INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/2011, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 41–51
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Klemens Godek, Waldemar Krupiński

ANALIZA DOKŁADNOŚCI POMIARÓW WYKONYWANYCH PRECYZYJNYM TACHIMETREM ELEKTRONICZNYM W UJĘCIU STATYSTYKI MATEMATYCZNEJ

ACCURACY ANALYSIS, OF MEASUREMENTS MADE BY PRECISE ELECTRONIC TOTAL STATION IN THE APPROACH OF MATHEMATICAL STATISTICS RESEARCH

Streszczenie

Aby sprawdzić poprawność pomiarów wykonywanych precyzyjnym tachimetrem elektronicznym Leica TC 2003, wykonano pomiary testowe polegające na 36-cio krotnym pomiarze odległości oraz kątów poziomych, które mierzono w dwóch położeniach lunety.

Do badania zgodności rozkładu błędów doświadczalnych z teoretycznym rozkładem N(0;1), co świadczyłoby o poprawności działania badanego sprzętu, zastosowano dwie metody badań statystycznych:

1. obliczając parametry rozkładu: a) spłaszczenie „ e”
b) asymetrię „S”

oraz ich błędy średnie,

2. statystyczny test zgodności Andersona-Darlinga.

Z przeprowadzonych pomiarów oraz badań statystycznych wyciągnięto wnioski co do poprawności pomiarów wykonywanych badanym sprzętem.

Słowa kluczowe: współczynnik spłaszczenia (ekscesu), współczynnik asymetrii (skośności), test statystyczny, hipoteza zerowa

Summary

To verify the precision of measurements made with a precise electronic total station Leica TC 2003, test measurements consisting of 36-fold measurement of distances and horizontal angles were taken, measurements were made in two telescope positions.

To examine the compatibility of the distribution of experimental errors with the theoretical distribution N (0;1), which would indicate a proper working of the tested equipment, two methods of statistical surveys were used:

1. calculating the distribution parameters: a) flattening „ e"
b) assymetry „S"
and their average errors,

2. Anderson-Darling statistical test of compatibility .

The study allowed to conclude correctness of results obtained from measurements with the tested instrument.

***Key words**: coefficient of flattening (of excess), coefficient of asymmetry (of skewness), statistical test, the null hypothesis*

WPROWADZENIE

Osiągnięty obecnie stan precyzji w budowie tachimetrów elektronicznych powoduje, że dokładność wykonania pomiaru kąta jest większa niż zakłócający wpływ środowiska [Piasek 2000], dlatego dalsze unowocześnianie konstrukcji tachimetrów powinno iść w kierunku zwiększenia komfortu wykonywania pomiarów geodezyjnych.. Odchylenie standardowe pomiaru kąta oraz dokładność pomiaru odległości są podawane przez producenta dla dobrych warunków atmosferycznych. Przy określaniu dokładności użytkowej danego instrumentu stosuje się metody testowe określone według nowej Polskiej Normy PN/ISO8322 [Pawłowski W. 1997]. Celem ustalenia dokładności użytkowej instrumentu geodezyjnego jest uzyskanie odpowiedzi na pytanie czy jest ona odpowiednia do podejmowanych zadań inżynierskich.

W celu sprawdzenia prawidłowości pomiarów odległości oraz kątów poziomych wykonywanych precyzyjnym tachimetrem elektronicznym LEICA TC 2003, wykonano pomiary testowe oraz opracowano statystycznie wyniki tych pomiarów.

Pomiaru boku dokonano zgodnie z instrukcją G1 w trzech seriach po 12 pomiarów w każdej serii. Seria pomiarowa stanowi komplet czynności i odczytów niezbędnych do wyznaczenia długości pojedynczego boku osnowy. Długości zostały mierzone każdorazowo przy centrycznych ustawieniach instrumentu i lustra [Piasek Z. 2000].

Pomiaru kątów poziomych dokonano w 36-ciu seriach, w dwu położeniach lunety.

