

Michał WYCZAŁEK¹
Ireneusz WYCZAŁEK²

OPRACOWANIE TRÓJWYMIAROWE MAPY DO CELÓW PROJEKTOWYCH

Streszczenie

Obecnie stosowane oprogramowanie umożliwia tworzenie projektów obiektów budowlanych w przestrzeni trójwymiarowej. W programach wspomagających opracowania trójwymiarowe niezbędne jest przedstawienie przestrzenne obiektów stanowiących treść mapy do celów projektowej, która z definicji jest opracowaniem płaskim. Tymczasem projektanci oczekują, aby geodeci dostarczali im przestrzennych modeli obiektów terenowych.

W referacie przedstawiono działania mające na celu opracowanie takiej mapy za pomocą dostępnego obecnie oprogramowania. Po przeglądzie możliwości testowanych programów podano zasady uzupełniania treści mapy o trzeci wymiar. W końcu poruszono i przetestowano możliwości prezentacji trójwymiarowej efektów modelowania. Sformułowano wnioski, które stwierdzają, że aktualny stan danych, możliwości ich uzupełnienia o trzeci wymiar oraz opracowanie modeli przestrzennych na ich podstawie są obecnie mocno utrudnione. Zaproponowano możliwe działania w celu poprawienia tej sytuacji.

Słowa kluczowe: projektowanie przestrzenne, przestrzenne modele obiektów terenowych

1. Wprowadzenie

Aktualny stan wiedzy z zakresu projektowania obiektów budowlanych oraz stosowanego oprogramowania umożliwia tworzenie projektów w przestrzeni trójwymiarowej. Modelowanie przestrzenne jest podstawą działania takich systemów wspomagających projektowanie jak ArchiCAD, CIVIL, InRoads itp. Jednym z problemów, jakie muszą być rozwiązane w tego typu systemach jest przestrzenne wyrażenie istniejących obiektów terenowych, o których położeniu i kształcie pozyskiwana jest informacja z mapy użytej do celów projektowych. W rodzimej praktyce geodezyjno-kartograficznej mapa taka jest redagowana w postaci wektorowej na podstawie mapy zasadniczej i pomiaru uzupełniającego. Poszczególne systemy projektowe „radzą sobie” z taką mapą rozpoznając obiekty na podstawie ich cech graficznych (kod/warstwa, kolor, styl i grubość) (GEOPAK) albo wymagają zdefiniowania tej treści przez geodetę lub projektanta (np. podział obiektów na tzw. łańcuchy w programie MOSS).

Coraz częściej jednak projektanci formułują wymagania wobec geodetów, aby opracowywali mapy do celów projektowych w postaci 3D. Jest to spore wyzwanie, gdyż mapa źródłowa nie zawiera pełnej treści wysokościowej, szczególnie w odniesieniu do przewodów i urządzeń podziemnych. Niezbędne jest więc poszerzanie zakresu tych informacji, między innymi przez wykorzystanie danych branżowych, a niekiedy musi zostać wykonana generalizacja przebiegu przewodów (zagłębienie kabli lub rur) wspomagana wskazaniami normatywnymi, standardami technicznymi lub praktyką.

Omawiana tu praca miała na celu przetestowanie różnych możliwości stwarzanych w dostępnych technologiach pomiarowych i obliczeniowych oraz próbę ustalenia określonej strategii postępowania. Rozpatrywano podejście, które opiera się na dotychczasowych standardach pomiarów i opracowań geodezyjno-kartograficznych wspomaganych przez dodatkowe pomiary przestrzenne. Założono, że

¹ mgr, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska

² dr inż., Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska

podstawą jest treść mapy zasadniczej a efektem mapa 3D – trójwymiarowe rozwinięcie mapy do celów projektowych.

2. Zapotrzebowanie na opracowania przestrzenne

2.1. Ankieta

W celu wstępnego zapoznania się z potrzebami projektantów, głównie drogowych, przygotowano ankietę dotyczącą oczekiwań odnośnie wykorzystania danych 3-wymiarowych (tablica 1). Wynika z niej jednoznacznie, że jest zainteresowanie rozwiązaniami 3D oraz, że główny problem, z jakim borykają się projektanci dotyczy stworzenia dobrego modelu terenu (NMT). Podobne wnioski legły u podstaw prac nad nową metodą tworzenia NMT [1].

