

Artur WARCHOŁ¹

ANALIZA PRZESTRZENNEGO ROZKŁADU WSPÓŁCZYNNIKA INTENSYWNOŚCI ODBICIA JAKO WSTĘP DO JEGO NORMALIZACJI

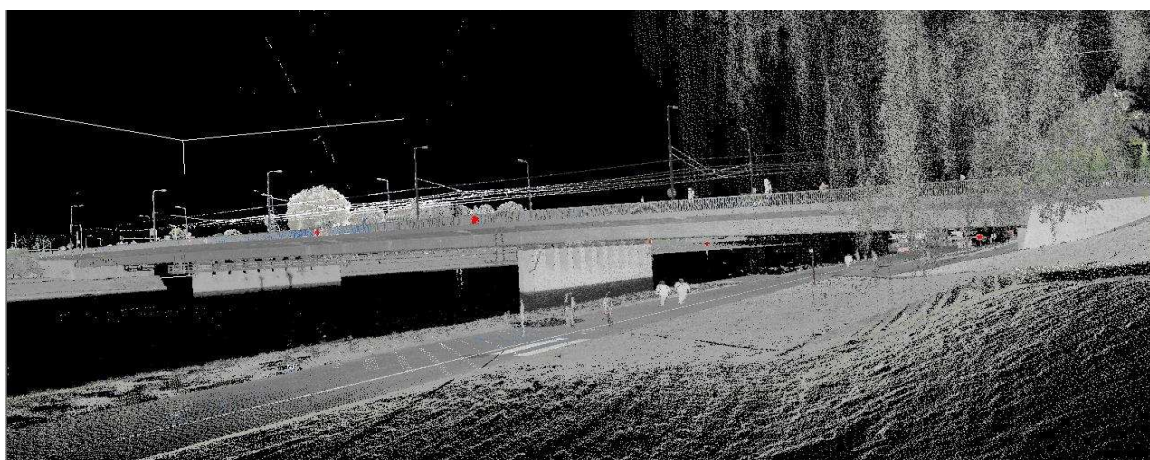
Streszczenie

Współczynnik intensywności odbicia jest jednym z atrybutów rejestrowanych podczas pomiarów skanerem. Jego wartość zależy od wielu czynników, wśród których najważniejsze to odległości od mierzonego obiektu, kąt padania wiązki oraz rodzaj materiału od którego wiązka się odbija. Biorąc pod uwagę niejednorodności w parametrach na kolejnych stanowiskach pomiaru skanerem, celowe wydaje się przeprowadzenie normalizacji tegoż parametru. W niniejszym artykule przeprowadzono badania mające na celu potwierdzenie czy zgodnie z teorią występuje silna zależność pomiędzy wartościami współczynnika intensywności odbicia, a kątem padania wiązki bądź odległością. W toku prowadzonych badań nie stwierdzono silnej zależności pomiędzy ww parametrami.

1. Wstęp

Normalizacja jest ważnym etapem postprocessingu zebranych danych, który powoduje ujednolicenie poszczególnych parametrów otrzymywanego produktu. Podnosi on także obiektywność wyników analiz przeprowadzanych na znormalizowanych danych. Łatwiej na tak przetworzonej chmurze wyróżnić np. obszary homogeniczne. Algorytmy normalizacji dla danych ze skaningu lotniczego zostały już opisane i przetestowane w wielu publikacjach [1], [2]. Natomiast dla danych ze skanerów naziemnych badania są prowadzone [4] lub wyniki nie są jednoznaczne [3].

