	iMapper Adam Marcisz, ul. Wodna 21B, 44-240 Żory, e-mail: imaper.biuro@gmail.com	NIP 651-105-44-48
Tytuł: iSquare	Dotyczy: Aplikacja do kontroli pomiaru oraz wyrównania współrzędnych budynków	Autor: Adam Marcisz Wersja: 1.0 Data utw.: 12 kwietnia 2013

POMIAR BIEGUNOWY WIERZCHOŁKÓW BUDYNKU Z PODWYŻSZONĄ DOKŁADNOŚCIĄ, POMIAR WSZYSTKICH CZOŁÓWEK ORAZ KONTROLA POMIARU POPRZEZ ŚCISLE WYRÓWNANIE OBSERWACJI

WSTĘP

Pomiar wszystkich narożników budynków metodą biegunową lub GPS jest bardzo często utrudniony i wymaga zakładania dodatkowych stanowisk lub innych rozwiązań, które zagwarantują wymaganą dokładność pomiaru. Wielkość dopuszczalnej odchyłki liniowej pomiędzy pomierzonymi narożnikami budynków oraz zmierzoną miarą czołową – 0.12 m, stanowi kontrolę pomiaru biegunowego lub GPS lecz nie gwarantuje poprawności geometrii budynków. Sytuacje takie są widoczne szczególnie w przypadku wnęk, krótkich boków, elementów wystających budynku oraz narożników, do których był utrudniony dostęp. W takich przypadkach wskazany jest pomiar ortogonalny zwłaszcza, że dopuszczalny błąd pomiaru jest znacznie większy niż dopuszczalny błąd przewidziany w Polskich Normach Budowlanych dla realizacji obiektów murowanych 2 mm / 1m. Rozporządzenie w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych dopuszcza taką możliwość pod warunkiem przeprowadzenia analizy matematycznej i udokumentowania, że przyjęta technika pomiaru zapewnia wymaganą przepisami dokładność.

ZAŁOŻENIA


- Wszystkie widoczne punkty budynku są pomierzone tachimetrycznie na osnowę geodezyjną z dokładnością:
 - Błąd pomiaru długości: $m_d = 0.01 \text{ m} + 0.002 \text{ m} / 100 \text{ m}$
 - Błąd pomiaru kąta: $m_\alpha = 0.0060'' = 0.00009425 \text{ rad}$

Zgodnie ze wzorem na obliczenie błędu pikietki pomierzonej metodą biegunową § 33.2 Rozporządzenia $m_p = \sqrt{(m_d^2 + d^2 * m_\alpha^2)}$, otrzymujemy następujące błędy pomiaru pikietki dla zadanych odległości – d:

- $m_p (100 \text{ m}) = \sqrt{(0.012^2 + 100^2 * 0.00009425^2)} = 0.015 \text{ m}$
- $m_p (200 \text{ m}) = 0.023 \text{ m}$
- $m_p (300 \text{ m}) = 0.032 \text{ m}$
- $m_p (400 \text{ m}) = 0.042 \text{ m}$
- $m_p (500 \text{ m}) = 0.051 \text{ m}$

Można przyjąć graniczne założenie, że punkty oddalone od punktu osnowy nie więcej niż 500 m zostały wyznaczone z dokładnością $m_p = 0.05 \text{ m}$

- Pomierzone biegunowo są przynajmniej trzy punkty budynku – najlepiej rozrzucone po obwodzie.
- Miary czołowe zostały pomierzone z dokładnością 0.03 m.
- Niewidoczne, dla pomiaru biegunowego, punkty budynku zostały pomierzone ortogonalnie z dokładnością rzędnych i odciętych 0.05 m, co daje błąd względem punktów pomierzonych tachimetrycznie: $m_p = \sqrt{(0.05^2 + 0.05^2)} = 0.071 \text{ m}$.
- Dokładność wyznaczenia kąta wynika z dokładności wyznaczenia punktów narożnych budynku metodą ortogonalną $m_p = 0.071 \text{ m}$. Wartość tę można przyjąć jako odchyłkę

	iMapper Adam Marcisz, ul. Wodna 21B, 44-240 Żory, e-mail: imaper.biuro@gmail.com	NIP 651-105-44-48
Tytuł: iSquare	Dotyczy: Aplikacja do kontroli pomiaru oraz wyrównania współrzędnych budynków	Autor: Adam Marcisz Wersja: 1.0 Data utw.: 12 kwietnia 2013

liniową pomiaru kąta i przeliczyć na odchyłkę kątową w zależności od odległości wyznaczonego punktu – d:

- $m_{\alpha} (5 \text{ m}) = \arctan(0.071 / 5) = 0.9039^{\circ}$
- $m_{\alpha} (10 \text{ m}) = \arctan(0.071 / 10) = 0.4520^{\circ}$
- $m_{\alpha} (25 \text{ m}) = \arctan(0.071 / 25) = 0.1808^{\circ}$
- Zgodnie z prawem przenoszenia się błędów, błąd punktu wyznaczonego ortogonalnie lub z wcięcia liniowego względem punktów osnowy geodezyjnej wynosi:

$$m_p = \sqrt{(0.051^2 + 0.071^2)} = 0.087 \text{ m.}$$

KONTROLA

Kontrolą dla punktów wyznaczonych w ww. sposób są:

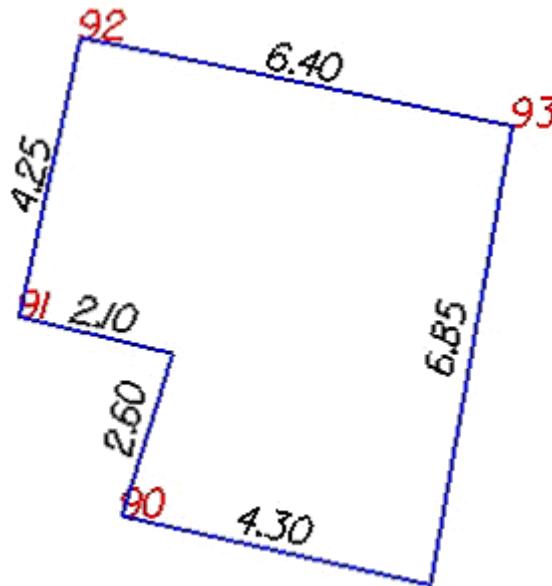
- Miary czołowe pomiędzy wierzchołkami budynku pomierzonymi biegunowo. Dla punktów pomierzonych z dokładnością wyższą niż standardowa – 0.05 m oraz dla miar czołowych pomierzonych z dokładnością 0.03 m odchyłka nie powinna przekraczać wartości: $m_p = \sqrt{(0.05^2 + 0.05^2 + 0.03^2)} = 0.077 \text{ m.}$
- Wyrównanie współrzędnych i obserwacji z wykorzystaniem metody najmniejszych kwadratów oraz pełna matematyczna analiza dokładności otrzymanych wyników. Wyrównanie to przeprowadzane jest dwuetapowo:
 - Obliczenie przybliżonych współrzędnych punktów wierzchołkowych budynku. Na tym etapie wykonywana jest wstępna analiza prostopadłości ścian budynku. Przyjmując jako wartość graniczną odchyłkę liniową ustaloną pomiędzy punktami pomierzonymi biegunowo:

$$m_l = \sqrt{(0.10^2 + 0.10^2)} = 0.141 \text{ m.}$$
 Jeżeli dla jakiegoś punktu wartość tej odchyłki jest przekroczona oraz punkt ten nie jest pomierzony tachimetrycznie, sytuacja taka jest sygnalizowana i dalsze obliczenia nie są wykonywane.
 - Ścisłe wyrównanie współrzędnych i obserwacji. Na tym etapie tworzony jest pełny raport z procesu wyrównania, zawierający następujące informacje:
 - Dane początkowe:
 - ✓ Wykaz współrzędnych punktów pomierzonych biegunowo.
 - ✓ Wykaz przybliżonych współrzędnych punktów pomierzonych ortogonalnie.
 - ✓ Stwierdzone na podstawie współrzędnych przybliżonych, kąty pełne.
 - ✓ Pomierzone czołówki.
 - Dane końcowe:
 - ✓ Wyrównane obserwacje oraz obliczone poprawki.
 - ✓ Maksymalna odchyłka liniowa.
 - ✓ Współczynnik m_0 .
 - ✓ Wyrównane współrzędne punktów wraz z błędem położenia względem osnowy geodezyjnej.
- Analiza wyników wyrównania pozwala skontrolować współrzędne punktów pomierzonych biegunowo, poprawność pomierzonych czołówek oraz poprawność całej geometrii budynku. Wyznaczone odchyłki dla kątów, czołówek oraz wielkość

iM	iMapper Adam Marcisz, ul. Wodna 21B, 44-240 Żory, e-mail: imaper.biuro@gmail.com	NIP 651-105-44-48
Tytuł:	iSquare	Autor: Adam Marcisz
Dotyczy:	Aplikacja do kontroli pomiaru oraz wyrównania współrzędnych budynków	Wersja: 1.0
		Data utw.: 12 kwietnia 2013

współczynnika m_0 określają czy założenie prostopadłości budynku jest słuszne. Poniżej przykładowe rysunki oraz raporty z kontroli poprawności pomiaru budynku:

Przykład 1 – biegunowo zostały pomierzone cztery punkty budynku.