Tablica 1. Pytania zawarte w ankiecie przekazanej projektantom z dziedziny inżynierii

Pytania ankiety	Przeważające odpowiedzi
Czy uważasz, że projektowanie na modelu 3D byłoby lepsze niż na klasycznej wektorowej mapie 2D?	Tak
Co byłoby dla Ciebie najważniejsze w trójwymiarowej mapie?	Zróżnicowane odpowiedzi
Czy w procesie projektowania wykorzystujesz cyfrowy model terenu (DEM)?	Tak
Czy stworzenie cyfrowego modelu terenu z danych kartograficznych bądź pomierzonych w terenie jest wystarczające, a efekt zadowalający?	4 (skala 1-5)
Jakiego rodzaju interpolacje wykorzystujesz do tworzenia DEM?	TIN
Czy istotne jest dla Ciebie przestrzenne położenie przewodów podziemnych?	5 (skala 1-5)
Czy uzupełnienie innych obiektów podziemnych o wartość wysokości ułatwiłoby prace projektowe?	5 (skala 1-5)
Czy przestrzenna bryła budynku byłaby pomocna w procesie tworzenia projektu?	2 (skala 1-5)
Czy dokładne przedstawienie nawierzchni jest istotne w projektowaniu?	5 (skala 1-5)
Czy dokładne przedstawienie przebiegu krawężników jest istotne w projektowaniu?	5 (skala 1-5)

Projektanci zwracają ponadto uwagę na potrzebę informacji o dokładnym przebiegu istniejących krawężników oraz ukształtowania nawierzchni sztucznych. Dla drogowców mniej istotne są oczekiwania wobec przestrzennego przedstawiania okolicznych obiektów budowlanych. Tymczasem są one bardzo ważne dla projektantów budownictwa kubaturowego. Wyniki powyższej ankiety, mimo, że się opierają na niezbyt licznej reprezentacji, potwierdzają spostrzeżenie, że zapotrzebowanie na przestrzenne opracowania kartograficzne istnieje i będzie w najbliższym czasie wzrastało.

Potwierdzeniem tych oczekiwań są też coraz częściej formułowane przez inwestorów warunki techniczne. W przypadku projektu przebudowy linii kolejowej sformułowano wobec wykonawcy prac geodezyjnych wymóg przestrzennego przedstawienia obecnej linii wraz z formą terenową i wszystkimi obiektami towarzyszącymi. Również niezależnie podejmowane próby kodyfikacji linii kolejowych prowadzą do wniosku, że jest to możliwe jedynie w układzie przestrzennym [2].

Tymczasem różne firmy i organizacje podejmują próby opracowań przestrzennych wykorzystujących źródła danych wykraczających poza dotychczasowe standardy geodezyjne. Brakuje jednak wzorów wykorzystania i wizualizacji opracowań tego typu, zatem niezbędne jest podejmowanie prób w kierunku ich standaryzacji. Odnosi się to także do map 3D przeznaczonych do celów projektowych. W tych kierunkach – opracowania i prezentacji nowych typów danych oraz wizualizacji danych przestrzennych – prowadzone są na świecie prace badawcze i rozwojowe. Poniżej przedstawiono ich krótką charakterystykę,

2.2. Przegląd prac nad teorią mapy 3D

Fabio [3] zajmował się problemami konwersji danych w postaci chmury punktów na postać wektorową i zaproponował swoje rozwiązanie. Stwierdził bowiem, że typowe procedury automatycznej konwersji generują wiele błędów i przedstawiają niekiedy modelowany obiekt

w sposób niezgodny ze stanem faktycznym. Na problemy geometryczne, w tym głównie na błędy wysokości (rzędna H) zwrócił też uwagę Dobson [4]. Zauważył on, że w odróżnieniu od błędów sytuacyjnych, błąd trzeciej składowej bardzo rzuca się w oczy obserwatora i jest w jego ocenie ważnym czynnikiem rzutującym na jakość mapy.

Odrębny problem z dziedziny teorii kartografii stanowi wizualizacja map 3D. Rozpatruje się w niej takie aspekty jak symbolika obiektów przestrzennych, sposób prezentacji trzeciego wymiaru i w końcu – sprawę standaryzacji. W przypadku, kiedy trudno jest zróżnicować obiekty należące do tej samej klasy (np. lampy) lub podklasy (drzewa liściaste, iglaste...) Bandrova [5] sugeruje używanie symboli uniwersalnych. Podobnie, powinna być zunifikowana i dostosowana do otoczenia symbolika napisów (np. nazwy ulic, numery działek itp.). Dobson [4] wskazał także na kierunek wizualizacji (kąt widzenia), sposób oświetlenia i przeźroczystość obiektów (okna, ekrany) jako ważne czynniki, które trzeba uwzględnić w projekcie mapy.