Mając na uwadze procesy normalizacyjne danych lotniczych, stwierdzono za uzasadnione sprawdzenie czy wpływ na wartość współczynnika intensywności odbicia oprócz rodzaju materiału odbijającego wiązkę mają również odległość od skanera oraz kąt padania wiązki



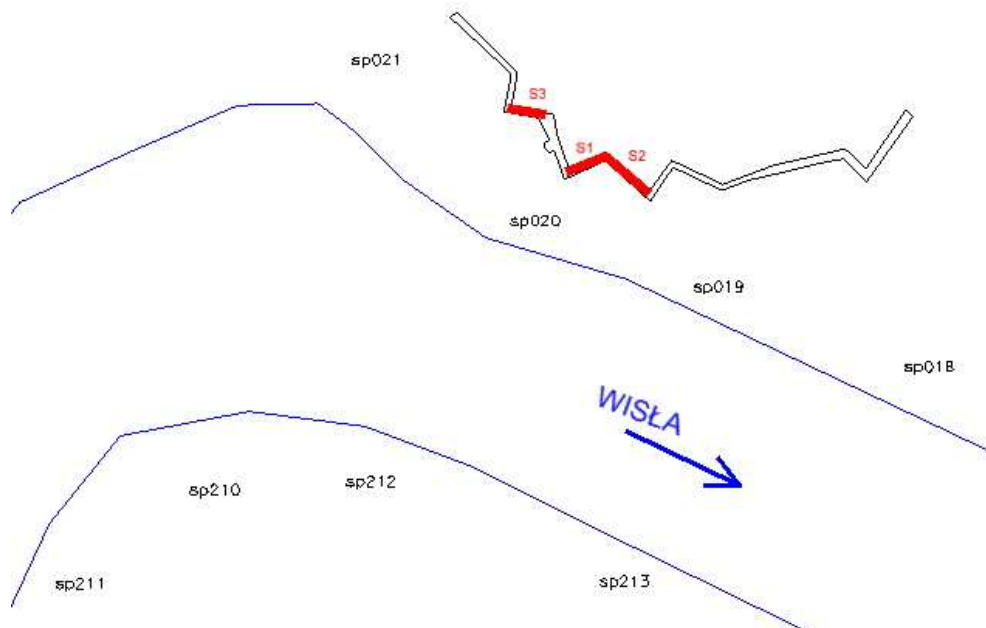
Rys. 1. Chmura punktów kolorowana wg współczynnika intensywności.

¹mgr inż., Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

2. Obszar badań i dane

Dane z naziemnego skaningu laserowego zostały pozyskane przy pomocy skanera Riegl VZ-400 w czerwcu i wrześniu 2010. Na całość projektu składało się 47 stanowisk, które zostały złożone w jeden projekt przy pomocy funkcji Multi Station Adjustment zawartej w oprogramowaniu RiScanPro. Operacja ta pozwoliła na orientację poszczególnych skanów z odchyleniem standardowym nie większym niż 0.006m dla sąsiednich stanowisk. Współrzędne stanowisk pomierzono tachimetrem Leica TS02.

Jako pola testowe dla prowadzonych badań wybrano fragmenty murów obronnych dokola Wawelu w Krakowie. Z dużych powierzchni wykonanych z jednakowego materiału oraz ustawionych pod różnymi kątami do stanowisk skanera wyznaczono trzy powierzchnie testowe S1, S2 i S3, z których do dalszej analizy wybrano najbardziej zróżnicowaną ścianę S1.



Rys. 2. Rozmieszczenie pól testowych (S1, S2 i S3) oraz stanowisk skanera (sp018, sp019, sp020, sp021, sp210, sp211, sp212 oraz sp213).

W okolicach wytypowanych ścian zlokalizowanych było 8 stanowisk skanera, z których po sprawdzeniu widoczności do poszczególnych powierzchni (S1, S2, S3) wybrano 6. Ilość punktów „widocznych” dla każdej ze ścian z poszczególnych stanowisk zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Zestawienie ilości punktów widocznych na każdej ze ścian z poszczególnych stanowisk.

