

WYKORZYSTANIE DANYCH FOTOGRAMETRYCZNYCH DO INWENTARYZACJI ZIELENI NA TERENACH ZURBANIZOWANYCH

USE OF THE PHOTOGRAMMETRIC DATA FOR VEGETATION INVENTORY ON URBAN AREAS

Joanna Lucyna Kubalska¹, Ryszard Preuss¹

¹ Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej,
Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej

SŁOWA KLUCZOWE: NMPT, true-ortho, modele 3D miast, klasyfikacja obiektowa, cyfrowe dopasowanie obrazów, ALS, cyfrowe zdjęcia lotnicze

STRESZCZENIE: Niniejszy artykuł omawia metodykę wykonania inwentaryzacji zieleni na obszarze zurbanizowanym z wykorzystaniem danych fotogrametrycznych w postaci „prawdziwej” barwnej ortofotomapy (trueortho) w podczerwieni (CIR) oraz Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu (NMPT) utworzonego z danych pochodzących z lotniczego skaningu laserowego (ALS) lub alternatywnie z automatycznej korelacji obrazów zdjęć lotniczych. Proces inwentaryzacji zieleni został przeprowadzony metodą klasyfikacji na podstawie analizy cech zawartych w pikselach georeferencyjnego trueortho z jednoczesnym uwzględnieniem danych wysokościowych NMPT w postaci grid. Dla przeprowadzenia tej klasyfikacji zastosowano oprogramowanie Erdas Imagine. Właściwy proces klasyfikacji był poprzedzony utworzeniem danych wejściowych do tego zadania. Dane te uzyskano w wyniku przetwarzania cyfrowych zdjęć lotniczych wykonanych kamerą UltraCam firmy Vexcel o rozdzielczości terenowej GSD = 10cm oraz chmury punktów pozyskanych techniką ALS. Przetwarzanie to obejmowało wygenerowanie Numerycznego Modelu Terenu w środowisku SCOP++ oraz Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu w środowisku Opals i Inpho. Porównanie utworzonych NMPT z dwóch różnych źródeł danych wykazało ich pełną spójność i jednorodność oraz możliwość zastosowania obydwu modeli do generowania produktu trueortho z cyfrowych zdjęć lotniczych. Prace wykonano na fotogrametrycznej stacji cyfrowej INPHO. „Prawdziwą” cyfrową ortofotomapę generowano zarówno ze zdjęć czarnobiałych w podczerwieni (NIR) jak i zdjęć barwnych (CIR). Przeprowadzona klasyfikacja zieleni w oprogramowaniu Erdas Imagine dowiodła, iż oprogramowanie to w zupełności nadaje się do przeprowadzenia klasyfikacji na podstawie cech zawartych w pikselach z jednoczesną analizą danych wysokościowych. Wykorzystanie równoczesne zarówno danych z lotniczego skaningu laserowego jak i zdjęć barwnych w podczerwieni pozwoliło na wykonanie dokładnej klasyfikacji zieleni na bardzo trudnym terenie, jakim jest zabudowany obszar miejski. Rezultaty klasyfikacji poddano ocenie dokładności poprzez ich wizualną weryfikację w aplikacji Google Street View. W czasach, gdy platformy lotnicze posiadają na swoim pokładzie jednocześnie rejestrujące dwa sensory t.j. wysokorozdzielczą kamerę cyfrową oraz skaner laserowy fuzja danych staje się powszechnie stosowaną metodą. Dzięki temu możliwe jest połączenie zalet obydwu typów danych, a przeprowadzona inwentaryzacja roślinności na obszarze miasta jest jednym z wielu możliwych zastosowań połączenia danych ALS i CIR.

1. WPROWADZENIE

Temat klasyfikacji terenów zielonych na obszarach zurbanizowanych stał się ostatnimi czasy bardzo popularny. W szczególności z powodu rosnącej liczby mieszkańców miast w ogólnej liczbie ludności kraju. Jednocześnie badania prowadzone na obszarach zurbanizowanych są bardzo skomplikowane ze względu na złożoną strukturę przestrzenną miasta składającą się zarówno z elementów stworzonych przez człowieka, jak i elementów naturalnych. Zwłaszcza na obszarach metropolitalnych zieleni staje się docenianym składnikiem układów urbanistycznych. Rozumiana jest jako wszelkie obiekty przyrodnicze zachowane w formach naturalnych, półnaturalnych, a także przetworzonych z różnorodnymi założeniami ogrodowymi, które mogą istnieć samoistnie lub towarzyszyć obiektom architektonicznym (Majdecki, 1993). Tereny zielone pełnią szereg funkcji m.in. rekreacyjną, ekologiczną, zdrowotną, estetyczną, dlatego w zarządzaniu zielenią miejską bardzo ważna jest inwentaryzacja jej zasobów. Wiedza o posiadanych zasobach jest jednym z podstawowych elementów procesu zarządzania. Również w zagadnieniu planistycznym konieczne jest sporządzenie pełnej waloryzacji przyrodniczej miasta, do której przygotowania niezbędne jest sklasyfikowanie roślinności. Dotychczas inwentaryzacje zieleni są często przeprowadzane tradycyjnymi bardzo czasochłonnymi metodami. W tym aspekcie stosowanie nowoczesnych technik inwentaryzacji zieleni jest konieczne (Tompalski, 2009).

