyza wykonana na zlecenie Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii, Warszawa, 2009
12. Ryczywolski M. „Wprowadzenie do systemu ASG-EUPOS”, Poznań, 2010
http://www.asgeupos.pl/webpg/graph/img/_news/00089/01.pps
13. GUGiK - „Wznawianie znaków granicznych i wyznaczanie punktów granicznych w trybie art. 39 ustawy z dnia 17 maja 1989 r. – Prawo geodezyjne i kartograficzne”, Biuletyn Informacyjny Głównego Geodety Kraju Nr 6, 2005

Treści przedstawione w niniejszym artykule zostały częściowo zaprezentowane przez Autora podczas sesji naukowej z okazji jubileuszu 90-lecia istnienia Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej w dniu 27.05.2011 r. Prezentacja z tego wydarzenia jest dostępna w zakładce Publikacje na stronie www.robertluczynski.com.