

**AUTOMATYCZNA DETEKCJA I MODELOWANIE BUDYNKÓW
PRZY POMOCY PROGRAMU TERRASCAN**

**AUTOMATIC BUILDING DETECTION AND MODELLING
WITH THE TERRASCAN SOFTWARE**

Łukasz Kulesza

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska,
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

SŁOWA KLUCZOWE: skanowanie laserowe, budynek, modelowanie, detekcja, ekstrakcja, Terrascan

STRESZCZENIE: Skanowanie laserowe jest szybko rozwijającą się techniką pomiaru terenu i obiektów terenowych. Dostarcza dane o dużej dokładności sytuacyjnej i wysokościowej i jest mniej uzależniona od warunków atmosferycznych niż klasyczne techniki fotogrametryczne. Możliwość automatyzacji procedur przetwarzania uzyskanych danych zaowocowała licznymi algorytmami, które znajdują swoje zastosowanie w oprogramowaniu komercyjnym. Liderem w tej dziedzinie jest fińska korporacja Terrasolid ze swoją nakładką Terrascan działającą w środowisku Microstation. Brak dokumentacji na temat zaimplementowanej w niej algorytmu detekcji i ekstrakcji budynków spowodował konieczność wyjątkowo szczegółowego przebadania wpływu poszczególnych parametrów na sposób ich działania. W tym celu wykonano automatyczną detekcję budynków dla trzech obszarów testowych, a następnie próbę zbudowania modeli 3D budynków i porównanie ich z modelami wykonanymi ręcznie.

1. WPROWADZENIE

Ostatnie lata wskazują na szybki rozwój technologii, jaką jest lotniczy skaning laserowy. Znaczna automatyzacja procesów pozyskiwania i przetwarzania danych zapewnia szybkość i dokładność z jaką otrzymywane są produkty w postaci DTM lub DSM a także produkty pochodne co świadczy o jego niewątpliwych zaletach. Rozwój świadomości ludzkiej pozwala wyszukiwać coraz to nowe zastosowania praktyczne tegoż systemu. Jak każda metoda ta również ma swoje wady, takie jak brak odbić impulsu laserowego od powierzchni wody, trudności w określaniu linii szkieletowych, nieciągłości terenu czy krawędzi budynków. Skaning laserowy stanowi alternatywę podejścia fotogrametrycznego, a w niektórych przypadkach, staje się jedynym możliwym sposobem pozyskania dokładnej i wiarygodnej informacji o terenie.

Na przestrzeni ostatniej dekady powstało wiele publikacji naukowych prezentujących różne podejścia do tematyki automatycznego wykrywania i modelowania budynków. Niektóre z nich służą jako podstawa algorytmiczna dla programów komercyjnych.

Liderem w dziedzinie oprogramowania do obróbki danych laserowych jest fińska korporacja Terrasolid ze swoją aplikacją o nazwie Terrascan. W dokumentacji niestety brak jest informacji dotyczących zaimplementowanych algorytmów stanowiących podstawę detekcji budynków w programie. Brak tej dokumentacji oraz oceny skuteczności spowodował konieczność przeanalizowania wpływu parametrów wymaganych w procesie automatycznej detekcji jej wynik. W pierwszej części niniejszej publikacji skupiono się nad analizą wpływu tych parametrów na stopień wykrycia budynków.

W drugiej części wykorzystano doświadczenia uzyskane w pierwszej części w celu wygenerowania modeli 3D uprzednio wykrytych budynków. Czynność wykonano dwukrotnie dla każdego budynku – pierwszy raz automatycznie, drugi z pomocą operatora – a następnie porównano oba modele i wyciągnięto wnioski, zarówno pod kątem wierności modeli, jak i czasu ich powstawania.

W dalszej części pracy stosowane będą pojęcia wykrywania (zamiennie z detekcją) oraz modelowania (zamiennie z ekstrakcją) budynków. Pod pojęciem wykrywania budynków kryje się stwierdzenie występowania budynku. Polega ono na przypisaniu punktom należących do budynków klasy budynek (ang. *Buildings*). Modelowanie natomiast oznacza zamianę dyskretnej formy danych jaką jest chmura punktów na postać ciągłą, czyli określenie liczby, położenia i kątów nachylenia poszczególnych płaszczyzn dachu oraz na ich podstawie utworzenie modeli 3D budynków.

