

ГЕОДЕЗИЧНІ, ФОТОГРАММЕТРИЧНІ МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ

I. Borowiecki
Akademia Rolnicza, Kraków

METHODS OF VISUALIZATION AND PRESENTATION OF POINTS CLOUD DATA ACQUIRED WITH THE AERIAL LASER SCANNING (RENDERING AND ANIMATION APPLICATION)

© Borowiecki I., 2009

3D визуализация представляет существенную и полезную информацию для разных областей хозяйства, а также для пространственной планировки. Разработаны методы представления „тучи пунктов”, полученные в результате авиационного лазерного сканирования ЛИДАР с применением рендеринга и мультипликации. Для целей визуализации „тучи пунктов” использовано среду Microstation и приложений фирмы Terra Solid: Terra Scan для создания цифровой модели местности, Numerical Terrain Model для рендеринга избранных объектов в виде тушеваемых поверхностей, и приложения Terra Photo для обработки мультипликации вдоль запроектированных маршрутов

3D visualizations are source of relevant and useful information for economy as well as for town and country planning.

Methods of presentation of points cloud data acquired from aerial laser scanning (LIDAR) with application of rendering and animation were devised.

For the visualization of the points cloud following applications prepared by TerraSolid for the Microstation environment were used: TerraScan for preparing of the Numerical Terrain Model, TerraModeler for rendering of selected objects with shaded surface and TerraPhoto for elaborating animations along the projected camera pathways.

1. Wprowadzenie

Wzrastające zapotrzebowanie na usystematyzowane i uporządkowane informacje o powierzchni geograficznej przyczynia się do rozwoju technologii szybkiego i efektywnego ich pozyskiwania. Systemy informacji przestrzennej zajmują się gromadzeniem, przetwarzaniem oraz udostępnianiem danych dla wielu dziedzin gospodarki. Pozyskiwanie dokładnych danych wysokościowych i sytuacyjnych jest istotnym procesem np.: w planowaniu przestrzennym, architekturze.

Tworzone przez niektóre polskie miasta trójwymiarowe modele 3D stanowią źródło cennej informacji, zwłaszcza o zurbanizowanych terenach miejskich (Wywiad GEODETY 2007).

Do nowoczesnych metod pozyskiwania informacji dla celów tworzenia trójwymiarowych modeli 3D należy lotniczy skaning laserowy LIDAR (ang. Light Detection and Ranging), okreśłany także nazwą ALS (ang. Airborne Laser Skaning).

W wyniku zastosowania technologii lotniczego skaningu laserowego otrzymujemy „chmurę punktów” o znanych współrzędnych sytuacyjnych i wysokościowych. Uzyskanie wysokiej gęstości punktów skanowanej powierzchni (nawet powyżej 10 punktów/m²), pozwala na precyzyjne przedstawienie powierzchni terenu i obiektów na nim się znajdujących.

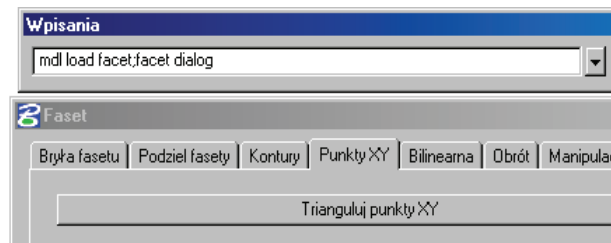
Oprócz technologii tworzenia trójwymiarowych modeli 3D, ważnym jest także opracowanie sposobów ich prezentacji i wizualizacji, co stanowiło podstawowy cel niniejszego artykułu.

Autor proponuje jako metodę wizualizacji zastosować Rendering (wyświetlanie trójwymiarowych modeli 3D z wykorzystaniem powierzchni cieniowanych) oraz przelot wzdłuż zaprojektowanej trasy na modelu 3D (wykonanie animacji w standardowym formacie avi).

Dane wykorzystane do wykonania wizualizacji (informacje z lotniczego skaningu laserowego miasta Krakowa) uzyskano w Urzędzie Miasta Krakowa, Biurze Planowania Przestrzennego.