Tachimetr zintegrowany TC 2003 jest to instrument o najwyższej precyzji pomiarów, idealny do pomiaru odkształceń budowli inżynierskich oraz wszędzie tam gdzie jest potrzeba najwyższej precyzji i pewności pomiarów. Tachimetr TC 2003 posiada specjalnie zaprojektowany system pomiarowy, który umożliwia osiąganie dokładności w pomiarach kątowych na poziomie ±0,5" [Opracowanie redakcyjne 2000]. Tachimetr ten wyposażony jest w współosiowy dalmierz precyzyjny, który przy użyciu odpowiedniego pryzmatu i dodatkowych akcesoriów pozwala na osiągnięcie dokładności pomiaru odległości 1mm+1ppm [Opracowanie redakcyjne 2000].

Wykonane pomiary testowe zintegrowanym tachimetrem TC 2003 pozwolą na określenie dokładności użytkowej jaką można uzyskać w określonych warunkach terenowych przy zastosowaniu odpowiedniej techniki pomiaru i dodatkowego sprzętu geodezyjnego.

TEORETYCZNE PODSTAWY TESTÓW

Wyniki pomiarów poddano analizie statystycznej w postaci:

1. obliczenia współczynników spłaszczenia i asymetrii rozkładu oraz ich błędów średnich [Greń 1970], [Krysicki i in. 1986].
2. testu zgodności Andersona-Darlinga [Kasietczuk 1993].

Ad. 1. Obliczenie współczynników:

a) spłaszczenia (eksces) e

b) asymetrii (skośność) S oraz ich błędów średnich m_e i m_S

Obliczeń dokonano za pomocą wzorów:

$$e = \left\{ \frac{n(n-1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{x_i - \overline{x}}{\sigma} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)\cdot(n-3)} \tag{1}$$

$$S = \frac{n}{(n-1)\cdot(n-2)} \cdot \sum_{i=1} \left(\frac{x_i - \overline{x}}{\sigma} \right)^3 \tag{2}$$

$$m_e = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}} \tag{3}$$

$$m_s = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} \tag{4}$$

W celu sprawdzenia czy rozkład empiryczny błędów pomiarowych jest zgodny z założonym rozkładem teoretycznym, w tym przypadku normalnym, co decydowałoby o poprawności wykonywanych pomiarów testowych, należy porównać odpowiednie parametry rozkładu normalnego.

Dla standaryzowanego rozkładu normalnego wartości parametrów wynoszą:

e = 0 oraz S = 0

Jeżeli różnice między wartościami empirycznymi a teoretycznymi rozkładu nie przekraczają dwukrotnej wartości ich błędów średnich, można przyjąć hipotezę H_0 o zgodności rozkładu empirycznego z rozkładem normalnym [Ney B. 1970].

W przypadku przeciwnym hipotezę zerową H_0 należy odrzucić na określonym poziomie istotności.

Ad. 2. Test Andersona – Darling jest jednym z testów badania zgodności rozkładu empirycznego z rozkładem normalnym.

Jest on modyfikacją testu Cramera – von Misesa dokonaną w celu poprawy jego czułości na krańcach przedziałów.

Statystykę Andersona – Darlinga określa wzór:

$$A^2 = n\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{[F_n(x) - F(x)]^2}{F(x)(1-F(x))} dF(x) \tag{5}$$

gdzie:

$F_n(x)$ – dystrybuanta rozkładu empirycznego

$F(x)$ – dystrybuanta rozkładu normalnego

n – liczność próby (ilość pomiarów)

W praktyce korzysta się ze wzoru:

$$A^2 = \frac{-\left[\sum_{i=1}^{n}(2i-1)[\ln z_i + \ln(1 - z_{n+1-i})]\right]}{n} - n \tag{6}$$

oraz:

$$A_1^2 = \left(1 + \frac{4}{n} - \frac{25}{n^2}\right) \cdot A^2 \tag{7}$$

gdzie:

$z_i = F(u_i)$

$F(u)$ – dystrybuanta rozkładu $N(0; 1)$

Statystyka krytyczna A^2_{1kryt} testu Andersona – Darlinga dla poziomu istotności 0,05 wynosi 0,787 a ponieważ test jest prawostronny, więc w przypadku gdy wyznaczona statystyka A^2_1 jest większa od krytycznej $A^2_{1kryt} = 0{,}787$ - hipotezę normalności badanego rozkładu odrzucamy; w przypadku przeciwnym można przyjąć, że badany rozkład jest rozkładem normalnym.