Z punktu widzenia użytkownika mapy dominuje przekonanie, że powinna ona być odpowiednikiem używanych dotychczas przez niego map tradycyjnych. Powinna też mieć podobną symbolikę. Podobnie, użytkownicy systemów wspomagających projektowanie chcieliby, żeby mapa spełniała standardy typowej mapy do celów projektowych oraz zawierała symbole stosowane w tych programach. Tymczasem odpowiednie standardy powinny zostać opracowane przez kartografów, zgodnie z dorobkiem w zakresie teorii mapy.

Na brak uniwersalnych standardów mapy 3D zwrócił uwagę Haeberling [6], stwierdzając ponadto, że opracowane już wzory i wytyczne nie są w pełni wykorzystane. Taki własny standard nazwany City GML opracowała organizacja SIG 3D (ang. Special Interest Group 3D). Jest on rozwinięciem standardu GML3 – języka zapisu, transferu i reprezentacji danych geograficznych [7]. Standard City GML obejmuje informację geometryczną, wygląd, tekstury i relacje przestrzenne obiektów. Wydaje się, że jest on dobrym materiałem do rozwoju uniwersalnego standardu.

Wracając do zagadnień projektowych trzeba by stwierdzić, że dopóki obowiązuje obecne prawo trzeba dążyć do tego, żeby mapa 3D w rzucie poziomym był zgodna ze standardem mapy zasadniczej, a trzeci wymiar powinien służyć głównie wspomaganiu projektowania nowych obiektów i urządzeń.

2.3. Wykorzystanie istniejącego zasobu kartograficznego do opracowań przestrzennych

Podstawą opracowań przestrzennych jest mapa numeryczna wykonana w standardzie mapy zasadniczej. Mapy takie powstają w – powolnym niestety – procesie przekształcania map analogowych i dokumentów pomiarowych przechowywanych w PZGK do postaci wektorowej. Dane te zawierają jednak ubogą treść wysokościową zarówno co do powierzchni terenu (pikiety, symbole skarp, rowów, itp.) jak i urządzeń z nim związanych, przy zupełnym braku danych o wysokościach budynków i innych obiektów naziemnych.

Kolejny problem stanowi sposób opracowania tych danych. Od szeregu lat narzędziem wykorzystywanym do tego w wielu miejscach jest program Geo-Info. Umożliwia on trójwymiarowy zapis wszystkich obiektów zawartych w standardzie mapy zasadniczej. Pozwala też na opracowanie warstwicowego modelu terenu oraz generowanie przekrojów przez ten model [8]. Nie jest to jednak system w pełni trójwymiarowy.

Rozwijane są różne niegeodezyjne aplikacje informatyczne umożliwiające opracowania przestrzenne. Pod kątem ich wykorzystania w przyjętym tu podejściu technicznym przeanalizowano i przetestowano praktycznie kilka dostępnych programów. Poniżej zawarto wnioski płynące z tej analizy.