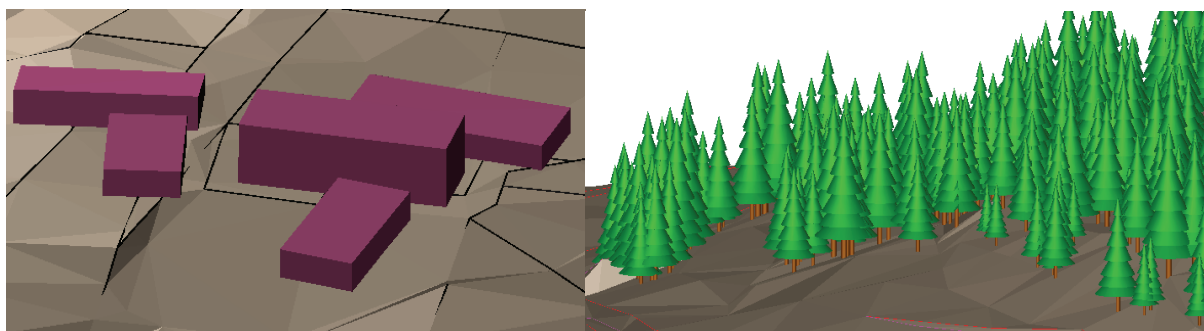
2. Tworzenie modelu 3D przy zastosowaniu Bentley MicroStation i nakładki MK 2008 3D

Microstation oferuje możliwość utworzenia NMT poprzez instrukcję: *mld load facet:facet dialog* (Microstation V8 2004). Zastosowanie narzędzi okna *Faset* pozwala wybrać rodzaj danych i metodę, dzięki której zostanie utworzona siatka trójkątów (zastosowano funkcje *Trianguluj kontury* i *Trianguluj punkty XY*) (ryc. 1).



Ryc. 1. Generowanie NMT w MicroStation

Narzędzie *Pogrüb do bryły* z palety narzędziowej *Konstruowanie 3D* pozwala wzbogacić model 3D o budynki, natomiast korzystając z udostępnionych przez Bentley Systems biblioteki znaków można wstawić na model 3D np.: drzewa o zadanej wysokości (ryc. 2).

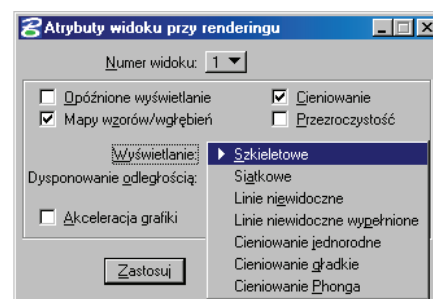


Ryc. 2. Wstawianie na model 3D budynków oraz drzew z biblioteki znaków (Kamiński 2008)

Do utworzenia numerycznego modelu terenu oprócz narzędzi oferowanych przez MicroStation można zastosować nakładkę *MK 2008 3D*. Aplikacja *MK 2008 3D* dla środowiska *MicroStation* posiada wiele specjalistycznych narzędzi przydatnych w procesie tworzenia modelu 3D, który opracowany jest z uwzględnieniem linii nieciągłości i np.: punktów z pomiaru. Do interesujących funkcji należy opcja *Numeryczny Model Terenu*, która wykonuje „przenoszenie” mapy z 2D do 3D.

