

ODBICIE WIĄZKI LASERA OD OBIEKTÓW JEDNORODNYCH MATERIAŁOWO, LECZ O RÓŻNEJ BARWIE – STUDIUM PRZYPADKU

Joanna Agnieszka PAWŁOWICZ*

Wydział Geodezji Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
ul. Heweliusza 4, 10-724 Olsztyn, Polska

Streszczenie: Technologia skaningu naziemnego pozwala na zebranie danych o obiekcie, dzięki którym możliwe jest otrzymanie wizualizacji trójwymiarowej obiektu, co umożliwia analizowanie go w różnorodny sposób, na przykład wykonanie oceny stanu technicznego budynku oraz zdiagnozowanie różnych nieprawidłowości czy uszkodzeń w jego konstrukcji lub strukturze. Przydatność danych zależy jednak w dużej mierze od sposobu i dokładności wykonanego pomiaru. W niniejszym artykule przedstawiono test ilustrujący zależności pomiędzy różnymi rodzajami różnokolorowych próbek, a parametrem intensywności. Wyniki opracowano przy wykorzystaniu programu Leica Cyclone, w którym pomierzono i zaprezentowano wartości parametru poprzez wizualizację tzw. map intensywności.

Słowa kluczowe: intensywność odbicia, mapa intensywności, skaningu laserowy.

1. Wprowadzenie

Wykorzystanie skanerów laserowych w celu zebrania informacji o obiekcie budowlanym jest coraz bardziej powszechne. Skaningu 3D pozwala na dokładne odwzorowanie każdego detalu z olbrzymią precyzją, której nie można uzyskać stosując klasyczne metody pomiarów. Skanery laserowe poprzez pomiar współrzędnych biegunowych pojedynczych punktów umożliwiają ich opisanie w trójwymiarowej przestrzeni. Każdy z punktów reprezentowany jest przez co najmniej trzy współrzędne (X , Y , Z) odniesione do lokalnego układu skanera. Rejestrowana jest również intensywność (I) odbicia wiązki lasera, którą oznacza się jako czwartą współrzędną (Pawłowicz, 2014). Duże znaczenie ma jakość powracającej wiązki lasera, odbitej od powierzchni celu w kierunku odbiornika. Wpływ na siłę wiązki powracającej mają właściwości odbijające badanej powierzchni obiektu głównie jej kolor, chropowatość, temperatura i wilgotność. Właściwości te mogą przyczynić się do powstawania pewnych, czasem nawet poważnych, błędów podczas skanowania różnych powierzchni.

W literaturze istnieją pozycje, które opisują różne problemy związane z pozyskiwaniem danych metodą naziemnego skaningu laserowego (ang. TLS – *Terrestrial Laser Scanning*). Na podstawie przeprowadzonych już badań (Boehler i Marbs, 2003; Voegtle i in., 2008) – uwzględniając samą tylko barwę skanowanej powierzchni stwierdzono, że jasne kolory mające dość duże zdolności odbijające umożliwiają pomiar chmury punktów

o znacznej gęstości skanowania. Barwa żółta i zielona dążą do otrzymania chmury punktów o wysokiej jakości, tymczasem kolor czerwony powoduje dość spore rozproszenie punktów. Czynniki te mogą znacząco wpływać na opracowania, gdzie dane ze skanera wykorzystywane są przy tworzeniu orzeczenia technicznego budynku i w inżynierii odwrotnej (Pawłowicz i Szafranko, 2016).

2. Badanie obszarów jednolitych materiałowo, lecz o różnej barwie

Barwa obiektu w niektórych przypadkach ma wręcz decydujące znaczenie przy określaniu wartości intensywności odbicia wiązki lasera od takiej powierzchni. W artykule przedstawiono zależności pomiędzy różnymi rodzajami różnokolorowych próbek, a parametrem intensywności. Badanie przeprowadzono w celu ustalenia zdolności odbijających powierzchni płaskiej, wykonanej z takiego samego typu materiału, w zależności od nadanej jej wierzchniej barwy. Fragmenty testowe wybrano kierując się złożonością różnych elementów kolorystycznych. Próbkę odpowiednich obszarów zeskanowano pod stałym kątem padania wiązki lasera i odległością od stanowiska pomiarowego. Następnie przeprowadzono analizę wartości pomierzonych intensywności za pomocą programu Leica Cyclone.