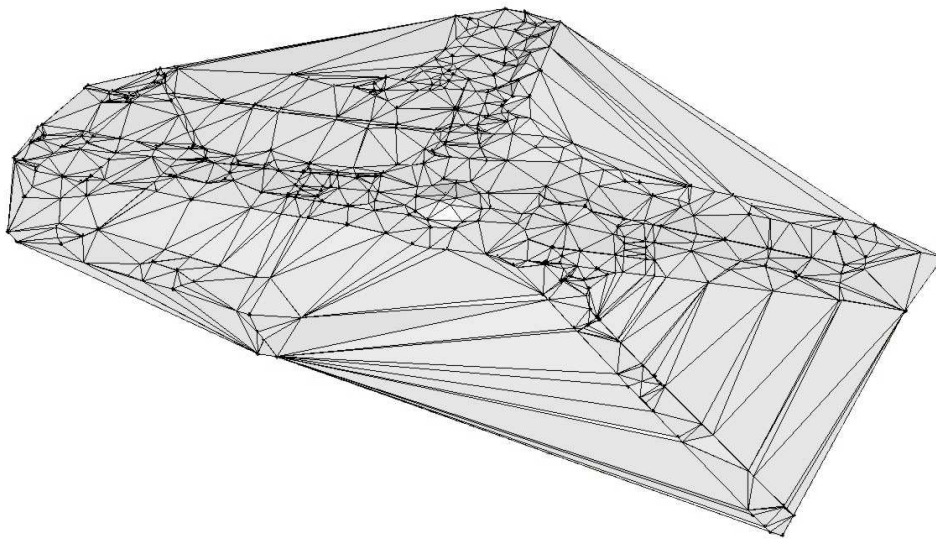
Autodesk AutoCAD CIVIL 3D 2012

Nakładka CIVIL na bardzo popularny program AutoCAD służy jako narzędzie do projektowania, a więc i zawarte w niej funkcje kartograficzne mają taki zasadniczy cel [10]. Program wymaga przewidywalnych, matematycznie opisanych tras, spadków i wykorzystuje „niegeodezyjne” definicje struktur przestrzennych. Rzeczywistość nie spełnia niestety takich oczekiwań. W zakresie sieci podziemnych CIVIL zawiera głównie narzędzia do projektowania kanalizacji. Podczas modelowania stanu istniejącego powstają z tego powodu problemy ze spadkami kanałów, które program oblicza sam według przyjętych norm i wprawdzie pozwala na ich edycję, ale jest to proces czasochłonny przy dużej liczbie przewodów. Podobnie rzecz ma się z materiałami przewodów energetycznych lub

telekomunikacyjnych, które nie posiadają regularnych kształtów. Problemy powstają też z opisem przestrzennym obiektów, o których nie ma wszystkich informacji na mapie (np. rzędne na wszystkich wierzchołkach/załamaniach przewodów, wysokości krawężników i innych elementów terenu). Ważnym problemem technicznym jest to, że CIVIL potrzebuje do działania bardzo dużo pamięci i mocy obliczeniowej. Po utworzeniu modelu terenu i dodaniu kilkuset elementów znacznie spowalnia pracę komputera klasy PC, co jest kłopotliwe i irytujące. Duże projekty drogowe projektanci dzielą na odcinki kilkukilometrowe, ponieważ nie jest możliwe ich opracowanie w całości na standardowym zestawie typu PC. Niezaprzeczną zaletą programu jest to, że umożliwia tworzenie bardzo dobrej jakości modelu terenu. Wprawdzie opiera się o najbardziej prozaiczny model TIN, jednak pozwala na wstępne opracowanie danych poprzez definicję tzw. obwiedni (linii ograniczających model z zewnątrz) oraz linii nieciągłości. Dzięki temu operator może wskazywać i wymuszać przebieg krawędzi skarp, krawężników i innych elementów powierzchni.

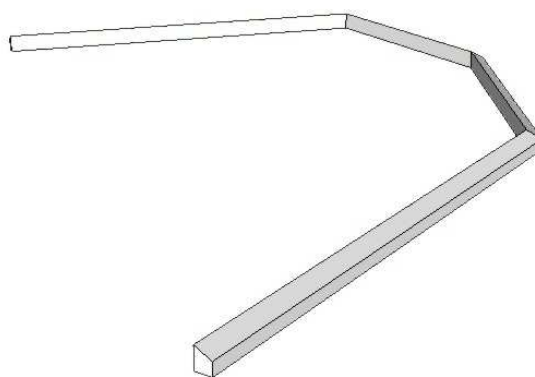
Google SketchUP

SketchUP jest dostępnym darmowo, intuicyjnym programem wspomagającym projektowanie i prezentację obiektów przestrzennych [11]. Użytkownik nie musi troszczyć się o takie sprawy jak transformacje przestrzenne, różne sposoby wizualizacji i spójność topologii [9]. W programie tym można w bardzo prosty sposób rysować przestrzenne elementy liniowe (np. krawężniki) jak i powierzchniowe (budynki, obiekty inżynierskie). Niestety nie potrafi bezpośrednio modelować terenu, podobnie jak inne programy typu CAD. Jedyną możliwością w tym zakresie to import gotowego pliku modelu typu DEM, co jednak wymaga użycia innego programu do jego opracowania, bądź napisanie skryptu tworzącego taki model.