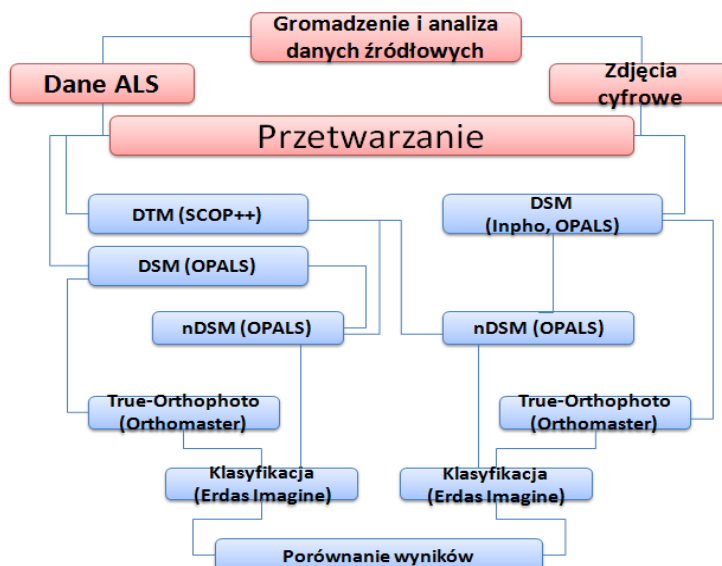
Niniejsza publikacja przybliży możliwości wykorzystania najnowocześniejszych metod pozyskiwania danych przestrzennych (skanowanie laserowe) oraz przedstawia zalety łączenia różnych źródeł danych przy wykonywaniu klasyfikacji roślinności.

2. METODYKA WYKONYWANIA BADAŃ

W ramach pracy dyplomowej pt: „Inwentaryzacja zieleni na obszarze zurbanizowanym z wykorzystaniem Trueortho w podczerwieni opracowanym w pakiecie programów Inpho” (Kubalska, 2013) dokonano inwentaryzacji zieleni miejskiej metodą klasyfikacji obiektowej. Przedstawiony na rysunku 1. schemat ilustruje kolejne etapy wykonanych prac oraz zastosowane do ich realizacji oprogramowanie.

Mając do dyspozycji dane źródłowe scharakteryzowane w rozdziale 3 przystąpiono do generowania produktów niezbędnych (jako dane wejściowe) do wykonania klasyfikacji obiektowej w programie Erdas Imagine. Produktami tymi są: Numeryczny Modelu Terenu (NMT), Numeryczny Modelu Pokrycia Terenu (NMPT) oraz trueortho. NMPT w postaci GRID wygenerowano z chmury punktów pozyskanych techniką ALS jak i metodą automatycznego dopasowania zdjęć lotniczych (Guelch, 2009). Dwukrotne generowanie NMPT pozwoliło dodatkowo na ocenę przydatności wykorzystywanych danych źródłowych w analizowanym procesie (Kubalska i Preuss, 2013). Dane z lotniczego skaningu lotniczego przetwarzano w programach SCOP++ oraz OPALS (TU Wien). Zastosowanie modułu OpalsAlgebra w systemie OPALS (oprogramowanie Instytutu Fotogrametrii Politechniki Wiedeńskiej) pozwoliło na uzyskanie poprawnego wygładzenia powierzchni gładkich (np. jezdni) oraz dobry opis powierzchni chropowatych (np. obszarów wysokiej roślinności). Scharakteryzowane oprogramowanie wykorzystano do

wygenerowania zarówno NMT jak i NMPT. Dla generowania NMPT metodą automatycznego dopasowania obrazów (matching) zastosowano pakiet programowy firmy INPHO moduł MATCH-T DSM (Biegała T., 2008).