Analizę przeprowadzono na dwóch przykładach. Fragment malowidła na sklepieniu kościoła jest

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: jopaw@uwm.edu.pl

przykładem analizy różnych kolorów matowej farby (przykład A), zaś ołtarz boczny charakteryzuje się połączeniem farb matowych oraz odblaskowych, które to w dość znaczący sposób wyróżniają się w badaniach (przykład B).

W przykładzie A, badano próbki powierzchni matowych o różnej kolorystyce, wyniki poszczególnych elementów nie były ewidentnie zróżnicowane. Barwy czarna i biała są jedynymi kolorami, które stanowią wyróżniają się na tle innych. Natomiast zakres barw od czerwonego poprzez zielony do niebieskiego charakteryzowały się bardzo zbliżonymi wartościami, co również można dostrzec na mapie intensywności obiektu (rys. 1).

Przykład B wykorzystany do analizy, łączy w sobie różne materiały, lecz zasadniczy i najważniejszy wpływ ma tu barwa powierzchni materiału. Przykład A jest typowo jednolitym materiałowo obiektem o różnych barwach i odcieniach.

Ponownie dobierając globalną kolorystykę barw dla poszczególnych wartości parametru intensywności uzyskujemy wyraźny obraz. Zakres wartości intensywności dla przykładu A wynosi od 0,1300 do 0,9010.

Nieco inną sytuację prezentuje skan przykładu B. Mianowicie w jego wypadku charakterystyczny kontrast wizualny jest stanowczo zauważalny. Jest to przykład

wykorzystujący skalę barw z całego dostępnego zakresu. Oznacza to występowanie obszarów cechujących się wartością liczbową parametru intensywności w zasięgu od najmniejszego o wartości 0,0808, aż do największego przyjętego w nim w skali o wartości 0,9745 (rys. 2).

Wartości pomierzonych intensywności przedstawiono w formie tabel wraz z ogólną charakterystyką wykorzystanych próbek (tab. 1-2). W całym teście do analizy poddano próbki odblaskowe oraz matowe o barwie: czerwonej, zielonej, jasno i ciemno brązowej, niebieskiej, szarej, czarnej i białej.

Pomierzone wartości odbicia wiązki w przykładzie A pokrywają się w całości z ich wizualizacją graficzną map intensywności (rys. 1). Wyraźny rozkład wartości średnich zobrazowano na wykresie (rys. 3) Potwierdza on wcześniejsze spostrzeżenia o bliskim zakresie wartości pomiędzy kolorami czerwonym, zielonym, niebieskim i brązowym. Jak również o skrajnych wynikach barwy białej i czarnej.

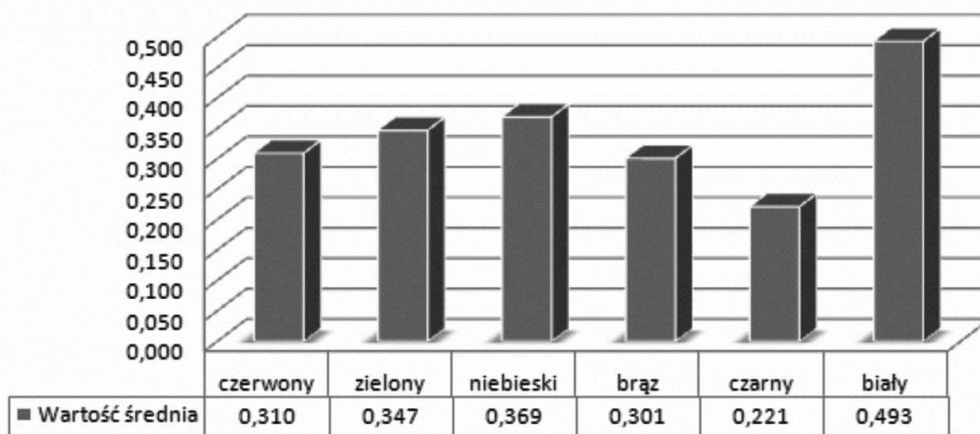
W tabeli 2 zamieszczono próbki wydzielone z fragmentu ołtarza bocznego. Dominują tu elementy delikatnie połyskujące lub w dużej mierze błyszczące, plus jeden element całkowicie matowy. Większość próbek, bo aż cztery z pięciu jest wykonanych z drewna, lecz powlekanych odmiennymi warstwami zewnętrznymi. Dodatkowo do kontrastu wybrano jeden element metalowy.