Rys. 1. Model terenu utworzony w systemie SketchUP w oparciu o pomierzone pikiety

Poważnym problemem jest także wektoryzacja mapy z powodu ograniczeń obróbki obrazów rastrowych. Podobnie jak w odniesieniu do modelu terenu, również tutaj program wymaga opracowania gotowych danych wektorowych. Natomiast w oparciu o te dane pozwala w prosty sposób tworzyć wizualizacje modeli przestrzennych, a także generuje rzuty i przekroje, które są bardzo pomocne w procesie planowania i projektowania.



Rys. 2. Definicja przestrzennego obiektu (krawężnika) za pomocą procedur SketchUP

Autodesk 3ds Max

Następny testowany program to 3ds Max. Podobnie jak SketchUp pozwala on tworzyć przestrzenne elementy liniowe lub powierzchniowe. Można w nim tworzyć zaawansowane obiekty przestrzenne i uzyskać ciekawe efekty wizualne [12]. Niestety trudno jest utworzyć model terenu. Najrozsądniejszym rozwiązaniem wydaje się zbudowanie modelu z warstw, które jednak należy wcześniej przygotować w innym programie. Utworzenie modelu w oparciu o warstwy przebiega półautomatycznie. Rozwiązanie jest zadowalające i efektywne. Nie ma jednak możliwości generowania rzutów i przekrojów. Jest też problem z wektoryzacją pozostałych danych mapowych, jednak dobrze działa układ współrzędnych, możliwość importu wielu formatów i umieszczenia ich w bazowym układzie. Również po obróbce istnieje możliwość eksportu obiektów przestrzennych z zachowaniem ich położenia.

Bentley MicroStation PowerDraft

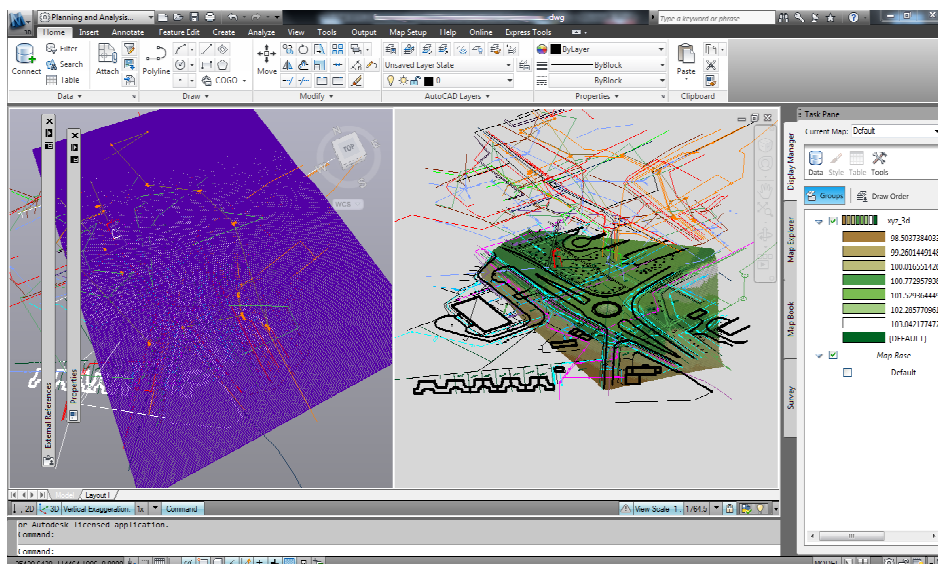
Mapy przestrzenne można opracować za pomocą programów CAD-owskich. Jednym z najbardziej popularnych jest MicroStation lub testowana tu jego „okrojona” wersja o nazwie Power Draft. Program bardzo dobrze sprawdza się w wektoryzacji rastrowych map (skanów) jak również w edycji przestrzennej wektorów (jest to typowe dla programów typu CAD) [13]. Obróbka 3D nie jest intuicyjna, lecz możliwa do wykonania. W wersji PowerDraft nie ma możliwości automatycznego tworzenia modelu terenu ani interpolacji warstw. Funkcjonalność tę posiada rozszerzona wersja jednak w ramach badań nie posiadano do niej dostępu. Nie udało się też stworzyć przekrojów poprzecznych.