WYNIKI POMIARÓW I OBLICZENIA TESTOWE

Tabela 1. Wyniki pomiarów długości i obliczenia współczynników spłaszczenia oraz asymetrii

n	x_i [m]	$x_i - \overline{x}$	u_i	$(u_i)^3$	$(u_i)^4$	
1	156,714	-0,0024	-1,620	-4,255	6,895	$\overline{x} = 156{,}7164$
2	156,714	-0,0024	-1,620	-4,255	6,895	$V(x) = 0{,}00000212$
3	156,714	-0,0024	-1,620	-4,255	6,895	$\sigma = 0{,}0014570$
4	156,714	-0,0024	-1,620	-4,255	6,895	$S = -0{,}0899$
5	156,714	-0,0024	-1,620	-4,255	6,895	$e = -0{,}8557$
6	156,715	-0,0014	-0,934	-0,815	0,761	$m_S = 0{,}3815$
7	156,715	-0,0014	-0,934	-0,815	0,761	$m_e = 0{,}7035$
8	156,715	-0,0014	-0,934	-0,815	0,761	
9	156,715	-0,0014	-0,934	-0,815	0,761	
10	156,715	-0,0014	-0,934	-0,815	0,761	
11	156,716	-0,0004	-0,248	-0,015	0,004	
12	156,716	-0,0004	-0,248	-0,015	0,004	
13	156,716	-0,0004	-0,248	-0,015	0,004	
14	156,716	-0,0004	-0,248	-0,015	0,004	
15	156,716	-0,0004	-0,248	-0,015	0,004	
16	156,716	-0,0004	-0,248	-0,015	0,004	
17	156,716	-0,0004	-0,248	-0,015	0,004	
18	156,716	-0,0004	-0,248	-0,015	0,004	
19	156,716	-0,0004	-0,248	-0,015	0,004	
20	156,717	0,0006	0,438	0,084	0,037	
21	156,717	0,0006	0,438	0,084	0,037	
22	156,717	0,0006	0,438	0,084	0,037	
23	156,717	0,0006	0,438	0,084	0,037	
24	156,717	0,0006	0,438	0,084	0,037	
25	156,717	0,0006	0,438	0,084	0,037	
26	156,717	0,0006	0,438	0,084	0,037	
27	156,717	0,0006	0,438	0,084	0,037	
28	156,718	0,0016	1,125	1,423	1,601	
29	156,718	0,0016	1,125	1,423	1,601	

n	x_i [m]	$x_i - \overline{x}$	u_i	$(u_i)^3$	$(u_i)^4$
30	156,718	0,0016	1,125	1,423	1,601
31	156,718	0,0016	1,125	1,423	1,601
32	156,718	0,0016	1,125	1,423	1,601
33	156,718	0,0016	1,125	1,423	1,601
34	156,718	0,0016	1,125	1,423	1,601
35	156,719	0,0026	1,811	5,941	10,759
36	156,719	0,0026	1,811	5,941	10,759
∑	**5641,789**	**0,0000**	**0,000**	**-2,972**	**71,337**