Rys. 1. Mapa intensywności przykładu A (po lewej) oraz chmura punktów z nałożonym na niej zdjęciem rzeczywistym (po prawej)



Rys. 2. Mapa intensywności przykład B (po lewej) i zdjęcie rzeczywiste (po prawej)



Rys. 3. Wartości średnie parametru intensywności dla przykładu A

Tab. 1. Dane próbek materiałów z przykładu A – wartości parametru intensywności

Rodzaj materiału i tekstura	Kolor	Rodzaj powierzchni	Wartość średnia	Wartość minimalna	Wartość maksymalna
Drewno sosnowe – jednolity matowy	czerwony	gładka	0,3095	0,2280	0,3910
	zielony		0,3470	0,2190	0,4750
	niebieski		0,3688	0,2425	0,4950
	ciemny brąz		0,3010	0,2170	0,3850
	czarny		0,2213	0,1525	0,3100
	biały		0,4930	0,4150	0,5710

Tab. 2. Dane próbek materiałów z przykładu B

Rodzaj materiału i tekstura	Obraz próbki	Kolor	Rodzaj powierzchni	Wartość średnia	Wartość minimalna	Wartość maksymalna
Drewno lipowe – jednolity półmatowy		jasny brąz	gładka	0,3368	0,2186	0,4550
		srebrny		0,3390	0,1150	0,5630
Drewno lipowe – jednolity błyszczący		złoty	lekko nierówna	0,5360	0,1100	0,9620
Drewno lipowe – jednolity matowy		czarny	gładka	0,1955	0,0810	0,3100
Metal – jednolity półmatowy		szary		0,2387	0,0950	0,3824

3. Podsumowanie

Jak wynika z powyższych rozważań, zgodnie z charakterystyką i właściwościami barw odnotowano wysoką wartość liczbową dla elementu błyszczącego barwy złotej sięgającą blisko granicy wartości maksymalnej równej 1,0. Cechuje ją również najwyższa wartość średnia intensywności w stosunku do innych próbek z tego przykładu.

Dla elementu matowego o barwie czarnej zauważono poszerzenie zasięgu minimalnej wartości w porównaniu z próbką koloru czarnego z przykładu A. Element w przykładu A odnotował minimum równe 0,1525, zaś próbka z kolejnego przykładu wartość 0,0810. Spowodowane może to być inną odmianą drewna w obu badanych przypadkach. W przykładzie A występuje drewno sosnowe, natomiast w następnym drewno lipowe.

Próbki drewna półmatowego wykazały bardzo zbliżone wartości średnie intensywności, pomimo różniących się zakresów skrajnych. Element metalowy z wartością średnią intensywności równą 0,2387 plasuje się pomiędzy wyniki próbek drewna matowego i półmatowego, z czego bliżej mu do matowej czarnej próbki.

W przypadku niektórych z próbek występuje pewnego rodzaju margines błędu, który spowodowany jest niewielkimi zakrzywieniami powierzchni elementów. Zjawisko dotyczy głównie drewnianych elementów kolumnowych o barwie srebrnej i złotej. Podczas pomiaru wiązka lasera odbiła się w prawidłowy sposób, zgodnie z właściwościami materiału, tylko na środkowej części elementu, która jest prostopadła do padającej wiązki. Im dalej oddalając się od środka tym bardziej wiązka załamuje się na owalnym kształcie i zmieniają się wartości pomierzonej intensywności. Zjawisko powoduje rozszerzenie zakresu minimalnych wartości próbki o wyniki z obszarów zakrzywionych, które są swego rodzaju nieprawidłowe dla danej barwy i należałoby je odrzucić. Dokładniej proces ten został zbadany, lecz zostanie omówiony w innym opracowaniu.