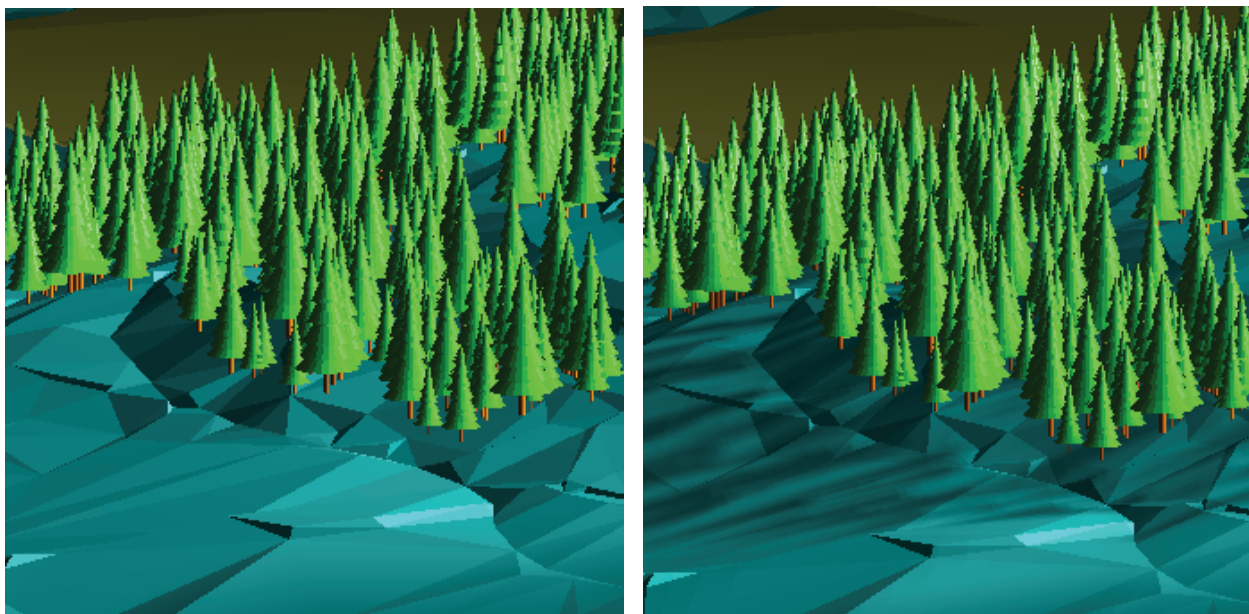
3. Narzędzia do wizualizacji dostarczone przez Bentley MicroStation (rendering)

Okno *Atrybuty widoku przy renderingu* oferuje wiele sposobów wyświetlania widoku modelu 3D (ryc. 3). Opcja *Szkieletowe* i *Siatkowe* powoduje przezroczystość wszystkich elementów, łącznie z liniami niewidocznymi. Tryb *Linie niewidoczne* przysłania elementy drugiego planu, natomiast *Linie niewidoczne wypełnione* wypełnia bryły kolorem, co poprawia wrażenie trójwymiarowości modelu. *Cieniowanie jednorodne* wypełnia i oświetla bryły, tworząc szczególnie realistyczny widok modelu 3D (Flynn 2007).



Ryc. 3. Rendering w MicroStation

Rendering *Cieniowanie gładkie* powoduje płynne przeliczanie kolorów, natomiast tryb *Cieniowanie Phong* poprzez zastosowanie specjalnego algorytmu obliczania kolorów idealnie wyświetla cienie i mapuje wzniesienia (ryc. 4).



Ryc. 4. Rendering *Cieniowanie gładkie* (z lewej) i *Phonga* (z prawej) (Kamiński 2008)

Opcje dostępne dla renderingu zawiera przybornik *Narzędzia Renderingu* (ryc. 5).

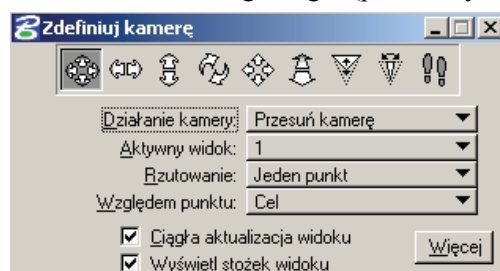


Ryc. 5. Przybornik *Narzędzia Renderingu*

Za pomocą okna *Edytor Materiałów* tworzone są własne wzory materiałów (zdjęcia w postaci rastrów lub materiały pochodzące z biblioteki Bentley MicroStation), które nakładamy na model 3D.

W oknie *Oświetlenie ogólne* definiuje się intensywność oraz kolor oświetlenia ogólnego (parametry: *Otoczenie, Flesz, Słońce*), natomiast okno *Definiuj światło* pozwala na stworzenie własnego źródła oświetlenia np.: dla latarni.

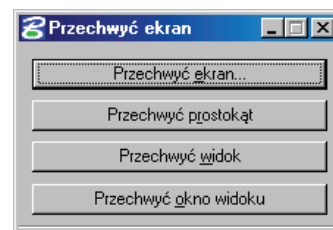
Okno *Zdefiniuj kamerę* umożliwia ustawienie kamery w zadanej pozycji, przesunięcia pionowego, poziomego i obrotu kamery, ustawienie najazdu, zmiany wysokości, długości ogniskowej i kąta widzenia obiektywu, rzutowania oraz orientacji względem punktu (ryc. 6).