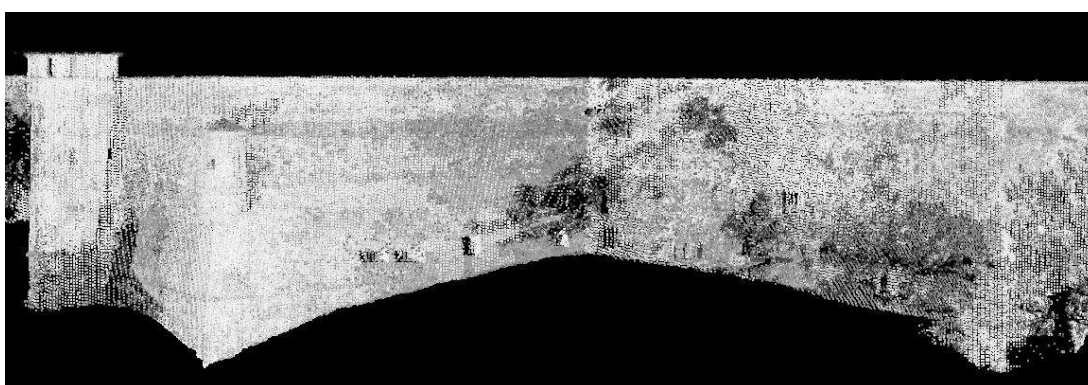
Nr stan/nr ściany	S1	S2	S3
sp019	3709	7567	0
sp020	39244	44839	34531
sp210	841	2023	2093
sp211	44	1	1165
sp212	2227	3533	1680
sp213	2295	2445	1265
suma	48390	60408	40735

Jako najbardziej zróżnicowaną, a więc i najciekawszą uznano ścianę nr 1, na analizowaniu której skupiono się w pozostałej części pracy.

Pliki z danymi w formacie ASCII zawierały współrzędne (x, y, z) każdego pomierzonego punktu oraz współczynnik intensywności odbicia. Dla ułatwienia dane z każdego stanowiska wczytano na osobne warstwy.



Rys. 3. Lokalizacja pól testowych S1 i S2.



Rys. 4. Widok chmury punktów kolorowanej wg intensywności dla ścian S1 i S2.

3. Metodyka badań

Dane z poszczególnych stanowisk wczytano przy pomocy aplikacji TerraScan do środowiska MicroStation po czym z pełnych stanowisk wyodrębniono interesujący nas fragment ściany. Podczas wczytywania oryginalne wartości współczynnika intensywności (w dB) zostały przeliczone na zakres od 1 do 65 535. Aby zbadać czy istnieje zależność pomiędzy wartością współczynnika intensywności, a odległością z jakiej punkt został pomierzony czy też kątem podania wiązki lasera, należało najpierw z surowych danych wyliczyć powyższe wartości. W tym celu wykorzystano narzędzie Solver programu Microsoft Excel 2007, dzięki któremu Metodą Najmniejszych Kwadratów (w oparciu o wszystkie punkty chmury) obliczono współczynniki A, B, C oraz D ogólnego równania płaszczyzny.

$$a: Ax + By + Cz + D = 0 \quad (1)$$

gdzie: $A^2 + B^2 + C^2 > 0$.

Kolejnym krokiem było obliczenie dla każdego punktu chmury współczynników kierunkowych (a, b, c) prostej łączącej dany punkt ze środkiem skanera na odpowiadającym mu stanowisku. Dzięki temu można było obliczyć odległość pomiędzy skanerem i każdym punktem, a także korzystając ze wzoru (2) kąt padania wiązki lasera.

$$\sin \varphi = \frac{|Aa + Bb + Cc|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2} \cdot \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad (2)$$

W ten sposób otrzymano wszystkie potrzebne do dalszych analiz wartości: numer warstwy (oznaczenie stanowiska), kąt padania wiązki, odległość oraz wartość współczynnika intensywności, które zestawiono w jednym arkuszu.