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że pomiary za pomocą skanerów laserowych zależą przede wszystkim od jakości powracającej wiązki, odbitej od powierzchni celu, w kierunku odbiornika. Wpływ na siłę wiązki powracającej mają właściwości odbijające badanego obiektu, między innymi głównie jej kolor, chropowatość, temperatura i wilgotność. Właściwości te mogą przyczynić się do powstawania pewnych, czasem nawet poważnych, błędów podczas skanowania i interpretacji

różnych powierzchni. Barwa obiektu w niektórych przypadkach ma wręcz decydujące znaczenie o wartości intensywności odbicia wiązki lasera od takiej powierzchni. „

Skaning laserowy jest jedną z najnowocześniejszych technologii służącą w dużej mierze do pomiarów geodezyjnych, jednak nie tylko, bowiem szereg jego zastosowań otwiera się w coraz to nowszych dyscyplinach życia. Metoda skaningu laserowego prężnie rozwija się i przyczynia się do zwiększenia wydajności i dokładności samego sprzętu badawczego, a co idzie za tym również prowadzonych badań. Przenosząc dane do komputera do specjalistycznego programu i tam w odpowiedni sposób obrabiając je, można uzyskać realistyczne przestrzenne odwzorowanie pomierzonego celu. Nakładając na chmurę punktów cyfrowe zdjęcie, wykonane przez skaner podczas pomiarów terenowych, można wygenerować realistyczny widok badanego obiektu, co przy zastosowaniu inżynierii odwrotnej, skutkuje uzyskaniem modelu istniejącego obiektu, wraz z odzwierciedleniem jego kolorystyki i detali. Utworzona dzięki pomiarowi tą technologią chmura, na którą składają się tysiące pomierzonych punktów, przedstawia nie tylko wiele informacji o kształtach i wymiarach celu, lecz również poprzez pomiar intensywności odbicia wiązki lasera, otrzymuje się dane na temat jego struktury i kolorystyki. Mogłoby to być pomocne w odtworzeniu pierwotnej kolorystyki i rodzaju materiałów, z jakich wykonano np. elewacje budynku zabytkowego czy jego wewnętrzne wyprawy tynkarskie. W tym celu konieczne byłoby wykonanie stratygrafii warstw malarskich i tynku. Porównanie wyników z wzornikiem NCS (*Natural Colour System*), opracowanym przez Scandinavian Colour System Institut AB w Sztokholmie, dało by odpowiedź konserwatorom zabytków, jaki należy kolor zastosować, aby budynek odzyskał pierwotny wygląd. Należałoby pamiętać, że warto wstępnie przeprowadzić próby kolorystyczne *in situ* i dopiero potem ostatecznie określić kolorystykę obiektu.

Literatura

- Boehler W., Marbs A. (2003). Investigating Laser Scanner Accuracy. Institute for Spatial Information and Surveying Technology, FH Mainz, *University of Applied Sciences*, Mainz, Germany, 696-701.
- Pawłowicz J. A., Szafranko E. (2016). Application of reverse engineering in modelling of rural buildings of religious worship. W: *Proceedings of the 15th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development"*, Jelgava, Latvia, 762-766.
- Pawłowicz J. A. (2014). 3D modelling of historic building using data from a laser scanner measurements. *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods and Technologies*, Vol. 8, 340-345.
- Voegtle T., Schwab I., Landes T. (2008). Influence of different materials on the measurements of terrestrial laser scann. Institute for Photogrammetry and Remote Sensing (IPF), *Univ. of Karlsruhe*, Germany, 1061-1066.

a

REFLECTION OF A LASER BEAM FROM OBJECTS MADE OF HOMOGENOUS MATERIALS OF MULTIPLE COLORS - CASE STUDY

Abstract: The terrestrial scanning technology allows to collect data about an object and use it to create a 3D image thereof and then analyses it in a variety of ways, e.g. by performing an evaluation of the technical condition of a building or by diagnosing different irregularities or damages to its structure. The usefulness of such data depends, to a large extent, on the method and accuracy of measurements. Measurements performed by means of laser scanners depend largely on the quality of the beam reflected from the surface of a target object and returning towards the receiver. The strength of a returning beam is influenced by the reflective properties of the surface of a target object, such as its color, texture, temperature and moisture content. These properties may result in certain, sometimes serious errors during scanning and interpretation of different surfaces. In some cases, the color of a target object is critical for the intensity of reflection of a laser beam from such surface. This article presents a test illustrating the relationship between different types of multicolor samples and the intensity of reflection of a laser beam. The results are presented, among other things, by means of intensity maps.