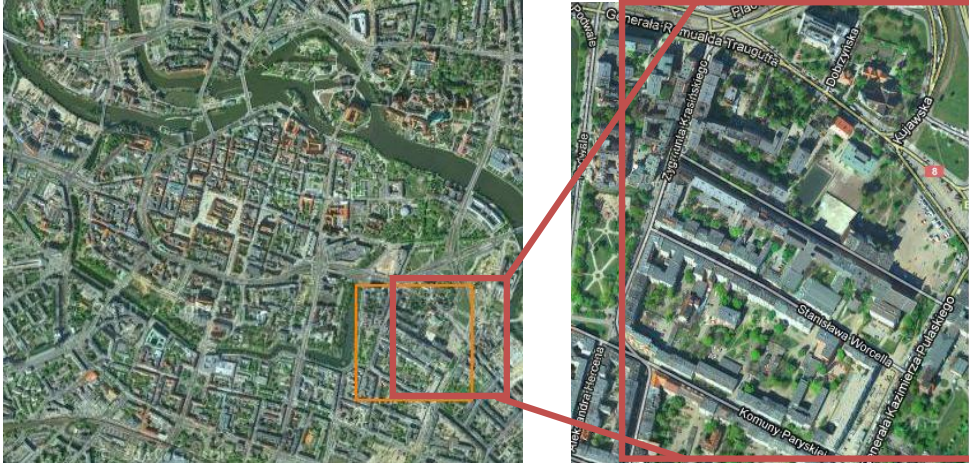
Rys. 1. Schemat prowadzenia badań

Po pozyskaniu danych wysokościowych przystąpiono do wygenerowania trueortho dla fragmentu miasta Wrocławia, na którym w dalszych krokach przeprowadzono klasyfikację roślinności. Produkt w postaci trueortho w porównaniu z tradycyjną ortofotomapą pozwolił na poprawienie precyzji lokalizacji obiektów wystających (budynki, roślinność itp.) oraz wyeliminowanie martwych pól czyli ograniczenie utraty zbyt wielu cennych informacji. Do wygenerowania trueortho w podczerwieni wykorzystano pakiet Orthomaster firmy INPHO. Dla potrzeb klasyfikacji roślinności z wygenerowanych NMPT i NMT utworzono znormalizowany Numeryczny Model Pokrycia Terenu (nNMPT) charakteryzujący zmiany wysokościowe obiektów wystających ponad powierzchnię topograficzną terenu. Ostateczną klasyfikację roślinności przeprowadzono w środowisku Erdas Imagine firmy Leica wykorzystując informacje zawarte w pikselach trueortho w podczerwieni (CIR) oraz dane wysokościowe z znormalizowanego Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu. Posiadane dane wejściowe pozwoliły na dwukrotne przeprowadzenie procesu klasyfikacji i ocenę przydatności wykorzystanych danych wejściowych.

3. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

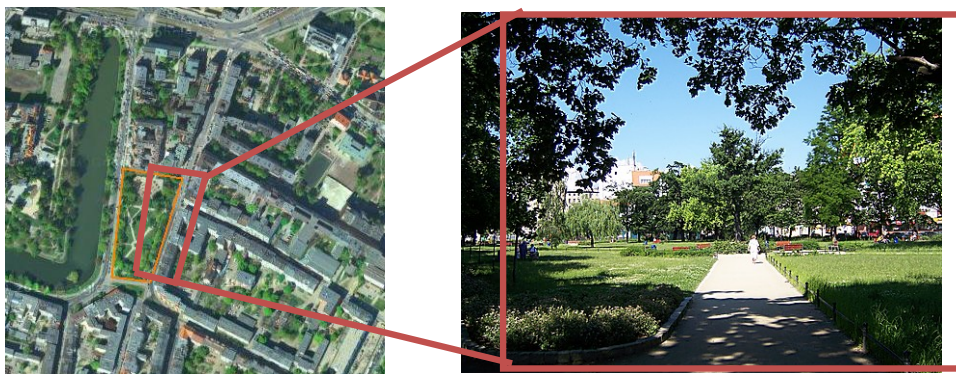
Przeprowadzone badania wykonano dla obszaru położonego na Starym Mieście Wrocławia, usytuowanego w centralnej części miasta na lewym brzegu Odry, a dokładnie w sąsiedztwie zachowanych do dzisiejszych czasów fragmentów Fosy Miejskiej. Wybrany

obszar miasta jest terenem skomplikowanym dla tworzenia NMPT i docelowo klasyfikacji zieleni na podstawie danych obrazowych. Na rys. 2 kolorem czerwonym zaznaczono wybrany do opracowania fragment miasta i jego lokalizację na zdjęciu.



Rys 2. Fragment Wrocławia wybrany obszar badań
Źródło: www.maps.google.pl

Na wybranym obszarze badań znajdują się zarówno otwarte przestrzenie terenów zieleni miejskiej, boiska szkolne, jak i zamknięte podwórka otoczone wysoką zabudową z licznymi zadrzewieniami i zakrzewieniami. Teren opracowania zawiera się między ulicami Podwale, Generała Romualda Traugutta, Generała Kazimierza Pułaskiego oraz Komuny Paryskiej. Charakterystycznym miejscem w tej części miasta jest Park tzw. Worcella prezentowany na rysunku 3.