4. Wyniki

Dla podanych w poprzednim punkcie parametrów obliczono współczynniki korelacji, których wartości zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Współczynniki korelacji badanych parametrów

	Stanowisko	Kąt	Odległość	Intensywność
Stanowisko	1			
Kąt	0,4010	1		
Odległość	0,8444	0,6091	1	
Intensywność	0,3234	-0,1589	0,0721	1

Powyższe wyniki wskazują iż w przypadku par intensywność – kąt oraz intensywność – odległość nie możemy mówić o korelacji tych parametrów. Z jednej strony potwierdza to wnioski zawarte w [3], a z drugiej stoi w sprzeczności z ogólnie przyjętymi założeniami tematu. Silna korelacja stanowiska i odległości jest oczywista. Powyższe wyniki skłoniły autora do przeprowadzenia kolejnych analiz otrzymanych wyników.

W pierwszej kolejności chmurę punktów uszeregowano rosnąco wg wartości współczynnika intensywności, lecz zarówno na początku skali (lewa strona rys.5) jak i na końcu (prawa strona rys.5) wartości kąta nie były jednolite.

Kąt [g]	Odl [m]	Int	Kąt [g]	Odl [m]	Int
62,3332	84,23	65336	20,0913	33,11	65519
63,6806	83,66	65337	20,7610	32,77	65519
58,1982	88,57	65338	68,5855	198,78	65519
61,6471	84,73	65338	61,6632	85,14	65520
62,1948	84,34	65338	18,5263	35,87	65520
63,3071	84,04	65338	18,8515	34,48	65520
15,5389	44,80	65338	19,5667	34,68	65520
17,0689	41,33	65338	61,7301	85,07	65521
56,7838	89,66	65339	17,7024	37,89	65521
57,8421	88,85	65339	18,3814	36,08	65521

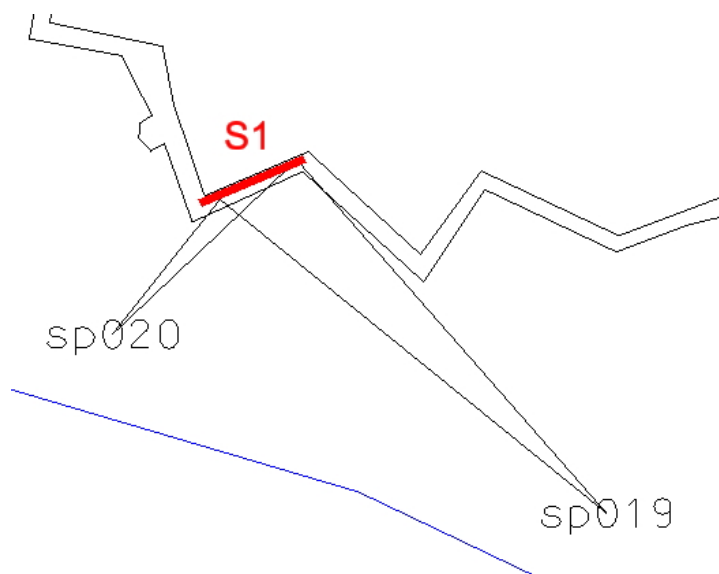
Rys. 5. Wartości kąta, odległości i intensywności przy uszeregowaniu wg intensywności.

Przy uszeregowaniu wg wartości kąta padania wiązki otrzymano zbliżone wnioski (rys.6).

Kąt [g]	Odl [m]	Int	Kąt [g]	Odl [m]	Int
13,8843	46,68	65480	69,2829	198,09	65497
13,9131	46,66	65463	69,2842	198,14	65502
13,9137	46,60	65462	69,2943	198,11	65498
13,9221	46,57	65466	69,3014	198,07	65507
13,9288	46,62	65454	69,3057	198,10	65499
13,9365	46,51	65479	69,3200	198,07	65501
13,9474	46,59	65444	69,3315	198,07	65500
13,9481	46,53	65466	69,3369	198,02	65506
13,9625	46,48	65478	69,3554	198,03	65502
13,9631	46,56	65460	69,3741	197,99	65508

Rys. 6. Wartości kąta, odległości i intensywności przy uszeregowaniu wg kąta.