AutoCAD Map 3D 2012

Jest to kolejny testowany program typu CAD, wyposażony ponadto w narzędzia do opracowań kartograficznych [14]. Jest to bardzo dobre narzędzie zarówno do wektoryzacji jak i pracy z bazami danych (podobnie jak MicroStation). Ma też możliwość tworzenia rastrowego modelu terenu z punktów, jednak bez możliwości predefiniowania obwiedni i linii trasowania, co prowadzi do tego, że efekty w wielkiej skali nie są zadowalające.



Rys. 3. Przestrzenny model cylindrycznego obiektu wygenerowany w programie AutoCAD Map 3D



Rys. 4. Panel użytkownika z widokiem opracowywanej mapy 3D w programie AutoCAD Map

3. Pozyskiwanie dodatkowych danych przestrzennych

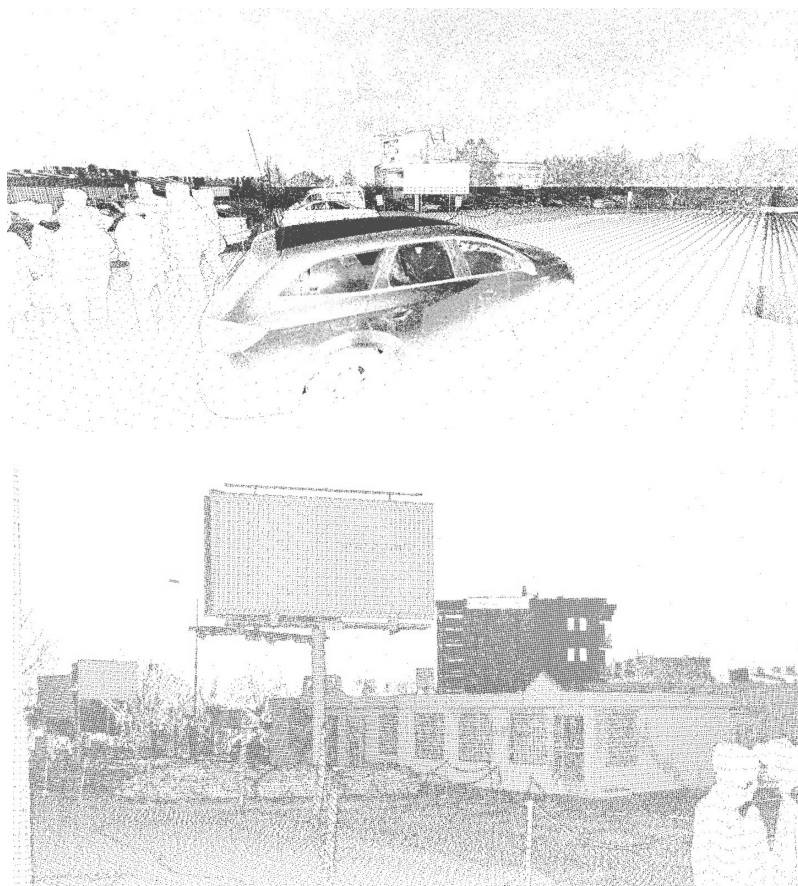
3.1. Klasyczne metody pomiarów przestrzennych

Braki danych przestrzennych trzeba uzupełniać za pomocą pomiaru terenowego. Do klasycznych już metod pozyskiwania danych przestrzennych należą tachimetria elektroniczna i technika satelitarna GNSS. Mimo niezaprzeczalnych zalet tych metod dostrzega się też ich wady lub ograniczenia, takie jak lokalne braki zasięgu lub zakłócenia sygnału satelitarnego, trudności w pomiarach przez przeszkody, a przede wszystkim – stosunkowo duża czasochłonność. Aby temu zaradzić wprowadzane są liczne unowocześnienia. Obecne tachimetry mają możliwość pomiaru bezlusterkowego, nawet na znaczne odległości, a także – automatyzacji pomiarów i opracowania danych. Stosowane są też modyfikacje różnych metod, jak choćby połączenie niwelacji z pomiarem satelitarnym (antena montowana na łaćce).

Dzięki temu możliwe jest mierzenie form architektonicznych, ukształtowania dachów, elementów obiektów inżynierskich i nawet bardzo skomplikowanych konstrukcji przestrzennych. Nadal duże utrudnienia występują w odniesieniu do pomiaru powierzchni terenu, wraz z liniami jego nieciągłości oraz powierzchni ukształtowanych sztucznie. Rozwiązaniem wydaje się ponowne (z wykorzystaniem danych mapowych do orientacji) wykrywanie przewodów podziemnych za pomocą zaawansowanych technologicznie wykrywaczy [15, 16]. Umożliwiają one precyzyjne wyznaczenie położenia, w tym też zagłębienia różnego rodzaju przewodów. Są jednak miejsca o tak dużym zagęszczeniu przewodów, że jedynym sposobem ich rozpoznania byłoby wykonywanie licznych odkrywek lub przekopów.