Rys. 3. Tereny zieleni we Wrocławiu: Park Worcella przy Fosie Miejskiej
Źródło: www.maps.google.pl

4. WYKORZYSTYWANE DANE ŹRÓDŁOWE

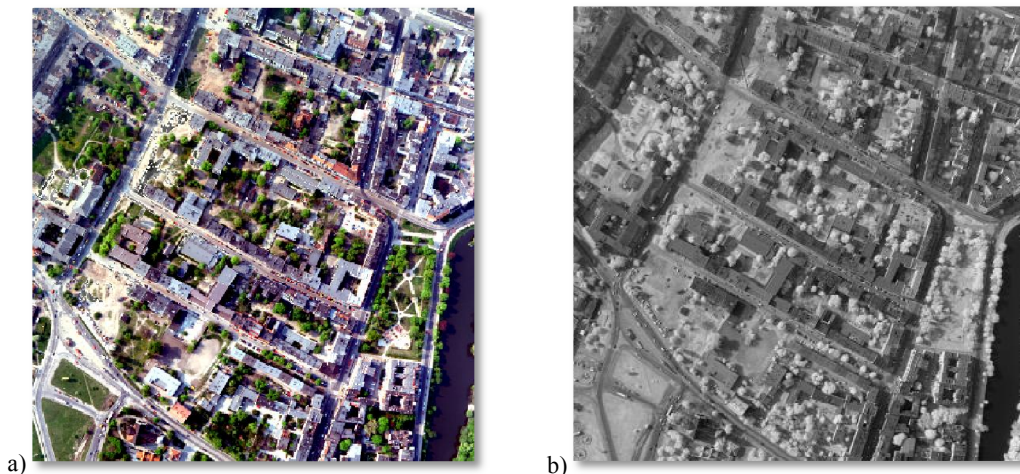
Dla wykonania prac eksperymentalnych zgromadzono, przeanalizowano i przetworzono następujące materiały:

- lotnicze zdjęcia cyfrowe,
- projekt wyrównanego bloku zdjęć (aerotriangulacja),
- dane lotniczego skanowania laserowego (ALS).

Dane te zostały pozyskane dla fragmentu Starego Miasta Wrocławia w maju 2006 roku i udostępnione dzięki uprzejmości firmy GISPRO Sp. z o.o.

Lotnicze zdjęcia cyfrowe

Firma GISPRO Sp. z o.o. wykonała w 2006 roku lotnicze zdjęcia cyfrowe dla obszaru Wrocławia (łącznie ok. 3500 zdjęć). Pozyskano je wielkoformatową, wieloobiektywową, cyfrową kamerą UltraCam_D firmy Vexcel. W ramach tego projektu zdjęcia wykonano z rozdzielczością przestrzenną GSD=10 cm i pokryciem podłużnym i poprzecznym wynoszącym odpowiednio p=70% oraz q=60%. umożliwiającym minimalizację martwych pól i poprawne wygenerowanie trueortho. Udostępnione do niniejszych badań zdjęcia to rejestracje w czterech kanałach: czerwonym (R), zielonym (G), niebieskim (B) oraz w kanale bliskiej podczerwieni (NIR) z rozdzielczością radiometryczną wynoszącą 12 bit. Rysunek 4 ilustruje przykładowe zdjęcia wykorzystywane w niniejszych pracach. Tak duża rozdzielczość radiometryczna wykorzystywanych zdjęć jest istotną zaletą na obszarach zurbanizowanych o wysokiej zabudowie. Zobrazowania wielospektralne rejestrowane w 4-krotnie niższej rozdzielczości geometrycznej zostały przetworzone w wyniku procesu tzw. wyostrzenia (ang. *pansharpen*) do rozdzielczości obrazu panchromatycznego. W tabeli 1 zestawiono dane techniczne zdjęć użytych w badaniach.



Rys. 4. Zdjęcia wykorzystane w pracy w barwach rzeczywistych (a) i podczerwieni (b)
Źródło: (Kubalska, 2013)

Tab. 1. Parametry wykorzystywanych zdjęć

Charakterystyka procesu wykonania zdjęć	
Platforma pozyskania	samolot
System rejestracji	pasywny
Urządzenie rejestrujące	cyfrowe, kamera UltraCam _D
Rejestrowane zakresy	RGB, IR
Rozdzielczość radiometryczna	12 bitów
Rozdzielczość przestrzenna	10 cm
Pokrycie podłużne	70%
Pokrycie poprzeczne	60%
Format zapisu	tiff
Data pozyskania	maj 2006 r.

Dane pochodzące z lotniczego skanowania laserowego (ALS)

Pomiary ALS zostały wykonane w tej samej misji fotolotniczej, co zdjęcia cyfrowe, czyli w maju 2006 roku. Jest to cenne i istotne, gdyż przy wykorzystywaniu takiego zestawu danych podczas klasyfikacji roślinności, mamy pewność, że zarówno pozyskiwanie zdjęć jak i chmury punktów odbywało się w tym samym okresie wegetacyjnym roślin. Do rejestracji chmury punktów użyto lotniczego skanera laserowego OPTECH ALTM 2050, który był umieszczony na pokładzie samolotu Cessna 402B.