Ryc. 6. Okno *Zdefiniuj kamerę*

W trybie *Cieniowanie gładkie* i *Phonga* (przy wyłączonej *akceleracji grafiki*) dostępna jest opcja *Wygladzanie fasetów* pozwalająca wygładzić ostre krawędzie (bez zmiany siatki trójkątów, działanie wygładzania widoczne tylko podczas renderingu).

Do istotnych funkcji należy zapis bieżącego widoku renderingu w różnych formatach graficznych, z ustawieniem rozdzielczości, stopnia kompresji, ilości kolorów i cieniowania (ryc. 7).

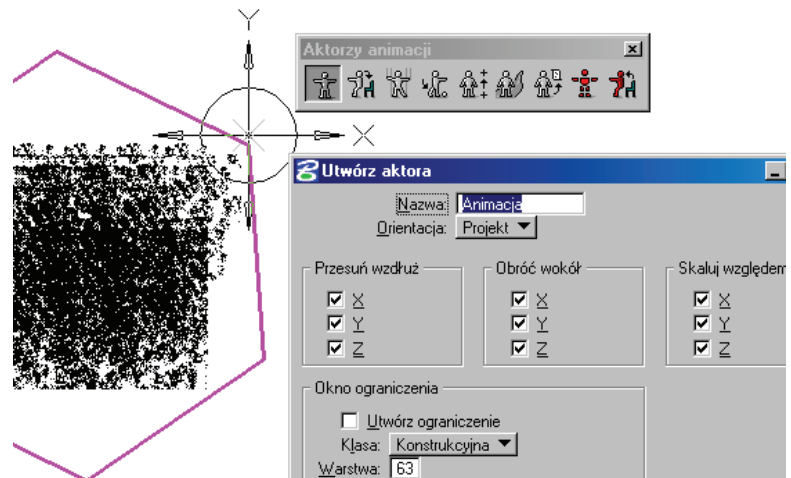


Ryc. 7. Okno *Przechwyć ekran*

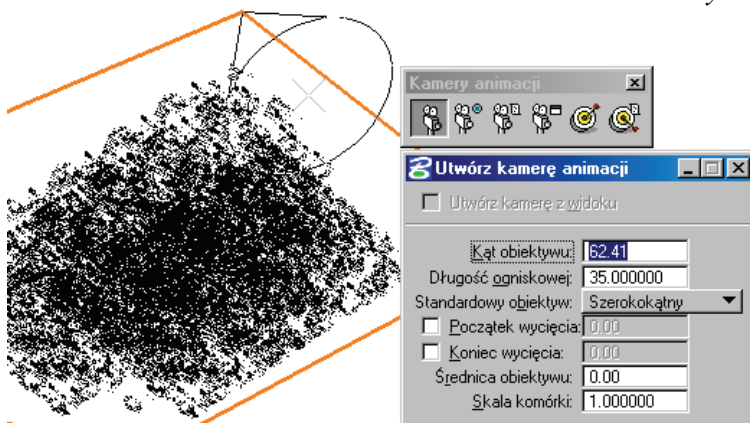
4. Narzędzia do wizualizacji dostarczone przez Bentley MicroStation (animacje)

Jedną z możliwości proponowanych przez środowisko Bentley Microstation jest definiowanie skryptów aktorów animacji oraz powiązanych z nimi kamer animacji, a następnie odtwarzanie w reżyserze animacji lub wykonanie zapisu sekwencji (Flynn 2007).

W oknie *Utwórz Aktora* definiuje się aktora animacji (należy ustawić przesunięcie, obrót i skalę oraz wybrać początek aktora) (ryc. 8). Opcja *Definiuj ścieżkę aktora* pozwala na wybór końca ścieżki, ustawienie kadru początkowego i końcowego oraz prędkości animacji, natomiast funkcja *Skrypt aktora* zapisuje skrypt aktora animacji.