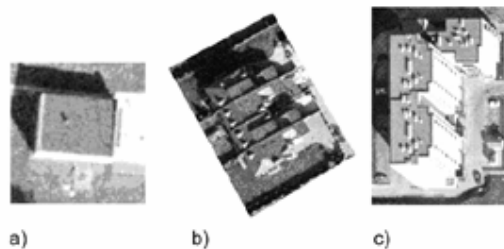
2. EKSPERYMENT BADAWCZY

2.1. Opis danych

W niniejszej pracy wykorzystano dane laserowe pozyskane w 2006 roku obejmujące swoim zasięgiem obszar miasta Krakowa i okolic. Dane pozyskano dzięki uprzejmości Biura Planowania Przestrzennego Urzędu Miasta Krakowa w postaci plików ASCII, w których zapisane były cztery atrybuty dla każdego punktu:

- współrzędne X, Y, Z w układzie lokalnym miasta Kraków,
- intensywność odbicia.

Gęstość punktów jest zmienna i waha się w przedziale 11 – 30 punktów na m². Punkty dostarczone zostały w postaci plików tekstowych, zatem nie ma w nich dodatkowej informacji o wielokrotnych odbiciach czy numeru pasa skanowania.



Rys. 1. Budynki testowe dla automatycznej detekcji: a) budynek łatwy; b) budynek trudny; c) budynek blok

Celem etapu detekcji budynków była analiza doboru parametrów automatycznej detekcji budynków w programie Terrascan. Procedura klasyfikacji budynków (*classify buildings*), oprócz wyboru klas branych do analizy, wymaga wprowadzenia wartości sześciu zmiennych. Aby wykazać, w jaki sposób parametry te oddziałują na wynik automatycznego wykrywania budynków, analizując ortofotomapy i odpowiadające im chmury punktów wybrano trzy obszary testowe reprezentujące pojedyncze budynki o różnym charakterze opisane poniżej i przedstawione na Rys. 1:

- łatwy (mały budynek o podstawie prostokąta o wymiarach 12.5 x 10 m i wysokości około 5 m; posiada prosty, jednospadowy dach),
- trudny (zabudowa szeregowa składająca się z czterech mieszkań; skomplikowana budowa dachu składająca się z wielu płaszczyzn nachylonych pod różnymi kątami; występuje duża ilość małych szczegółów typu dwuspadowe daszki nad oknami dachowymi),
- blok (zabudowa wielokondygnacyjna z płaskim, dwupoziomowym dachem pokrytym kominami wentylacyjnymi; wysokość dachu 15 m oraz 27 m).

Etap modelowania obejmuje określenie poszczególnych parametrów budynku, takich jak wymiary czy ilość i nachylenia płaszczyzn dachu. Na etapie detekcji informacje te są niedostępne, gdyż dane mają charakter dyskretny. Dla potrzeb tego etapu wybrano sześć budynków w celu wykonania modeli 3D:

- łatwy i trudny (opisane powyżej),
- budynek 3 (blok mieszkalny o wysokości 9 m; dach dwuspadowy do wewnątrz stworzony w celu odprowadzenia wody deszczowej do osi dachu; występują liczne kominy wentylacyjne),
- budynek 4 (jednospadowy dach jednak o różnych wysokościach w poszczególnych segmentach; wysokość waha się od 16 m do 20 m; rzut budynku na płaszczyznę poziomą przyjmuje kształt litery „L”, co sprawia, że powstaje połączenie koszowe dwóch jednospadowych płaszczyzn dachu; występują liczne kominy wentylacyjne i anteny telewizyjne),
- budynek 5 (dwuspadowy dach o różnych kątach nachylenia w poszczególnych partiach budynku; dla wszystkich segmentów jedna wspólna kalenica o wysokości 12.5 m),
- budynek 6 (mały budynek o wysokości kalenicy dachu 10.5 m; posiada trójspadowy dach otoczony roślinnością wysoką wyższą niż sam obiekt).

2.2. Charakterystyka programu Terrascan

Oprogramowanie Terrascan jest produktem fińskiej korporacji Terrasolid zajmującej się tworzeniem programów do obróbki obrazów oraz danych laserowych. Aplikacja jest jednym z wielu produktów oferowanych przez firmę.