ANALIZA POMIARU WIERZCHOŁKÓW BUDYNKU

PUNKTY POMIARZONE NA OSNOWĘ

NR	X [m]	Y [m]	Błąd [m]
90	5713274.96	4535646.10	0.05
91	5713277.91	4535644.61	0.05
92	5713282.07	4535645.50	0.05
93	5713280.76	4535651.77	0.05

PUNKTY POMIARZONE ORTOGONALNIE (przybliżone)

NR	X [m]	Y [m]
wb1	5713277.51	4535646.67
wb2	5713274.06	4535650.30

STWIERDZONE KĄTY PROSTE

LEWY	PRAWY	CENT	KĄT [g]	Błąd [g]
92	wb1	91	100.0000	1.0640
91	90	wb1	300.0000	1.7331
wb1	wb2	90	100.0000	1.0509
90	93	wb2	100.0000	0.6592
wb2	92	93	100.0000	0.6592
93	91	92	100.0000	0.7057

POMIARZONE CZOŁÓWKI



Tytuł: iSquare

Autor: Adam Marcisz

Dotyczy: Aplikacja do kontroli pomiaru oraz wyrównania współrzędnych budynków

Wersja: 1.0

Data utw.: 12 kwietnia 2013

START	KONIEC	DŁ [m]	Błąd [m]
92	91	4.25	0.03
91	wb1	2.10	0.03
wb1	90	2.60	0.03
90	wb2	4.30	0.03
wb2	93	6.85	0.03
93	92	6.40	0.03

WYRÓWNANE OBSERWACJE ORAZ POPRAWKI

LP	PRZED	PO	POPRAWKA
1	100.0000	99.6372	-0.36277
2	300.0000	300.7206	0.72062
3	100.0000	99.6500	-0.35004
4	100.0000	100.1552	0.15521
5	100.0000	99.4644	-0.53562
6	100.0000	100.3726	0.37259
7	4.25	4.25	-0.002
8	2.10	2.09	-0.012
9	2.60	2.59	-0.015
10	4.30	4.31	0.013
11	6.85	6.86	0.009
12	6.40	6.40	0.005

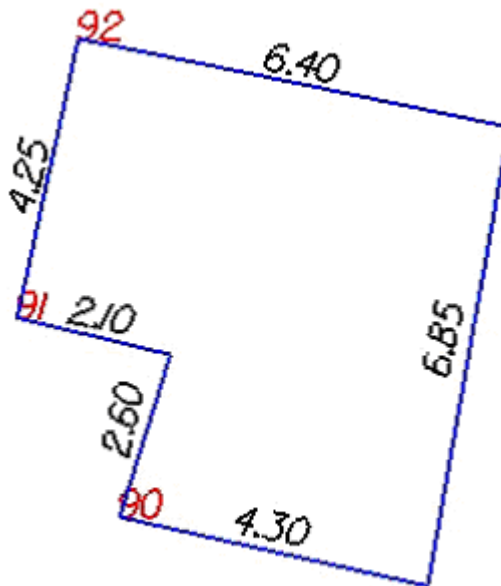
MAXYMALNA ODCHYLEŃKA LINIOWA $dL_{max} = 0.015$ mWSPÓŁCZYNNIK $m_0 = 0.325$

WYRÓWNANE WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW BUDYNKU

NR	X [m]	Y [m]	Błąd [m]
92	5713282.07	4535645.50	0.050
91	5713277.91	4535644.61	0.050
wb1	5713277.49	4535646.65	0.059
90	5713274.96	4535646.10	0.050
wb2	5713274.06	4535650.32	0.061
93	5713280.76	4535651.77	0.050

iM	iMapper Adam Marcisz, ul. Wodna 21B, 44-240 Żory, e-mail: imaper.biuro@gmail.com	NIP 651-105-44-48
Tytuł: iSquare	Dotyczy: Aplikacja do kontroli pomiaru oraz wyrównania współrzędnych budynków	Autor: Adam Marcisz Wersja: 1.0 Data utw.: 12 kwietnia 2013

Przykład 2 – biegunowo zostały pomierzone trzy punkty budynku.