Ryc. 8. Definiowanie aktora animacji



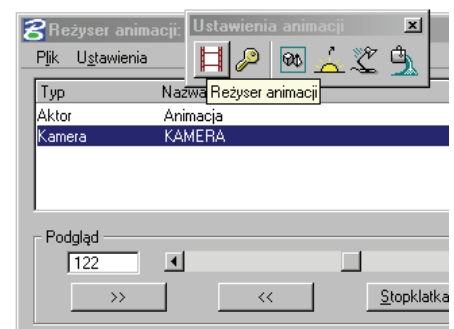
Ryc. 9. Definiowanie kamery animacji

Przybornik *Kamery animacji* służy do definiowania widoku dla opracowanego aktora animacji.

W oknie *Skrypt kamery* ustawieniu podlega numer pierwszego kadru, oraz opcje dotyczące uśrednionej pozycji kamery, płaszczyzny widoku i kąta, użycia rolki kamery, sposobu uśredniania i prędkości (ryc. 9).

Prezentacje utworzonych skryptów aktora i kamery animacji wykonuje się funkcją *Reżyser animacji*. Do obsługi reżysera służy przycisk przewiń do przodu (uruchamia wizualizację do przodu), przewiń do tyłu, stopklatka, ponadto można ustawić szybkość przewijania kadrów, odtwarzanie w pętli, zapisywanie wybranych widoków itp. (ryc. 10).

Do wyświetlania animacji zdefiniowanej wcześniej w *Reżyserze animacji* przeznaczona jest także funkcja *Przegląd animacji* (ryc. 11).



Ryc. 10. Okno Reżyser animacji



Ryc. 11. Przybornik Przegląd animacji

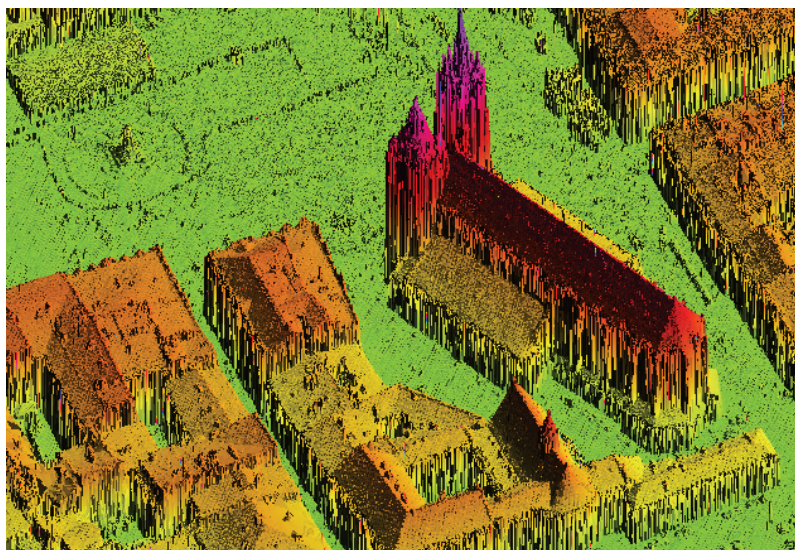
Zapisu animacji można dokonać przy zastosowaniu reżysera i przeglądu animacji. Skrypt zapisuje się w formacie plików graficznych z rozszerzeniem JPG (dostępne opcje: cieniowanie, kompresja, tryb koloru, rozdzielczość, antyalias, stereo, efekt ruchu, rendering półobrazów i inne).

5. Zastosowanie aplikacji nakładkowych firmy TerraSolid dla środowiska MicroStation

W badaniach nad metodami wizualizacji zastosowano także aplikacje programistyczne firmy TerraSolid Ltd stanowiące grupę zaawansowanych narzędzi inżynierskich, przeznaczonych dla środowiska 3D MicroStation. Do zadań realizowanych przez nakładki TerraScan, TerraModeler i TerraPhoto między innymi zaliczamy:

- TerraModeller (tworzenie numerycznego modelu terenu w postaci siatek trójkątów, modele powstają na podstawie danych pomiarowych, elementów graficznych oraz danych XYZ z plików tekstowych) (TerraModeler 2003),
- TerraScan (badanie linii przesyłowych, obszarów zalewowych, obszarów leśnych, modeli miast czy planowanie autostrad) (TerraScan 2005),
- TerraPhoto (oczyszczanie, obróbka zdjęć pozyskanych podczas pomiarów lidarowych) (TerraPhoto 2009).