Terrascan jest oprogramowaniem przeznaczonym do przetwarzania punktów pozyskanych przy użyciu skaningu laserowego, zarówno naziemnego, jak i lotniczego. Zaimplementowane w sposób optymalny algorytmy z łatwością przetwarzają zbiory punktów liczone w milionach. W przypadku wyjątkowo dużych zbiorów danych rzędu setek milionów punktów, aplikacja umożliwia dzielenie ich na bloki a następnie powtarzanie przetwarzania przy użyciu makr.

Program jest zintegrowany z Microstation. Jest wczytywany do środowiska CAD jako aplikacja MDL. Powoduje to konieczność posiadania podstawowej wiedzy z zakresu obsługi Microstation, aby móc efektywnie używać oprogramowania do obróbki danych laserowych. Integracja ze środowiskiem CAD umożliwia wykorzystanie ogromnych funkcjonalności, jakie ono posiada z zakresu manipulacji widokami, wizualizacji, wektoryzacji czy drukowania. Dane zawierające punkty wczytywane są z plików tekstowych XYZ lub plików binarnych w formacie LAS oraz Terrascan.

Program Terrascan poszerza funkcjonalności oferowane przez Microstation o następujące funkcje:

- definiowanie klas punktów;
- przeklasyfikowanie punktów ręcznie na wskazanych profilach oraz przy użyciu procedur automatycznych umożliwiających wykrywanie punktów: niskich, wysokich, odizolowanych, terenu, wegetacji, dróg, linii kolejowych;
- klasyfikacja obiektów 3D interaktywnie;
- wizualizacji chmury punktów jako profile co umożliwia usuwanie użytkownikowi niepotrzebnych punktów lub poprzez zmniejszanie grubości warstwy punktów odbitych od powierzchni terenu bądź pokrycia terenu co również prowadzi do zmniejszenia ich ilości (ang. *Thin Points*);
- wektoryzacja z funkcją snapowania do punktów laserowych;
- detekcja linii wysokiego napięcia oraz dachów budynków;
- tworzenie modeli 3D budynków automatycznie lub ręcznie;
- wyświetlanie punktów w postaci profili;
- eksport danych w postaci plików tekstowych oraz jako wysokościowe obrazy rastrowe.

Na stronie internetowej korporacji Terrasolid¹ dostępna jest w pełni działająca wersja oprogramowania, którą można bezpłatnie testować przez okres 7 dni.

3. DETEKCJA

W pierwszej części prac badawczych przeprowadzono automatyczną detekcję dla trzech budynków reprezentujących różny charakter zabudowy, a następnie dokonano szeregu badań mających na celu wyłonienie zależności między doбором parametrów automatycznej detekcji, a wykrywalnością budynków o różnych kształtach pokrycia dachu.

Aby automatyczna detekcja była możliwa spośród punktów otrzymanych z lotniczego skaningu laserowego muszą zostać wybrane dwie grupy punktów: punkty terenowe (*Ground points*) oraz punkty znajdujące się powyżej określonej wysokości nad terenem. Dla potrzeb badań wprowadzono założenie, że budynek jest obiektem wystającym ponad teren o co najmniej 3 m. Tak przygotowane dane mogły posłużyć do przeprowadzenia automatycznej detekcji budynków.

Procedury automatycznej detekcji budynków wymagają wprowadzenia wartości sześciu parametrów:

- minimalny rozmiar,
- maksymalny rozmiar,

¹ www.terrasolid.fi

- minimalny detal,
- maksymalny kąt,
- dokładność wysokościowa,
- maksymalna przerwa.

Rozmiar rzutu na płaszczyznę poziomą budynku musi znajdować się w przedziale definiowanym przez minimalny i maksymalny rozmiar w celu jego wykrycia. Badania wykazały istnienie pewnych granicznych wartości jakich nie mogą przekroczyć parametry, ponieważ algorytm detekcji zaczyna zachowywać się nieprzewidywalnie. Minimalna powierzchnia nie może być większa niż 400 m², natomiast maksymalny nie powinien przekroczyć 10 000 m², ponieważ powoduje to zawieszenie programu. Z tego też powodu aplikacja Terrascan nie nadaje się do detekcji hali przemysłowych, widowiskowych czy handlowych (dużych, przestronnych budynków z reguły o płaskich dachach) o powierzchni większej niż 10 000 m². Należy je wykryć ręcznie.