Aby dopełnić analizy sprawdzono również współczynniki korelacji powyższych parametrów w ramach poszczególnych stanowisk, przy czym poniżej przedstawiono jedynie wyniki dla dwóch najbardziej charakterystycznych stanowisk sp020 i sp019 (rys.7).



Rys. 7. Lokalizacja stanowisk sp019 i sp020.

Współczynniki korelacji dla stanowiska sp019 zamieszczono w tabeli 3, natomiast dla stanowiska sp020 w tabeli 4. Pomimo diametralnie różnych kątów padania wiązki 13° - 25° dla stanowiska sp020 oraz 57° - 65° dla stanowiska sp019, współczynnik intensywności nie wykazuje silnej korelacji z kątem lub z odległością, co skłania do prowadzenia dalszych badań w tym zakresie. Na obu stanowiska występuje natomiast oczywista korelacja kąta i odległości, która wynika z warunków geometrycznych – im mniejszy kąt tym większa odległość.

Tabela 3. Współczynniki korelacji dla stanowiska sp019.

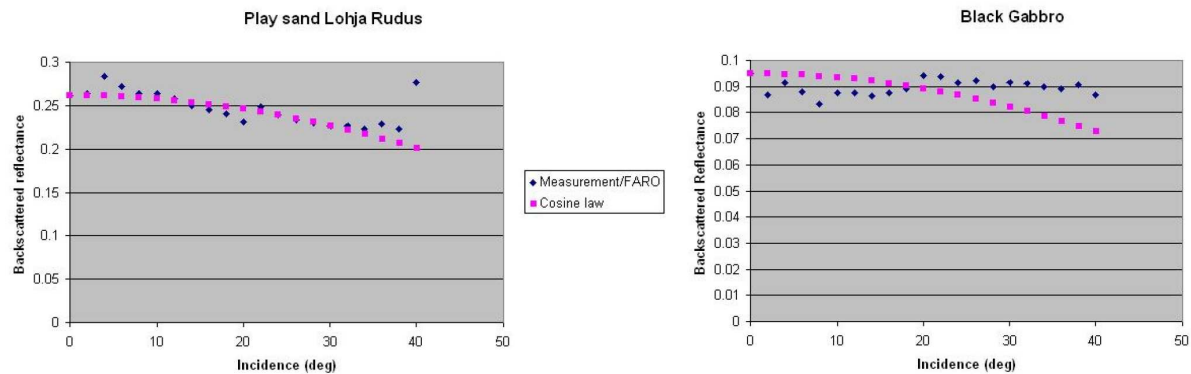
	Kąt	Odległość	Intensywność
Kąt	1		
Odległość	-0,9868	1	
Intensywność	0,0679	-0,0785	1

Tabela 4. Współczynniki korelacji dla stanowiska sp020.

	Kąt	Odległość	Intensywność
Kąt	1		
Odległość	-0,9510	1	
Intensywność	0,4947	-0,4936	1