Tabela 2. Wyniki pomiarów długości i obliczenia do testu Andersona – Darlinga

n	x_i [m]	$x_i - \overline{x}$	u_i	$z_i = F(u_i)$	z_{n+1-i}	$\ln z_i \cdot \ln(1 - z_{n+1-i})$	$(2i\text{-}1)\cdot \ln z_i + \ln(1 - z_{n+1-i})$	
1	156,714	-0,0024	-1,620	0,0526	0,9649	-6,2946	-6,2946	$\overline{x} = 156{,}7164$
2	156,714	-0,0024	-1,620	0,0526	0,9649	-6,2946	-18,8838	$V(x) = 0{,}0000021$
3	156,714	-0,0024	-1,620	0,0526	0,8686	-4,9745	-24,8727	$\sigma = 0{,}00145706$
4	156,714	-0,0024	-1,620	0,0526	0,8686	-4,9745	-34,8218	[-(-1320,8152)] /n = 36,689
5	156,714	-0,0024	-1,620	0,0526	0,8686	-4,9745	-44,7709	36,689 – n = 0,689
6	156,715	-0,0014	-0,934	0,1762	0,8686	-3,7656	-41,4221	
7	156,715	-0,0014	-0,934	0,1762	0,8686	-3,7656	-48,9534	
8	156,715	-0,0014	-0,934	0,1762	0,8686	-3,7656	-56,4847	
9	156,715	-0,0014	-0,934	0,1762	0,8686	-3,7656	-64,0160	
10	156,715	-0,0014	-0,934	0,1762	0,6700	-2,8448	-54,0512	
11	156,716	-0,0004	-0,248	0,4013	0,6700	-2,0217	-42,4559	
12	156,716	-0,0004	-0,248	0,4013	0,6700	-2,0217	-46,4993	
13	156,716	-0,0004	-0,248	0,4013	0,6700	-2,0217	-50,5427	
14	156,716	-0,0004	-0,248	0,4013	0,6700	-2,0217	-54,5861	
15	156,716	-0,0004	-0,248	0,4013	0,6700	-2,0217	-58,6296	
16	156,716	-0,0004	-0,248	0,4013	0,6700	-2,0217	-62,6730	
17	156,716	-0,0004	-0,248	0,4013	0,6700	-2,0217	-66,7164	
18	156,716	-0,0004	-0,248	0,4013	0,4013	-1,4260	-49,9114	
19	156,716	-0,0004	-0,248	0,4013	0,4013	-1,4260	-52,7635	
20	156,717	0,0006	0,438	0,6700	0,4013	-0,9135	-35,6254	
21	156,717	0,0006	0,438	0,6700	0,4013	-0,9135	-37,4524	
22	156,717	0,0006	0,438	0,6700	0,4013	-0,9135	-39,2793	
23	156,717	0,0006	0,438	0,6700	0,4013	-0,9135	-41,1062	
24	156,717	0,0006	0,438	0,6700	0,4013	-0,9135	-42,9332	
25	156,717	0,0006	0,438	0,6700	0,4013	-0,9135	-44,7601	
26	156,717	0,0006	0,438	0,6700	0,4013	-0,9135	-46,5871	
27	156,717	0,0006	0,438	0,6700	0,1762	-0,5943	-31,4982	

n	x_i [m]	$x_i - \overline{x}$	u_i	$z_i = F(u_i)$	z_{n+1-i}	$\ln z_i \cdot \ln(1 - z_{n+1-i})$	$(2i\text{-}1)\cdot \ln z_i + \ln(1 - z_{n+1-i})$
28	156,718	0,0016	1,125	0,8686	0,1762	-0,3347	-18,4085
29	156,718	0,0016	1,125	0,8686	0,1762	-0,3347	-19,0779
30	156,718	0,0016	1,125	0,8686	0,1762	-0,3347	-19,7473
31	156,718	0,0016	1,125	0,8686	0,1762	-0,3347	-20,4167
32	156,718	0,0016	1,125	0,8686	0,0526	-0,1949	-12,2791
33	156,718	0,0016	1,125	0,8686	0,0526	-0,1949	-12,6689
34	156,718	0,0016	1,125	0,8686	0,0526	-0,1949	-13,0587
35	156,719	0,0026	1,811	0,9649	0,0526	-0,0898	-6,1938
36	156,719	0,0026	1,811	0,9649	0,0526	-0,0898	-6,3733
$\sum$	**5641,789**	**0,0000**	**0,000**			**-71,5159**	**-1320,8152**