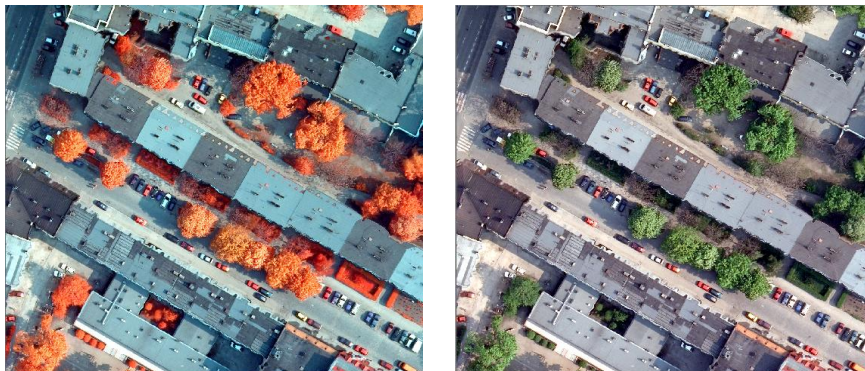
Zastosowany skaner lotniczy przy częstotliwości skanowania równej 100 kHz i częstotliwości impulsu 50 kHz wykonał pomiar terenu z gęstością 15 pkt/m². Przy locie samolotu na pułapie 1000 metrów osiągnięto dokładność wysokościową $m_n = \pm 10$ cm. Przetworzenie danych do układu współrzędnych PUWG2000 wykonano poprzez nawiązanie się do trzech stacji referencyjnych GPS usytuowanych na terenie Wrocławia. Najistotniejsze informacje techniczne charakteryzujące proces rejestracji techniką ALS przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Charakterystyka pozyskanych danych ALS

Zestawienie danych dotyczących skaningu laserowego	
Platforma pozyskania	samolot
Skaner	OPTECH A TM 2050
Częstotliwość impulsu	50 kHz
Częstotliwość skanowania	100 kHz
Dokładność wysokościowa	10 cm
Dokładność sytuacyjna	15 cm
Pokrycie poprzeczne	30%
Układ współrzędnych	PUWG 2000
Wysokość lotu	1000 m
Data pozyskania danych	maj 2006 r.

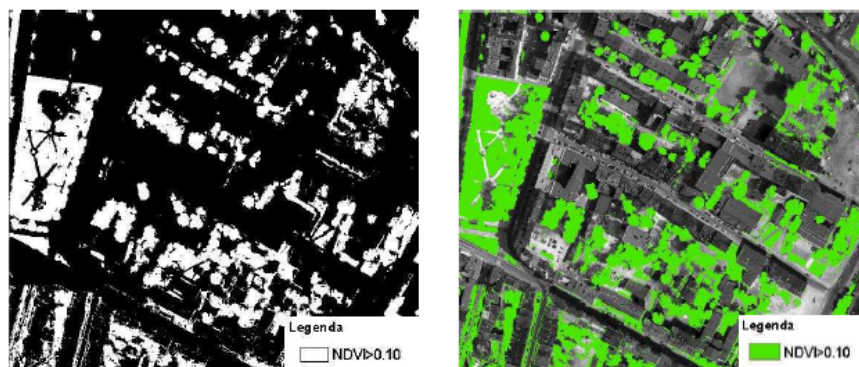
5. PRZEPROWADZONE PRACE EKSPERYMENTALNE

Na podstawie źródłowej chmury punktów ALS dla potrzeb dalszych etapów przetwarzania wygenerowano NMPT w postaci siatki GRID o rozmiarze oczka siatki 1m. Taki sam produkt wygenerowano z cyfrowych zdjęć lotniczych metodą automatycznej korelacji obrazów (Kubalska i Preuss, 2013). Produkty te charakteryzowała zbliżona dokładność wysokościowa $m_z = \pm 0.14$ m. Zostały one następnie użyte do generowania trueortho jak i samego procesu klasyfikacji. Ortoobrazy obszaru objętego badaniami wykonano w programie OrtoBox wykorzystując wszystkie dostępne na ten obszar zdjęcia eliminując martwe pola na wynikowym trueortho (Nielsen, 2004). Finalnie trueortho z rozdzielczością terenową GSD = 10 cm wykonano w barwach naturalnych (RGB) oraz kolorowe w podczerwieni (CIR). Fragmenty tych ortoobrazów są pokazane na rys. 5.



Rys. 5. Fragmenty wygenerowanych trueortho w programie OrtoBox
Źródło: (Kubalska, 2013)

Trueortho w postaci CIR wykorzystano do inwentaryzacji roślinności, którą przeprowadzono w środowisku Erdas Imagine 9.1.