3.2. Wykorzystanie danych ze skaningu laserowego

Obecnie popularne stają się opracowania przestrzenne w oparciu o rejestrację chmur punktów pomierzonych techniką skanowania laserowego. Ideą skanera jest szybki pomiar odległości i orientacjiątowej wiązki emitowanej przez laser naziemny (nieruchomy [17] lub mobilny [18]) albo lotniczy. Wynikiem rejestracji jest liczny zbiór punktów o określonych współrzędnych przestrzennych, uzupełnionych niekiedy też o opis cech barwnych skanowanej powierzchni.



Rys. 5. Fragmenty chmury punktów zarejestrowanej na obiekcie testowym skanerem FARO 3D

Laserowy skaning lotniczy, LiDAR umożliwia stosunkowo dokładną rejestrację powierzchni, najlepiej obiektów liniowych, co czyni tę technikę użyteczną w przygotowaniu danych o pionowym ukształtowaniu terenu i obiektów z nim związanych. Jest też techniką niezależną od warunków pogodowych. Nie daje jednak możliwości rejestracji obiektów zakrytych (pod dachami lub bujną pokrywą roślinną). Ponadto opracowania te są drogie i czasochłonne. Skanery naziemne są coraz częściej wykorzystywane do rejestracji pojedynczych obiektów [17], wymagają jednak skanowania z różnych stanowisk i wiązania chmur punktów.

Najciekawsze wydają się instalacje mobilne na samochodach lub platformach, obejmujące kilka skanerów (najczęściej 3), odbiornik satelitarny, INS i kamerę 3D [18]. Dzięki ciągłej rejestracji położenia i orientacji kątowej pojazdu możliwe jest całkowicie automatyczne opracowanie zarejestrowanych wielkości, dzięki czemu, praktycznie bez ingerencji operatora uzyskuje się trójwymiarowy model zapisany w postaci zwartej chmury punktów. Pojazdy wyposażone w tego typu system rejestracji mogą sprawnie i z dużą dokładnością zaewidencjonować pełną treść w pasie drogowym, kolejowym lub wzdłuż wyznaczonej w terenie trasy, jednak należy pamiętać, że problemem staje się obrobienie tak ogromnej liczby danych.

3.3. Metody fotogrametryczne

Analiza metod pozyskiwania informacji przestrzennych nie może pominąć techniki fotogrametrycznej, która zarówno w postaci lotniczej jak i naziemnej była powszechnie stosowana do końca ubiegłego wieku. Obecnie opracowania danych fotograficznych można wykonać komputerowo za pomocą specjalistycznego oprogramowania. Zdjęcia naziemne, nawet obciążone dużymi dystorsjami, można opracować na pomocą programu LPS [19] lub jemu podobnym, uzyskując realistyczne modele powierzchni obiektów terenowych. W oparciu o zdjęcia lotnicze można dodać trzeci wymiar do obiektów uwidocznionych na ortofotomapie [20, 21]. Takie trójwymiarowe opracowanie dla Poznania wykonywane jest obecnie w oparciu o wysokorozdzielcze zdjęcia cyfrowe. Technika ta jest jednak pracochłonna i wymaga użycia drogiego oprogramowania.

3.4. Wnioski

Ekipy pomiarowe wykonujące pomiary dla potrzeb projektowania architektonicznego lub inżynierskiego wyposażone są w elektroniczny sprzęt pomiarowy – tachimetry, niwelatory kodowe i coraz częściej w odbiorniki satelitarne. Mogą więc wykonywać punktowe pomiary terenowe w celu uściślenia danych kartograficznych oraz dodania do nich trzeciego wymiaru. Pomiary punktowe nadal wymagają generalizacji szczegółów, jednak obejmują reprezentatywne, stosunkowo nieliczne zbiory punktów, co z pewnością ułatwia ich opracowanie i czyni efekt końcowy bardziej zbliżony do obrazu mapy. Łatwiej też te dane przetwarzać i wykorzystywać w projektowaniu.