Tabela 3. Wyniki pomiaru kątów poziomych i obliczenia współczynników spłaszczenia oraz asymetrii

n	x_i [cc]	$x_i - \overline{x}$	u_i	$(u_i)^3$	$(u_i)^4$	
1	131,2708	-0,0007	-2,143	-9,836	21,074	$\overline{x} = 131{,}2715$
2	131,2708	-0,0007	-2,143	-9,836	21,074	$V(x) = 0{,}00000011$
3	131,2709	-0,0006	-1,847	-6,301	11,639	$\sigma = 0{,}00033838$
4	131,2710	-0,0005	-1,552	-3,735	5,795	$S = -0{,}6216$
5	131,2710	-0,0005	-1,552	-3,735	5,795	$e = -0{,}3341$
6	131,2712	-0,0003	-0,960	-0,886	0,851	$m_S = 0{,}3815$
7	131,2712	-0,0003	-0,960	-0,886	0,851	$m_e = 0{,}7035$
8	131,2713	-0,0002	-0,665	-0,294	0,195	
9	131,2713	-0,0002	-0,665	-0,294	0,195	
10	131,2713	-0,0002	-0,665	-0,294	0,195	
11	131,2714	-0,0001	-0,369	-0,050	0,019	
12	131,2714	-0,0001	-0,369	-0,050	0,019	
13	131,2714	-0,0001	-0,369	-0,050	0,019	
14	131,2715	0,0000	-0,074	0,000	0,000	
15	131,2715	0,0000	-0,074	0,000	0,000	
16	131,2715	0,0000	-0,074	0,000	0,000	
17	131,2716	0,0001	0,222	0,011	0,002	
18	131,2716	0,0001	0,222	0,011	0,002	
19	131,2716	0,0001	0,222	0,011	0,002	
20	131,2716	0,0001	0,222	0,011	0,002	
21	131,2716	0,0001	0,222	0,011	0,002	
22	131,2717	0,0002	0,517	0,138	0,072	
23	131,2717	0,0002	0,517	0,138	0,072	
24	131,2717	0,0002	0,517	0,138	0,072	
25	131,2717	0,0002	0,517	0,138	0,072	
26	131,2717	0,0002	0,517	0,138	0,072	
27	131,2717	0,0002	0,517	0,138	0,072	

n	x_i [cc]	$x_i - \overline{x}$	u_i	$(u_i)^3$	$(u_i)^4$
28	131,2718	0,0003	0,813	0,537	0,436
29	131,2718	0,0003	0,813	0,537	0,436
30	131,2719	0,0004	1,108	1,361	1,508
31	131,2719	0,0004	1,108	1,361	1,508
32	131,2719	0,0004	1,108	1,361	1,508
33	131,2719	0,0004	1,108	1,361	1,508
34	131,2720	0,0005	1,404	2,766	3,883
35	131,2720	0,0005	1,404	2,766	3,883
36	131,2720	0,0005	1,404	2,766	3,883
Σ	**4725,775**	**0,0000**	**0,000**	**-20,548**	**86,716**

Tabela 4. Wyniki pomiaru kątów poziomych i obliczenia do testu Andersona-Darlinga