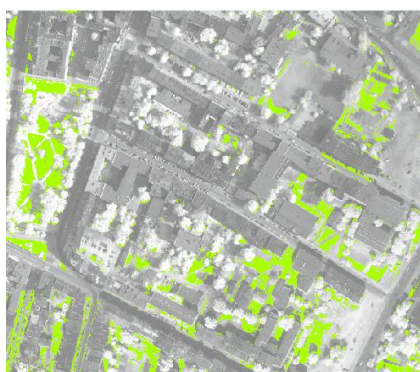


Rys. 6. Lokalizacja roślinności na podstawie wskaźnika NDVI
Źródło: (Kubalska, 2013)

Cały proces klasyfikacji podzielono na dwa etapy. W pierwszym analizując wartości pikseli ortobrazu w podczerwieni określono wartości wskaźnika NDVI (ang. *Normalized Difference Vegetation Index*). Dzięki obliczeniu tego wskaźnika zlokalizowano i wyodrębniono tereny zielone. Wynik tego etapu pracy graficznie jest ilustrowany na rysunku 6. Pozwoliło to docelowo na wyliczenie procentowego pokrycie terenu miasta pokrywą roślinną, które wynosi 25.1%. W drugim etapie inwentaryzacji roślinności dokonano integracji danych wysokościowych (nNMPT) z wartością wskaźnika NDVI. Dzięki synergii danych możliwe było wydzielenie czterech klas zieleni miejskiej: trawników, krzewów, oraz drzew z rozróżnieniem niskich i wysokich. Ten etap wykonano przy użyciu znormalizowanego Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu pochodzącego z dwóch trueortho danych: skaningu laserowego i automatycznej korelacji obrazów oraz dwóch trueortho wykonanych również z wykorzystaniem modeli wysokościowych wymienionych powyżej. Dla wykonania etapu przetwarzania danych wejściowych przyjęto podane w tabeli 3 kryteria parametrów sterujących procesem klasyfikacji. Finalnie uzyskano cztery pliki z poszczególnymi rodzajami roślinności, które zwizualizowano w programie ArcGIS firmy Esri. Rysunek 7 przedstawia wyniki klasyfikacji dla dwóch wybranych rodzajów roślinności.

Tab. 3. Przyjęte parametry sterujące klasyfikacją

wyróżniona klasa roślinności	zadane warunki	
	NDVI	wysokość [m]
trawy	> 0.10	$h < 0.20$
krzewy		$0.20 < h < 1.50$
niskie drzewa		$1.50 < h < 8.00$
wysokie drzewa		$h > 8.00$



warstwa trawników



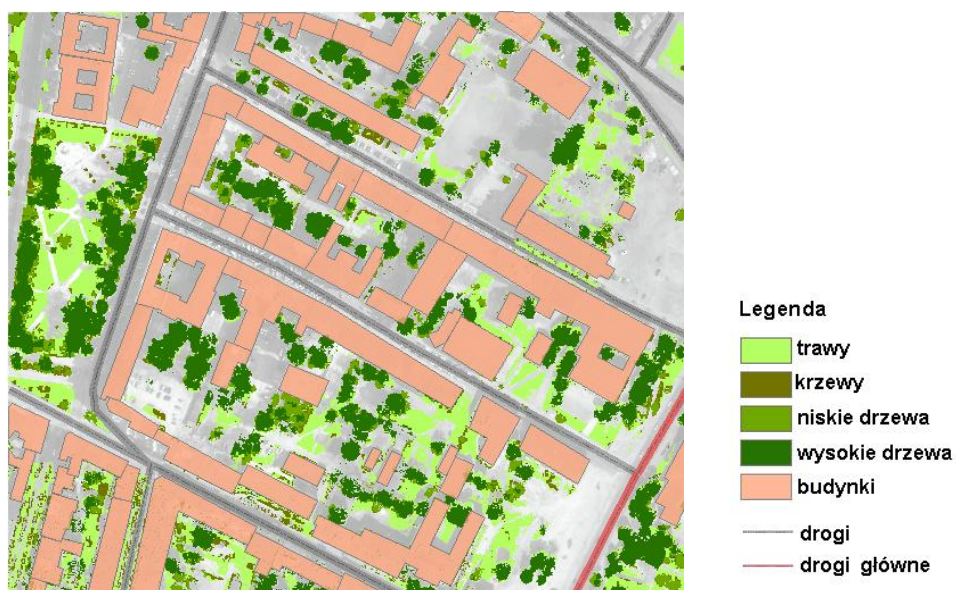
warstwa wysokich drzew

Rys. 7. Wynik klasyfikacji roślinności na terenie zurbanizowanym
Źródło: (Kubalska, 2013)

Tabela 4 zawiera zbiorcze dane statystyczne wyliczone podczas klasyfikacji roślinności. Wykorzystanie modeli wysokościowych z dwóch różnych danych źródłowych (ALS, zdjęcia lotnicze) do przeprowadzenia klasyfikacji dało praktycznie te same rezultaty. Ostateczne wyniki przeprowadzonej klasyfikacji zostały przedstawione w postaci mapy inwentaryzacji zieleni, którą ilustruje rysunek 8.