Trzeci parametr ma szczególne znaczenie w przypadku dachów posiadających płaszczyznę o małej powierzchni (budynek trudny). Dodatkowo wykazuje on korelację z dokładnością wysokościową i maksymalną przerwą. Dane testowe charakteryzowały się dużą gęstością co umożliwiło przyjęcie minimalnego detalu z przedziału (1 m ; 5 m). Wartości mniejsze wyraźnie zwiększały czas działania algorytmu natomiast większe powodują pominięcie płaszczyzn o powierzchni mniejszej niż jego wartość.

Wartość maksymalnego kąta określa graniczne nachylenie płaszczyzny dachowej, powyżej którego nie zostaje ona wykryta. Problemy pojawiły się w przypadku budynku blok, którego płaszczyzny dachowe nie mają dużego nachylenia, jednak między nimi istnieje rynienka do odprowadzania wody. Program traktuje ją jako dwie kolejne płaszczyzny dachu o większym nachyleniu. Z tego względu wartość tego parametru powinna wynosić około 90°. Zapewnia to prawidłowe działanie algorytmu w każdej sytuacji.

Po wykryciu płaszczyzny dachu aplikacja Terrascan przeklasyfikuje punkty w odległości zdefiniowanej przez parametr dokładności wysokościowej. Jego wartość definiuje które punkty powinny zostać przeklasyfikowane. Zakwalifikowane do budynku zostaną punkty znajdujące się w odległości nie większej niż wyspecyfikowana wartość parametru od wykrytej płaszczyzny. Wysokościowa dokładność danych laserowych jest rzędu kilkunastu centymetrów, zatem jego wartość powinna zawierać się w przedziale (0.2 m ; 0.35 m). Użycie mniejszej wartości spowoduje pominięcie istotnych punktów należących do danej płaszczyzny i niepotrzebne wycieniowanie punktów, które istotnie należą do dachu budynku. W wyniku użycia większej wartości tegoż parametru włączone do płaszczyzny dachu zostaną elementy pokrycia dachu (np. anteny telewizyjne i kominy wentylacyjne) oraz część elewacji budynku znajdująca się w tej odległości od tej płaszczyzny. Duża wartość tego parametru może spowodować nieprzewidywalne działanie algorytmu.

Ostatni parametr definiuje maksymalną odległość w pionie między płaszczyznami dachu aby zostały potraktowane jako jedna płaszczyzna. Ma to znaczenie w przypadku dwóch małych płaszczyzn, gdzie powierzchnia każdej z nich jest mniejsza niż wartość minimalnego detalu. Jeżeli znajdują się one w odległości pionowej mniejszej niż parametr maksymalnej przerwy, a suma ich powierzchni przekracza wielkość minimalnego detalu, algorytm potraktuje je jako jedna i zostaną one wykryte. Badania wykazały iż optymalna wartość tego parametru zawiera się w przedziale (2 m ; 5 m). Wprowadzenie wartości

mniej skutecznie, bardzo długim czasem przetwarzania, natomiast większej dają nieprzewidywalne wyniki detekcji.

Wyniki badania wpływu parametrów automatycznej detekcji na stopień wykrycia budynków przedstawione zostały w Tab 1, która zawiera dopuszczalne ich wartości.

Tab 1. Dopuszczalne wartości parametrów automatycznej detekcji budynków (dotyczy testowanego zbioru danych)

Nazwa parametru	Wartość minimalna	Wartość maksymalna
Minimalny rozmiar [m ²]	< maksymalny rozmiar	400
Maksymalny rozmiar [m ²]	> minimalny rozmiar	10 000
Minimalny detal [m ²]	1	5
Maksymalny kąt [°]	88	90
Dokładność wysokościowa [m]	0.20	0.35
Maksymalna przerwa [m]	2	5