n	x_i [cc]	$x_i - \overline{x}$	u_i	$z_i = F(u_i)$	z_{n+1-i}	$\ln z_i \cdot \ln(1 - z_{n+1-i})$	$(2i\text{-}1)\cdot \ln z_i + \ln(1 - z_{n+1-i})$	
1	131,2708	-0,0007	-2,143	0,0158	0,9192	-6,6635	-6,6635	$\overline{x} = 131{,}2715$
2	131,2708	-0,0007	-2,143	0,0162	0,9192	-6,6385	-19,9156	$V(x) = 0{,}00000011$
3	131,2709	-0,0006	-1,847	0,0322	0,9192	-5,9516	-29,7578	$\sigma = 0{,}00033838$
4	131,2710	-0,0005	-1,552	0,0606	0,8665	-4,8171	-33,7198	[-(-1320,0180)]/n = 36,667
5	131,2710	-0,0005	-1,552	0,0606	0,8665	-4,8171	-43,3540	36,667 – n = 0,667
6	131,2712	-0,0003	-0,960	0,1660	0,8665	-3,8094	-41,9036	
7	131,2712	-0,0003	-0,960	0,1660	0,8665	-3,8094	-49,5225	
8	131,2713	-0,0002	-0,665	0,2420	0,7910	-2,9842	-44,7636	
9	131,2713	-0,0002	-0,665	0,2420	0,7910	-2,9842	-50,7321	
10	131,2713	-0,0002	-0,665	0,2420	0,6985	-2,6178	-49,7383	
11	131,2714	-0,0001	-0,369	0,2546	0,6985	-2,5670	-53,9080	
12	131,2714	-0,0001	-0,369	0,2546	0,6985	-2,5670	-59,0421	
13	131,2714	-0,0001	-0,369	0,2546	0,6985	-2,5670	-64,1762	
14	131,2715	0,0000	-0,074	0,3557	0,6985	-2,2327	-60,2816	
15	131,2715	0,0000	-0,074	0,3557	0,6985	-2,2327	-64,7469	
16	131,2715	0,0000	-0,074	0,3557	0,5871	-1,9182	-59,4647	
17	131,2716	0,0001	0,222	0,5871	0,5871	-1,4171	-46,7646	
18	131,2716	0,0001	0,222	0,5871	0,5871	-1,4171	-49,5988	
19	131,2716	0,0001	0,222	0,5871	0,5871	-1,4171	-52,4331	
20	131,2716	0,0001	0,222	0,5871	0,5871	-1,4171	-55,2673	
21	131,2716	0,0001	0,222	0,5871	0,3557	-0,9722	-39,8582	
22	131,2717	0,0002	0,517	0,6985	0,3557	-0,7984	-34,3317	
23	131,2717	0,0002	0,517	0,6985	0,3557	-0,7984	-35,9285	
24	131,2717	0,0002	0,517	0,6985	0,2546	-0,6527	-30,6748	
25	131,2717	0,0002	0,517	0,6985	0,2546	-0,6527	-31,9801	
26	131,2717	0,0002	0,517	0,6985	0,2546	-0,6527	-33,2854	
27	131,2717	0,0002	0,517	0,6985	0,2420	-0,6359	-33,7023	

n	x_i [cc]	$x_i - \overline{x}$	u_i	$z_i = F(u_i)$	z_{n+1-i}	$\ln z_i \cdot \ln(1 - z_{n+1-i})$	$(2i\text{-}1) \cdot \ln z_i + \ln(1 - z_{n+1-i})$	
28	131,2718	0,0003	0,813	0,7910	0,2420	-0,5115	-28,1341	
29	131,2718	0,0003	0,813	0,7910	0,2420	-0,5115	-29,1572	
30	131,2719	0,0004	1,108	0,8665	0,1660	-0,3248	-19,1641	
31	131,2719	0,0004	1,108	0,8665	0,1660	-0,3248	-19,8137	
32	131,2719	0,0004	1,108	0,8665	0,0606	-0,2058	-12,9658	
33	131,2719	0,0004	1,108	0,8665	0,0606	-0,2058	-13,3775	
34	131,2720	0,0005	1,404	0,9192	0,0322	-0,1170	-7,8378	
35	131,2720	0,0005	1,404	0,9192	0,0162	-0,1006	-6,9403	
36	131,2720	0,0005	1,404	0,9192	0,0158	-0,1002	-7,1126	
$\sum$	**4725,775**	**0,0000**	**0,000**	**0,0158**	**0,9192**	**- 72,4109**	**-1320,0180**	

INTERPRETACJA WYNIKÓW BADAŃ

1. Badanie poprawności pomiarów długościowych:

a) za pomocą współczynników spłaszczenia (ekscesu) *e* oraz asymetrii (skośności) *S*:

(z tab. 1)

$e = -0{,}8557$; $m_e = \pm 0{,}7035$

$S = -0{,}0899$; $m_S = \pm 0{,}3815$

Ponieważ $e \langle 2m_e$

oraz $S \langle 2m_S$

stąd wniosek o braku podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu empirycznego na poziomie $\alpha = 0{,}05$, czyli należy przyjąć że pomiary długości były wykonane poprawnie.

b) za pomocą testu Andersona – Darlinga: (z tab. 2)

$A_1^2 = 0{,}689$

$A_{1kryt}^2 = 0{,}787$

Ponieważ $A_1^2 \langle A_{1kryt}^2$ co potwierdza normalność rozkładu empirycznego, potwierdza się więc wniosek o poprawności wykonywanych pomiarów długości.