Tab. 4. Zestawienie wyników klasyfikacji dla poszczególnych warstw

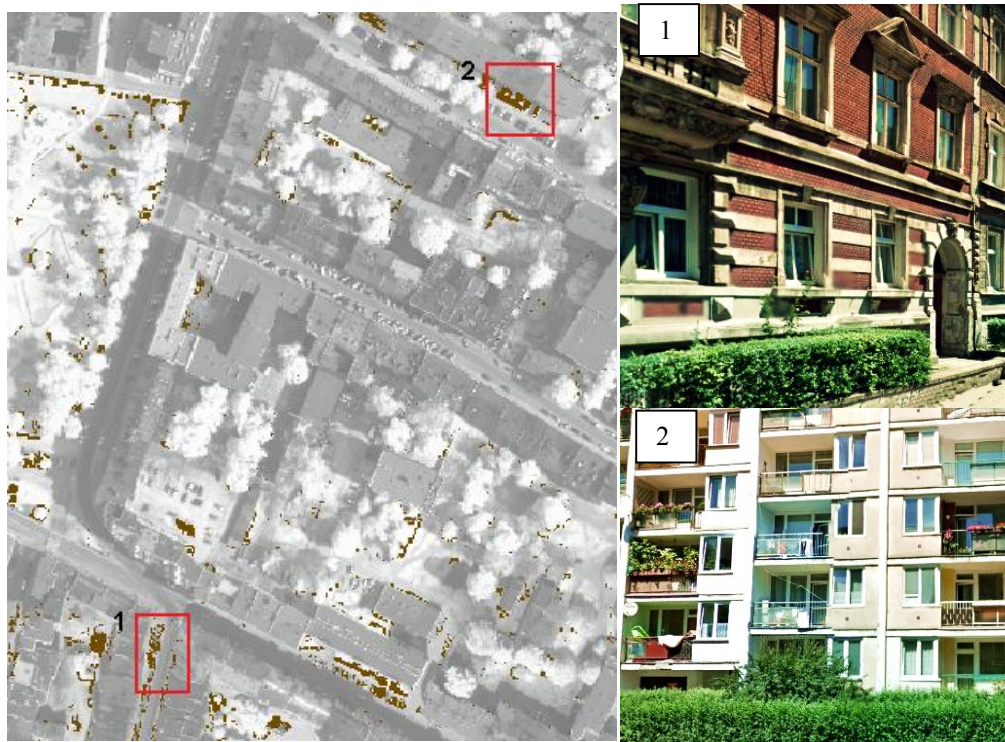
klasa	wartość średnia wskaźnika NDVI	średnia wysokość	zajmowana powierzchnia	wielkość pokrycia całego obszaru	obszar udziału w klasie
		[m]	[ha]	[%]	[%]
trawniki	0.20	0.07	1.75	8.99	36.21
krzewy	0.27	0.64	0.36	1.83	7.29
niskie drzewa	0.26	4.79	0.64	3.31	13.16
wysokie drzewa	0.26	13.66	2.14	11.00	43.79



Rys. 8. Mapa inwentaryzacji zieleni z nałożoną warstwą dróg i zabudowy na tle true-ortho. Źródło: (Kubalska, 2013)

Dla oceny wiarygodności przeprowadzonego procesu klasyfikacji uzyskane rezultaty porównano ze stanem rzeczywistym wykorzystując do tego celu aplikację Google Maps Street View. Rysunek 9 przedstawia lokalizację wybranych fragmentów krzewów

wyznaczonych w procesie klasyfikacji i rzeczywistą sytuację w tym miejscu zidentyfikowaną na w/w aplikacji.



Rys. 9. Porównanie wyników klasyfikacji krzewów ze stanem rzeczywistym
Źródło: (Kubalska, 2013)

6. PODSUMOWANIE

Połączenie danych wysokościowych pochodzących z różnych źródeł oraz zdjęć barwnych w podczerwieni pozwala na przeprowadzenie dokładnej klasyfikacji pokrycia terenu na obszarze miejskim. Poprzez fuzję danych wysokościowych oraz zdjęć w podczerwieni otrzymano dodatkowe informacje dotyczące wysokości poszczególnych klas roślinności. Wykorzystanie metody kombinowanej tj. analizy informacji zawartej w pikselach oraz podziału obrazu na homogeniczne części przy uwzględnieniu konkretnej własności (wysokości) w efekcie dało to obraz o lepszych walorach interpretacyjnych. W przypadku klasyfikacji treści obrazów cyfrowych na obszarach zurbanizowanych produkcja trueortho jest konieczna. Pozwala to na poprawne odwzorowanie obiektów wystających ponad powierzchnię topograficzną i ograniczenie występowania tzw. martwych pól. Na analizowanym obszarze roślinność występowała zarówno na terenach