Dla renderingu modelu 3D zastosowano aplikację TerraModeler, narzędzie *“DISPLAY SHADED SURFACE”* grupuje punkty, łącząc je w elementy liniowe, następnie w płaszczyzny pionowe, poziome, skośne, które przedstawiają ściany, mury oraz dachy przedmiotowego modelu, stosując zaprojektowany układ kolorów (ryc. 12) (Borowiecki 2007).



Ryc. 12. Rendering Kościoła Mariackiego w Krakowie (model 3D obiektu)

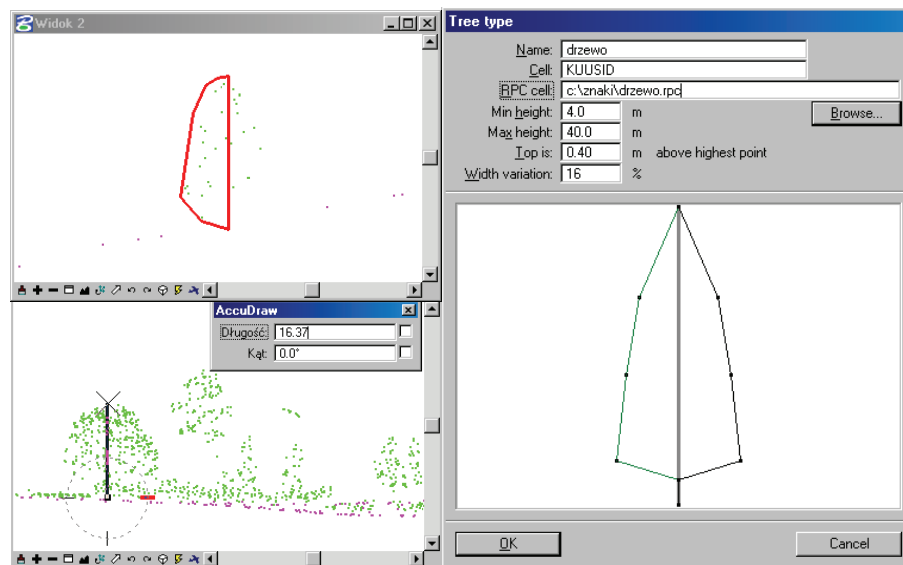
Animację modelu 3D wykonano na podstawie danych (dane binarne z lotniczego skaningu laserowego i ortofotomapy w postaci rastrów) udostępnionych na stronie firmy TerraSolid Ltd oraz przy zastosowaniu aplikacji TerraScan, TerraModeler i TerraPhoto.

Po wczytaniu do projektu punktów w formacie binarnym (z opcją bez filtrowania, przeniesiono również punkty z klasy *Medium vegetation* do klasy *High vegetation*) należy dołączyć ortofotomapy w postaci rastrów (zastosowanie funkcji *File/Import/XYZ binary file...* oraz *Manage Raster References*).

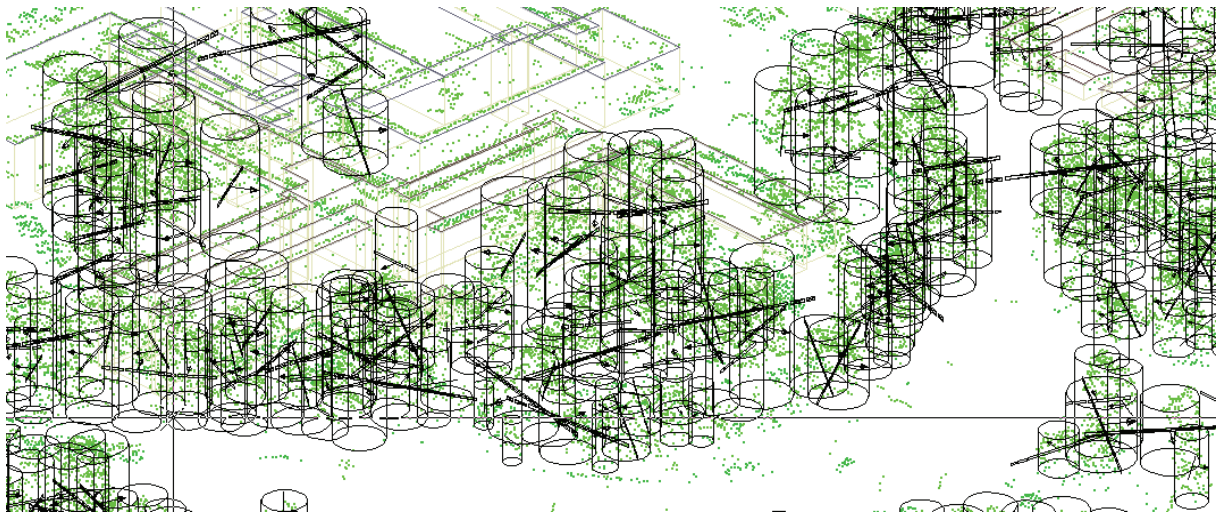
Kolejnym etapem jest wyszukiwanie drzew na modelu poprzez zdefiniowanie wzorca (pomiar wysokości drzewa, obrysowanie jego kształtu, zapisanie wzorca w oknie *Tree Type*) (ryc. 13), a następnie przeskanowanie projektu w poszukiwaniu obiektów odpowiadających zdefiniowanym wzorcom drzew (funkcja *Classify/Detect trees*) (ryc. 14).