Badanie poprawności pomiaru kątów poziomych :

a) za pomocą współczynników:

- spłaszczenia (ekscesu) *e*
- asymetrii (skośności) *S*:

(z tab. 3`)

$e = -0{,}3341$; $m_e = \pm 0{,}7035$

$S = -0{,}6216$; $m_S = \pm 0{,}3815$

Ponieważ $e \langle 2m_e$

oraz $S \langle 2m_S$

stąd wniosek jak w przypadku pomiarów długości – o poprawności wykonywanych pomiarów kątów poziomych przy pomocy testowanego tachimetru.

b) za pomocą testu Andersona – Darlinga: (z tab. 4)

$A_1^2 = 0{,}667$

$A_{1kryt}^2 = 0{,}787$

Ponieważ $A_1^2 \langle A_{1kryt}^2$, wynika stąd poparcie wniosku poprzedniego o poprawności pomiaru kątów poziomych.

WNIOSKI

1. Wyniki pomiarów długości przebadane testem parametrów e oraz S, wykazały zgodność rozkładu błędów empirycznych z teoretycznym rozkładem normalnym; wynika stąd, że pomiary długości były wykonane poprawnie.
2. Wyniki pomiarów długości testowane przy pomocy statystyki Andersona – Darling potwierdziły normalność rozkładu empirycznego, a więc poprawność wykonanych pomiarów.
3. Wyniki pomiaru kątów poziomych testowane sposobem parametrów, wykazały również zgodność z rozkładem normalnym.
4. Wyniki pomiaru katów poziomych przebadane testem Andersona – Darlinda potwierdziły ich prawidłowe wykonanie.
5. Badany tachimetr precyzyjny LEICA TC 2003 w pełni nadaje się do wykonywania testowanych pomiarów.

BIBLIOGRAFIA

Greń J. *Modele i zadania statystyki matematycznej*. PWN, Warszawa. 1970.

Instrukcja techniczna G-1, 1983. Pozioma osnowa geodezyjna, GUGiK, Warszawa.

Kasietczuk B. *Analiza statystyczna geodezyjnej sieci testowej „Kortowo 2”* ZN AR-T, Olsztyn. 1993.

Krysicki W. i in. *Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach. Cz.II. Statystyka matematyczna*. PWN, W-wa. 1986.

Ney B. *Kryteria zgodności rozkładów empirycznych z modelami*. Zeszyty Naukowe PAN, Geodezja 7, Kraków. 1970.
Opracowanie redakcyjne. *Tachimetry elektroniczne*. Geodeta, nr 12. Warszawa. 2000.
Pawłowski W. *Procedury ustalania dokładności użytkowej instrumentów pomiarowych według nowej Polskiej Normy PN/ISO 8322*. Przegląd Geodezyjny Nr 2. Warszawa. 1997.
Piasek Z. *Geodezja budowlana dla inżynierii środowiska*. Wyd. PK, Kraków. 2000.

Dr hab. inż. Waldemar Krupiński, prof. UR
Departament of Land Surveying
University of Agriculture in Krakow
Dr hab. inż. Waldemar Krupiński, prof. UR
Katedra Geodezji
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 253a
30-198 Kraków
telefon: +4812 6624512

Dr inż. Klemens Godek
Departament of Land Surveying
University of Agriculture in Krakow
Dr inż. Klemens Godek
Katedra Geodezji
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 253a
30-198 Kraków
e-mail: rmgodek@cyf-ke.edu.pl
telefon: +4812 6624540

Recenzent: *Prof. dr hab.inż. Ryszard Hycner*