otwartych, niezabudowanych (park, poblizze fosy staromiejskiej) oraz na terenach z wysoką zabudową. Na takich obszarach zastosowanie trueortho pozwoliło na sklasyfikowanie również roślinności znajdujących się pomiędzy kamienicami w wąskich podwórkach typu studnia oraz tuż przy fasadach budynków. Przy klasyfikacji wegetacji zastosowanie Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu o zbyt dużej szczegółowości jest niewskazane. Wystarczy NMPT w postaci Grid o oczku terenowym 1.0 m, który równocześnie można zastosować do automatycznego generowania trueortho (bez dokładnych modeli wektorowych budynków). Niezależnie od źródła pochodzenia NMPT (ALS, zdjęcia lotnicze) wyniki klasyfikacji są bardzo spójne i jednorodne. Wnioski te potwierdzają zdjęcia dostępne w aplikacji *Google Street View*. W czasach, gdzie platformy lotnicze posiadają na swoim pokładzie dwa sensory rejestrujące tj. kamerę cyfrową i skaner laserowy, łączenie danych jest rzeczą naturalną. Inwentaryzacja zieleni na obszarach zurbanizowanych jest jedną z wielu możliwych zastosowań tej technologii. Połączenie obu typów danych pozwala na osiągnięcie wysokiej dokładności wyników.

8. LITERATURA

Biegała T., 2008. Badanie gęstości wyznaczanych punktów technologią automatycznej korelacji na podstawie zdjęć cyfrowych. Praca dyplomowa. Politechnika Warszawska.

Kubalska J. L., 2013. Inwentaryzacja zieleni na obszarze zurbanizowanym z wykorzystaniem True-Ortho w podczerwieni opracowanym w pakiecie programów Inpho. Praca dyplomowa. Politechnika Warszawska.

Kubalska J. L., Preuss, R., 2013 Dokładność NMPT tworzonego metodą automatycznego dopasowania cyfrowych zdjęć lotniczych, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, wydanie specjalne: Monografia „Geodezyjne Technologie Pomiarowe”, s. 47-58.

Guelch, C., 2009. Advanced Matching Techniques for High Precision Surface and Terrain Models, *Photogrammetric Week 2009*, Stuttgart, Niemcy

Majdecki L., (1993), *Przyroda, ogród i krajobraz w życiu miasta*, Oficyna Wydawniczo-Poligraficzna „Dabor”, Warszawa.

Nielsen M., 2004. True orthophoto generation, Master thesis, Technical University of Denmark.

Tompalski P. (2009), Naziemny skaning laserowy w inwentaryzacji zieleni miejskiej na przykładzie plant w Krakowie, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, s.421-431.

USE OF THE PHOTOGRAMMETRIC DATA FOR VEGETATION INVENTORY ON URBAN AREAS

KEY WORDS: DTM, DSM, classification of digital images, true-ortho, DSM, matching, LIDAR, digital aerial photos

Summary

This paper discusses the methodology of the implementation of an inventory of vegetation in an urban area using photogrammetric data in the form of color NIR "true-orthophotomap" (true-ortho) and the digital surface model (DSM) created with data from airborne laser scanning, or alternatively, with an automatic correlation of images. The vegetation inventory was conducted by classification on the basis of the characteristics contained in pixels of georeferenced true-ortho while taking into account the elevation data in the form of gridded DSM. To carry out the classification *Erdas Imagine* software was used. The correct classification process was preceded by the creation of the input data for this task. This data was obtained from the processing of digital aerial photos taken by a Vexcel UltraCam camera with the ground resolution $GSD = 10\text{cm}$ and point clouds acquired from ALS. This processing included the generation of digital terrain model in the *SCOP++* environment and the digital surface model in an *Opals* and *Inpho* environment. The Comparison of DSM created from two different sources of data showed the overall consistency and uniformity and the ability to use both models to generate a true-ortho product from digital aerial photographs. The work was performed on an *INPHO* photogrammetric workstation. "True-ortho" was generated from both the black and white NIR images and colour images. The classification carried out with the *Erdas Imagine* software proved that this software is suitable for classification based on the features extracted from the pixels with the simultaneous analysis of elevation data. Simultaneous use of data both from airborne laser scanning and colour infrared images made it possible to make an exact classification of vegetation on very difficult terrain, like built up urban areas. The results of the classification accuracy were evaluated by the visual verification in *Google Street View* application. At a time when airborne platforms are equipped by both sensors, ie high resolution digital camera and laser scanner, data fusion is a commonly used approach. This makes it possible to combine the advantages of both types of data, and carrying out an inventory of the vegetation in the town area is one of many possible applications of the combined data from ALS and CIR.

Dane autorów:
mgr inż. Joanna Lucyna Kubalska
e-mail: asiakubalska@gmail.com
telefon: (022) 234 76 94

dr inż. Ryszard Preuss
e-mail: ryszard.preuss@wp.pl
telefon: (022) 234 76 94

Przesłano 19.08.2014
Zaakceptowano 20.12.2014