Funkcja *Display Rasters Triangles* służy do wykonania siatki trójkątów, natomiast opcja *Display Rendered View* wypełnia budynki kolorem.

Wyznaczenie ścieżki kamery polega na wyznaczeniu trasy dla poruszającej się kamery (narysowanie narzędziem *Umieść SmartLine*), oraz w dalszej kolejności określeniu wysokości kamery funkcją *View Elevation*.



Ryc. 13. Pomiar wysokości, tworzenie obrysu oraz definiowanie wzorca dla drzewa



Ryc. 14. Wyszukane drzewa w projekcie (zastosowanie funkcji Classify/Detect trees)

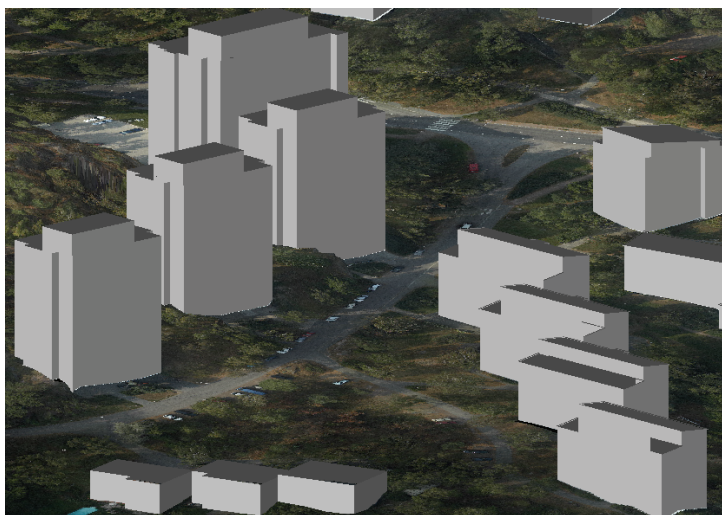
Podstawowe parametry animacji ustawia się w oknie *Create Flythru Movie* np.: szybkość kamery, rozdzielczość animacji (jakość), folder do zapisu pojedynczych kadrów (przybornik *Rendering* – ryc. 15).



Ryc. 15. Przybornik Rendering

Przy pomocy narzędzia *Build Movie From Frames* można przeglądać pojedyncze kadry oraz wykonać zapis w formacie avi wszystkich pojedynczych kadrów.

Na rycinie 15 i rycinie 16 przedstawiono przykładowe kadry z wykonanej animacji.



Ryc. 15. Kadr z animacji (tereny zurbanizowane – widok osiedla mieszkaniowego)



Ryc. 16. Kadr z animacji (tereny zurbanizowane – fragment zakładu przemysłowego)

6. Zakończenie

Wzrastające zapotrzebowanie na informację o powierzchni terenu oraz obiektach na nim występujących jest przyczyną nieustanego unowocześniania technologii tworzenia numerycznego modelu terenu, a także sposobów jego prezentacji i wizualizacji.