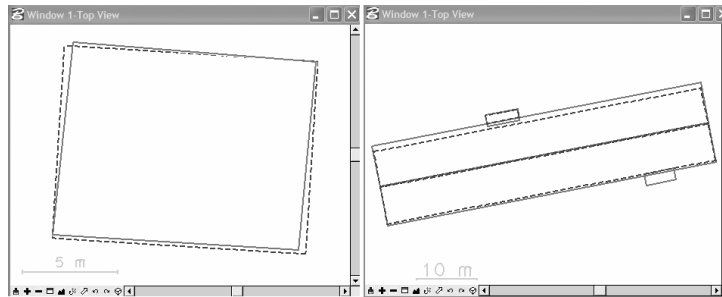
4. MODELOWANIE

Modelowanie, rozumiane jako wirtualna rekonstrukcja bryły budynku, jest kolejnym krokiem następującym po detekcji budynku. Dzięki niemu jesteśmy w stanie analizować budynek jako całą bryłę, określić dokładnie jego położenie, kubaturę, ilość, sposób położenia i kąty nachylenia płaszczyzn dachu. Aplikacja Terrascan pozwala na tworzenie trójwymiarowych modeli budynków na podstawie chmury punktów z wykrytymi budynkami. Modele można tworzyć całkowicie automatycznie lub ręcznie, w celu zapewnienia jak najwierniejszego oddania rzeczywistego kształtu budynku. Dla każdego z budynków testowych wykonano dwa modele, ręczny i automatyczny, w celu porównania skuteczności automatycznych procedur zaimplementowanych w nakładce Terrascan. Powierzchnie rzutów dachów na płaszczyznę poziomą zebrane są w Tab 2 na końcu rozdziału.

W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, że każdy automatyczny model budynku można zakwalifikować do jednej z trzech grup:

- prawidłowy,
- wymagający niewielkiej ingerencji operatora,
- nieprawidłowy.

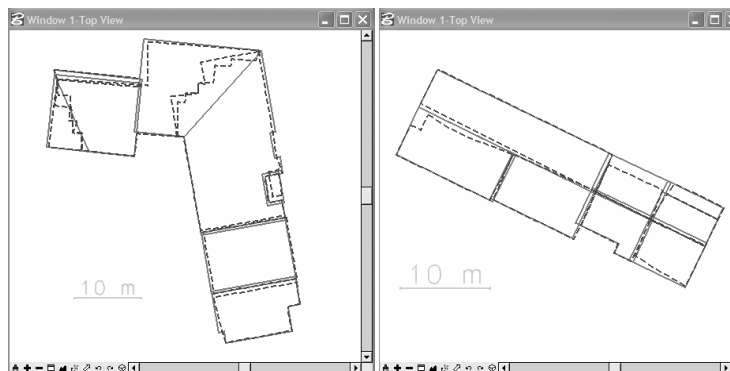
Automatyczne procedury budowy modeli 3D działają prawidłowo jedynie w przypadku budynków o bardzo prostej konstrukcji przypominającej prostopadłościan. Wskutek odpowiedniego doboru parametrów na etapie detekcji elementy pokrycia dachowego np. anteny telewizyjne i kominy nie stanowiły problemu. Wśród obszarów testowych tylko budynek 3 oraz budynek łatwy zostały wystarczająco dobrze zamodelowane, zatem modele: automatyczny i manualny nieznacznie się między sobą różnią. Widoczne to jest na Rys. 2.



Rys. 2. Widok z góry na płaszczyzny dachu modele budynku łatwego (z lewej) i budynku 3 (z prawej); model uzyskany automatycznie (linia przerywana) i manualnie (linia ciągła)

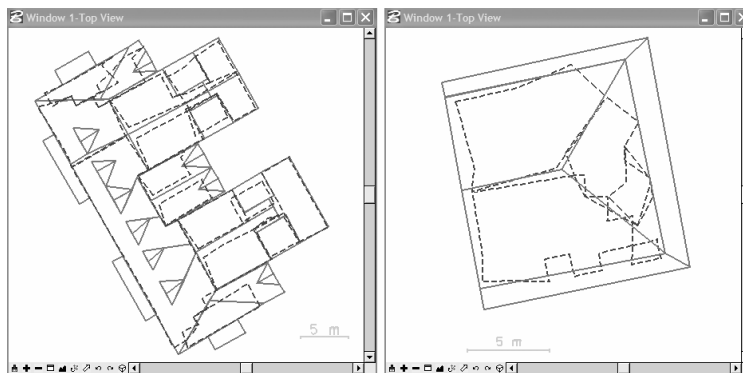
Generowane automatycznie modele budynków posiadających kształt prostopadłościenny o większej ilości płaszczyzn dachu posiadały pewne niewielkie usterki, głównie związane z nie przyleganiem do siebie pewnych płaszczyzn dachu, ewentualnie zachodzeniem na siebie tychże płaszczyzn w przypadku łączy koszowych między nimi (np. dla budynku 4 - Rys. 3). W celu poprawienia tych modeli ingerencja operatora jest stosunkowo niewielka i ogranicza się do dociągnięcia poszczególnych płaszczyzn do siebie. Algorytm prawidłowo wykrywa wszystkie płaszczyzny. W ten sposób zamodelowane zostały budynki 4 oraz 5 widoczne na Rys. 3.