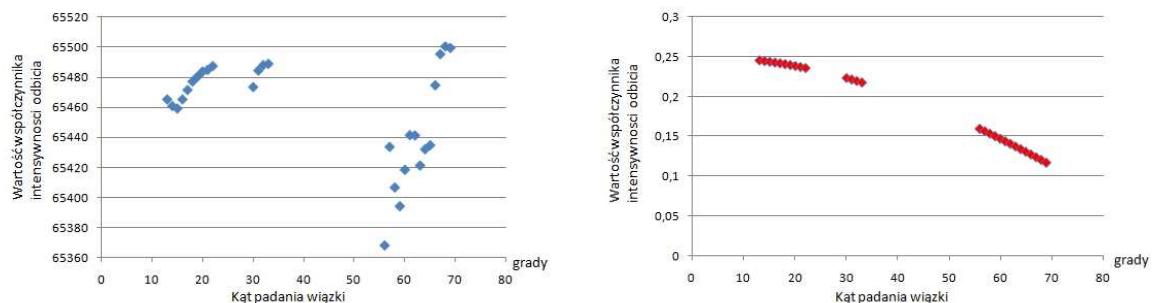
5. Dyskusja i wnioski

Otrzymane wyniki wpisują się w polemikę, którą można zauważyć w wielu polskich i zagranicznych publikacjach. W części badań można znaleźć potwierdzenie założeń teoretycznych [5], natomiast w innych [3] autorzy nie znaleźli wystarczających dowodów na potwierdzenie przesłanek teoretycznych. Uzyskane w toku powyższych badań wyniki są zbieżne z [3] czego przykładem są wykresy zamieszczone poniżej. W powołanych powyżej badaniach autor sprawdza zgodność wartości współczynnika intensywności odbicia z wartościami wyliczonymi wg prawa Lamberta. Wyniki przedstawiono na rys. 8, zaczerpniętym z [3], gdzie na granatowo zaznaczono wartości z pomiarów natomiast na różowo wartości z obliczeń.



Rys. 8. Zależność współczynnika odbicia od kąta padania wiązki dla różnych materiałów.[3]

W toku bieżących badań przygotowano analogiczne zestawienie wartości empirycznych i teoretycznych dla ściany pokrytej czerwoną cegłą rys. 9. We wzorze Lamberta użyto współczynnika intensywności odbicia na poziomie 0.25 opierając się na dostępnej literaturze [6] i [7].



Rys. 9. Zależność współczynnika odbicia od kąta padania wiązki dla różnych materiałów. Wykres po lewej dane empiryczne, wykres po prawej dane teoretyczne.

Literatura

- [1] HÖFLE B., PFEIFER N., Correction of laser scanning intensity data: Data and model-driven approaches, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 62, 2007, s.415–433
- [2] GROSS H., JUTZI B., THOENNESSEN U., Intensity normalization by incidence angle and range of full-waveform lidar data, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B4. Beijing* 2008, s. 405-412
- [3] KAASALAINEN S., VAIN A., KROOKS A., KUKKO A., Topographic and distance effects in laser scanner intensity correction, *ISPRS Commission VII WG 7*, 2009
- [4] ANTTILA K., KAASALAINEN S., KROOKS A., KAARTINEN H., KUKKOA A., MANNINEN T., LAHTINEN P., SILJAMO N., Radiometric calibration of tils intensity: Application to snow cover change detection. *ISPRS Commission VI, WG VI/4*, 2011
- [5] KOWALCZYK K., RAPIŃSKI J., Verification of Theoretical Phong Model in Reflector Less Surveys, *Technical Sciences, Nr 14(2)/2011*, Olsztyn, s.255-262
- [6] VOEGTLE T., WAKALUK S., Effects on the measurements of the terrestrial laser scanner HDS 6000 (Leica) caused by different object materials, *IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 3/W8*, Paris, s.68-74
- [7] LICHTI D., HARVEY B., The effects of reflecting surface material properties on time-of-flight laser scanner measurements, *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*, Ottawa 2002

ANALYSIS OF SPATIAL ACCOMMODATION OF INTENSITY AS AN INTRODUCTION TO HIS NORMALIZATION

Summary

Intensity is one of the attributes recorded during scanning measurements. Its value depends on many factors, which the most important are the distance from the object, the angle of the laser beam and the nature of the material from which the beam is reflected. On different scanner positions this parameters has a different values, so it seems appropriate to carry out the normalization of the intensity. In this article, studies were performed to confirm the theory that there is a strong correlation between the values of the intensity and the incidence angle of the beam or distance. Finally results shows there was no strong correlation between this parameters.