ANALIZA POMIARU WIERZCHOŁKÓW BUDYNKU

PUNKTY POMIARZONE NA OSNOWĘ

NR	X[m]	Y[m]	Błąd[m]
90	5713274.96	4535646.10	0.05
91	5713277.91	4535644.61	0.05
92	5713282.07	4535645.50	0.05

PUNKTY POMIARZONE ORTOGONALNIE (przybliżone)


NR	X[m]	Y[m]
wb1	5713277.51	4535646.67
wb2	5713274.03	4535650.30
wb3	5713280.73	4535651.76

STWIERDZONE KĄTY PROSTE

LEWY	PRAWY	CENT	KĄT [g]	Błąd [g]
92	wb1	91	100.0000	1.0640
91	90	wb1	300.0000	1.7331
wb1	wb2	90	100.0000	1.0510
90	wb3	wb2	100.0000	0.6592
wb2	92	wb3	100.0000	0.6592
wb3	91	92	100.0000	0.7062

POMIARZONE CZOŁÓWKI

START	KONIEC	DŁ [m]	Błąd [m]
92	91	4.25	0.03
91	wb1	2.10	0.03
wb1	90	2.60	0.03
90	wb2	4.30	0.03
wb2	wb3	6.85	0.03

	iMapper Adam Marcisz, ul. Wodna 21B, 44-240 Żory, e-mail: imaper.biuro@gmail.com	NIP 651-105-44-48
Tytuł: iSquare	Dotyczy: Aplikacja do kontroli pomiaru oraz wyrównania współrzędnych budynków	Autor: Adam Marcisz Wersja: 1.0 Data utw.: 12 kwietnia 2013


	wb3	92	6.40	0.03
WYRÓWNANE OBSERWACJE ORAZ POPRAWKI				
LP	PRZED	PO	POPRAWKA	
1	100.0000	99.6567	-0.34328	
2	300.0000	300.8157	0.81566	
3	100.0000	99.9193	-0.08075	
4	100.0000	99.8357	-0.16431	
5	100.0000	99.7886	-0.21144	
6	100.0000	99.9841	-0.01589	
7	4.25	4.25	-0.002	
8	2.10	2.09	-0.007	
9	2.60	2.58	-0.015	
10	4.30	4.30	0.001	
11	6.85	6.85	-0.004	
12	6.40	6.40	-0.001	
MAXYMALNA ODCHYLENIA LINIOWA $dL_{max} = 0.015$ m				
WSPÓŁCZYNNIK $m_0 = 0.217$				
WYRÓWNANE WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW BUDYNKU				
	NR	X [m]	Y [m]	Błąd [m]
	92	5713282.07	4535645.50	0.050
	91	5713277.91	4535644.61	0.050
	wb1	5713277.48	4535646.66	0.060
	90	5713274.96	4535646.10	0.050
	wb2	5713274.04	4535650.30	0.069
	wb3	5713280.72	4535651.76	0.070

- Raport z analizy matematycznej umożliwia weryfikację wszystkich obserwacji oraz pozwala określić błędy wyznaczenia współrzędnych punktów względem punktów osnowy geodezyjnej. Zawiera on wszystkie dane wejściowe i umożliwia przeprowadzenie kontroli obliczeń w niezależnym oprogramowaniu.
- Podobnie jak w zamieszczonym przykładzie, jeżeli mamy pomierzone biegunowo więcej niż trzy wierzchołki budynku, możemy kontrolnie przeprowadzić obliczenia z wyłączeniem któregoś z punktów, a następnie porównać otrzymane wyniki:

	PRZYKŁAD 1		PRZYKŁAD 2		dX	dY
wb1	5713277.49	4535646.65	wb1	5713277.48	4535646.66	0.01 -0.01
wb2	5713274.06	4535650.32	wb2	5713274.04	4535650.30	0.02 0.02
93	5713280.76	4535651.77	wb3	5713280.72	4535651.76	0.04 0.01

WNIOSKI

- Zgodnie z wyjaśnieniami GUGiK sytuacje takie są dopuszczalne: „*W przypadku, gdy punkt załamania budynku nie jest dostępny do wykonania jego pomiaru zgodnie z wyżej wymienioną zasadą, jego pomiar może być wykonany w oparciu o inne punkty, należące do tego budynku, pomierzone z dokładnością wyższą niż dokładność standardowa, zapewniającą wyznaczenie tego punktu niedostępnego z dokładnością 0,10 m względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej lub sytuacyjnej osnowy pomiarowej.*”

	iMapper Adam Marcisz, ul. Wodna 21B, 44-240 Żory, e-mail: imaper.biuro@gmail.com	NIP 651-105-44-48
Tytuł: iSquare	Dotyczy: Aplikacja do kontroli pomiaru oraz wyrównania współrzędnych budynków	Autor: Adam Marcisz Wersja: 1.0 Data utw.: 12 kwietnia 2013

- Do analizy błędu wyznaczenia niedostępnego punktu załamania budynku przyjęto graniczne błędy pomiarowe dla maksymalnej celowej 500 m oraz dla maksymalnej długości boku budynku 25 m. W rzeczywistości graniczna długość celowej oraz długość boku budynku będą mniejsze, a co za tym idzie błędy współrzędnych względem osnowy geodezyjnej powinny być również mniejsze.