Ostatnia grupa budynków obnażyła wszelkie wady automatycznych procedur budowania modeli 3D budynków. W przypadku dachów o bardzo skomplikowanej budowie, posiadających wiele płaszczyzn oraz dla bardzo małych budynków o kilku płaszczyznach dachowych modele automatyczne były całkowicie nieprawidłowo utworzone. W celu wykonania poprawnego modelu konieczne było praktycznie tworzenie go od podstaw przez operatora co okazało się dość czasochłonnym zajęciem.



Rys. 3. Widok z góry na płaszczyzny dachu modele budynku 4 (z lewej) i budynku 5 (z prawej); model uzyskany automatycznie (linia przerywana) i manualnie (linia ciągła)

Badane obszary testowe pozwoliły stwierdzić względną poprawność automatycznej ekstrakcji budynków zapewnioną przez nakładkę Terrascan jednak tylko w przypadku budynków o prostym kształcie pokrycia dachowego. W ich przypadku może być ona z powodzeniem stosowana do celów produkcyjnych. Jednak w przypadku obiektów bardziej skomplikowanych ingerencja operatora wydaje się być niezbędna. Największym problemem są błędy topologii, gdyż poszczególne płaszczyzny dachu budynku nie łączą się ze sobą. Koniecznym jest manualne ich dociąganie. Ogromne znaczenie ma również rozdzielczość wejściowych danych laserowych, a także sposób przeprowadzenia detekcji budynków. Zły dobór parametrów automatycznej detekcji może spowodować jej niewłaściwy przebieg, co pociąga za sobą dalsze błędy w postaci błędnych modeli trójwymiarowych budynków i konieczność znacznego wkładu pracy człowieka w celu ich poprawienia.



Rys. 4. Widok z góry na płaszczyzny dachu modele budynku trudnego (z lewej) i budynku 6 (z prawej); model uzyskany automatycznie (linia przerywana) i manualnie (linia ciągła)

W Tab 2 umieszczone zostały wyniki porównujące automatyczną i manualną ekstrakcję budynków. Pomierzone zostały powierzchnie rzutów dachów budynków na płaszczyznę poziomą. Poza pierwszym obszarem testowym powierzchnia rzutu dachu powstałego w wyniku ręcznej ekstrakcji jest większa niż w przypadku automatycznej. Spowodowane jest to kilkoma czynnikami:

- występowaniem wysokiej roślinności bezpośrednio w pobliżu budynków, która powoduje przesłonięcie dachu,
- występowaniem na powierzchni dachu materiałów pochłaniających wiązkę laserową,
- zbyt małą ilością punktów pomiarowych na krawędzi dachu, związaną występowaniem gzymsów, rynien deszczowych, itp.

Tab 2. Powierzchnie rzutów dachów na płaszczyznę poziomą dla automatycznego i ręcznego modelowania budynków

Obszar testowy	Powierzchnia budynku [m ²]		Różnica [m ²]	Procent niezgodności
	Ekstrakcja automatyczna	Ekstrakcja manualna		
Budynek łatwy	134	128	-6	5%
Budynek trudny	465	550	85	15%
Budynek 3	681	754	73	10%
Budynek 4	763	782	19	2%
Budynek 5	316	346	30	9%
Budynek 6	113	182	69	38%

5. PODSUMOWANIE

W pierwszej części niniejszej pracy skupiono się nad wpływem, jaki ma dobór parametrów wymaganych przez aplikację na etapie wykrywania budynków. Na podstawie trzech reprezentatywnych obszarów testowych, z których każdy obejmował jeden budynek, wysnuto odpowiednie wnioski pozwalające na najskuteczniejsze wykonanie detekcji budynków, na jakie pozwalają otrzymane dane. Konieczność analizowania algorytmów zaimplementowanych w programie w sposób doświadczalny wynikała z faktu bardzo ubogiej pomocy aplikacji Terrascan, która nie zawiera w tym zakresie wystarczającej ilości informacji. Problem ten okazał się o tyle trudniejszy, iż autorzy programu nie zamieścili żadnych informacji na temat algorytmów detekcji budynków, stąd niemożliwym było odszukanie jakiegokolwiek informacji na ten temat wśród licznych publikacji traktujących o lotniczym skaningu laserowym i automatycznej detekcji budynków.