Trójwymiarowe wizualizacje znajdują zastosowanie między innymi w pracy projektanta, czy architekta np.: do projektowania osiedli mieszkaniowych, wyznaczania lokalizacji terenów przemysłowych, dróg i autostrad, przewidywania terenów zalewowych i przeciwdziałania powodziom itp.

Autor jako metodę prezentacji modeli 3D zaproponował rendering w postaci powierzchni cieniowanych i animacje.

Wykonany rendering i animacje potwierdziły wysoką przydatność dla celów tworzenia wizualizacji narzędzi oferowanych przez firmę Bentley (pakiet MicroStation) oraz TerraSolid Ltd (aplikacje nakładkowe TerraScan, TerraModeler, TerraPhoto).

I. Borowiecki I. 2007. Atestacja aplikacji TerraSolid w procesie przetwarzania „chmury punktów” lotniczego skaningu laserowego (zastosowania i wizualizacje NMT). VI

Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna „Kataster, fotogrametria, geoinformatyka – nowoczesne technologie i perspektywy rozwoju”. Geodezja, Kartografia i Aerofotogrametria Z. 68. Lwów. 2. Flyn J. 2007. Rendering with Microstation. Bentley Intitute Press. Exton, PA. 3. Flyn J. 2007. Animating with Microstation. Bentley Intitute Press. Exton, PA. 4. Kamiński T. 2008. Zastosowanie Microstation V8 do opracowania projektów 3D (mapa cyfrowa). Praca magisterska. WIŚiG AR w Krakowie. 5. Microstation V8 User Guide 2004. Bentley. 6. TerraModel User’s Guide 2003. Terrasolid Ltd. 7. TerraPhoto User’s Guide 2009. Terrasolid Ltd. 8. TerraScan User’s Guide 2005. Terrasolid Ltd. 9. Wywiad GEODETY 2007. Wrocław to dachy!. Geodeta 1/2007, Warszawa.

I. Borowiecki
Akademia Rolnicza w Krakowie

ZASTOSOWANIE LOTNICZEGO SKANINGU LASEROWEGO DLA CELÓW OPRACOWANIA NMT (OCENA DOKŁADNOŚCI POMIARÓW LIDAROWYCH)

© Borowiecki I., 2009

*В статье представлен анализ точности авиационного лазерного сканирования города
Кракова, проведенного в 2006 году.*

*В процессе оценки точности этого проекта предложено вычислить средние
квадратические ошибки планового положения по осям x, y и расстояния (xy), а также
вчисление статистических параметров (отклонений в процентах). Применено сравнение
лазерых и фотограмметрических данных для 235 наземных пунктов.*

*This article discusses the precision analysis of the laser scanning of the city of Krakow performed
in 2006.*

*In the process of the precision analysis of the lidar measurements of Kraków calculations of the mean
square errors of the position $RMSE_x$ $RMSE_y$ $RMSE_{xy}$, mean square error of the height $RMSE_z$ as well
as calculation of the percentage of deviation (lidar and photogrametric data were compared for 235
exemplary points) were proposed.*

1. Wprowadzenie

Rozwój metod pozyskiwania i przetwarzania informacji przestrzennej oraz doskonalenie technologii informatycznych przyczynia się do upowszechnienia i większej dostępności systemów danych z informacjami o powierzchni geograficznej.

Lotniczy skaniny laserowy stanowi nowoczesną technologię wykorzystywaną dla celów pozyskiwania informacji w procesie tworzenia numerycznego modelu terenu (NMT) np.: pomiar lidarowy miasta Wrocławia i Krakowa (Wywiad GEODETY, 2007), (Bucior i inni, 2006).

Przetwarzanie numerycznego modelu terenu umożliwia między innymi wyznaczenie współrzędnych X, Y, H punktu, uzyskanie informacji o powierzchni terenu w postaci warstwic, przekrojów i kierunków spadków, określenie objętości mas ziemnych, przedstawienie powierzchni geograficznej w postaci modeli 3D, co znajduje zastosowanie w różnych dziedzinach np.: komunikacji, górnictwie, łączności, ekologii, rolnictwie, hydrografii, ochronie środowiska, urbanistyce i wielu innych.

W artykule zaproponowano metodę oceny dokładności lotniczego skaniny laserowego polegającą na porównaniu punktów przestrzennych pomiaru lidarowego z fotogrametrycznym dla 235 przykładowo wybranych punktów.