Drugi etap pracy badawczej miał na celu stworzenie trójwymiarowych modeli budynków na podstawie wykonanej we wcześniejszej fazie detekcji. Dla sześciu obiektów wykonano dwukrotnie ekstrakcję: całkowicie automatycznie oraz wspomaganą ręcznie, w celu porównania wyników i oceny przydatności praktycznej aplikacji Terrascan.

Duża skuteczność działania automatycznych procedur detekcji budynków jest zasługą wysokiej rozdzielczości danych laserowych będącej na poziomie około 15 punktów na m². Skuteczność byłaby jeszcze większa w przypadku posiadania informacji o wielokrotnym odbiciu impulsu laserowego. Umożliwiłoby to lepsze przefiltrowanie danych laserowych z obecności wysokiej roślinności, i co za tym idzie, dokładniejsze wyniki, gdyż wysoka roślinność stanowi najczęstsze źródło błędów w lotniczym skaningu laserowym. Przeprowadzona analiza zależności wyniku automatycznej detekcji budynków od wprowadzonych parametrów pozwoliła na odnalezienie optymalnych ich wartości, dla których wykrywanie budynków daje zadowalające rezultaty.

Problemy pojawiły się na etapie ekstrakcji budynków. Modele automatyczne generowane przez aplikację Terrascan są niespójne topologicznie. Poszczególne płaszczyzny dachu nie przylegają do siebie, zatem powstałe modele nie nadają się do tego, aby można je było wykorzystać w systemach GIS. Prawidłowe modele 3D program wykonuje tylko dla bardzo prostych budynków kształtem zbliżonych do brył

prostopadłościennych. W przypadku bardziej skomplikowanych obiektów niezbędna jest ingerencja operatora, która jednak w większości przypadków ogranicza się tylko do dociągnięcia poszczególnych płaszczyzn.

6. LITERATURA

- Cho W., Jwa Y.-S., Chang H.-J., Lee S.-H., 2004. Pseudo-grid Based Building Extraction Using Airborne Lidar Data, ISPRS, Commission 3
- Haithecoat T., Song W., Hipple J., 2001. Automated Building Extraction and Reconstruction from LIDAR Data, ICREST
- Kulesza Ł. 2007. Automatyczne modelowanie budynków z lotniczego skaningu laserowego, Praca dyplomowa, AGH Kraków
- Morgan M., Habib A., 2002. Interpolation of LIDAR data and automatic building extraction”, ACSM-ASPRS
- Nardinocchi C., Scaioni M., Fornali G., 2001. Building extraction from LIDAR data, IEEE 0-7803-7059-7/01
- Schwalbe E., Maas H-G, Seidel F., 2005. 3D building model generation from airborne laser scanner data using 2D GIS data and orthogonal point cloud projections, ISPRS, Commission 3
- Soininen A., 2005. Terrascan User's Guide, Terrasolid
- Verma V., Kumar R., Hsu S., 2006. 3D Building Detection and Modeling from Aerial LIDAR Data, IEEE, 0-7695-2597-0/06
- Vosselmann G., Dijkman S., 2001. 3D building model reconstruction from point cloud and ground plans”, IAPRS, Vol. XXXIV-3/W4

AUTOMATIC BUILDING DETECTION AND MODELLING WITH THE TERRASCAN SOFTWARE

KEY WORDS: laser scanning, buildings, modeling, detection, extraction, Terrascan

SUMMARY: Aerial laser scanning is a rapidly developing technique for the measurement of terrain and terrain objects. It delivers high situational and altitude exactness of received spatial data and is less dependent on weather conditions, as compared to the conventional photogrametry techniques. The possibility to automate the processing procedures for obtained data, resulted in many algorithms, which are used in commercial software. The leader in this field is a Finnish corporation Terrasolid with its Terrascan application used under Microstation environment. Due to the lack of documentation on the implemented algorithms of building detection and extraction, it has become necessary to analyse the influence of the input parameters. To do so, automatic building detection has been performed for three test data sets, followed by 3D model generation and comparison with corresponding models performed manually.

Mgr inż. Łukasz Kulesza
e-mail: lukakule@gmail.com
telefon: +48 (012) 617 38 26