Dane skanerowe są bardziej efektywne, a dzięki licznej reprezentacji punktowej imitują faktyczny wygląd rejestrowanych obiektów. Wymagają jednak użycia drogiego sprzętu i oprogramowania oraz czasochłonnej obróbki. Trudno jest też czerpać pełne korzyści z takiej reprezentacji podczas projektowania. Podobnie rzecz się ma z opracowaniami fotogrametrycznymi. Wydaje się, że przed przystąpieniem do dalszych prac, w oparciu o te dane powinny zostać opracowane modele wektorowe.

4. Test praktyczny

4.1. Przedmiot i zakres testu

W celu uzyskania doświadczeń praktycznych postanowiono utworzyć model 3D mający cechy mapy do celów projektowych. Przedmiotem opracowania jest skrzyżowanie ulic Stróżyńskiego i Szymanowskiego w Poznaniu. Jako dane źródłowe wykorzystano mapę zasadniczą, obserwacje tachimetryczne i chmurę punktów uzyskanych przy użyciu skanera naziemnego.

Mapę zeskanowano i zwektoryzowano przy wykorzystaniu programu MicroStation PowerDraft. Model zdefiniowano w lokalnym układzie współrzędnych Miasta Poznania. Dane tachimetryczne posłużyły do wyznaczenia przestrzennych współrzędnych wybranych szczegółów punktowych.

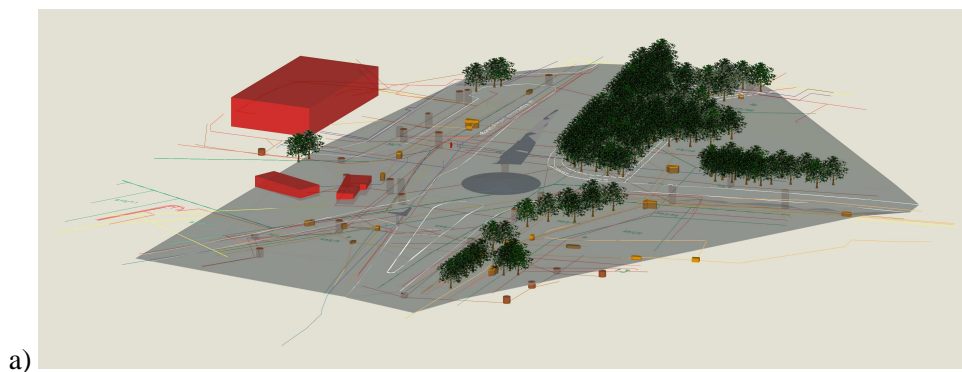
Do pozyskania chmury punktów użyto skaner FARO FOCUS 3D [17]. W celu ograniczenia pojemności danych zastosowano opcję skanowania w monokolorze.

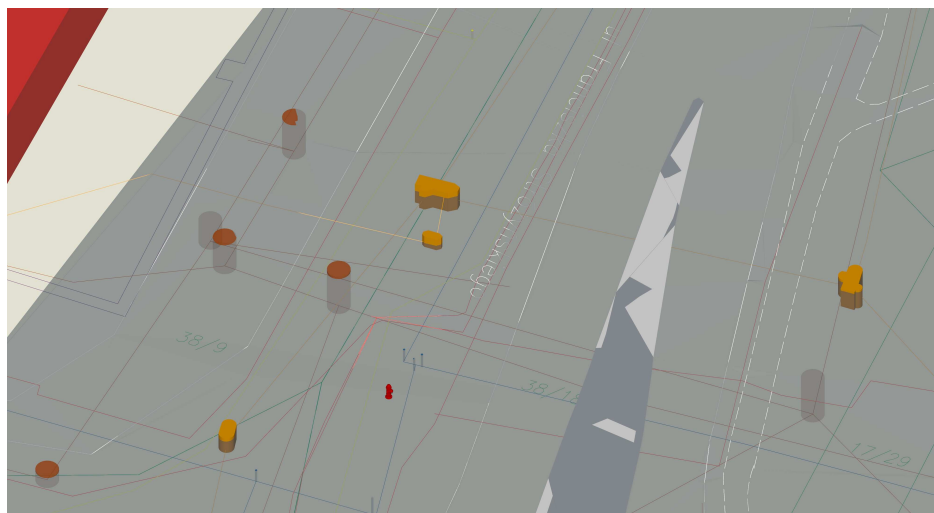
4.2. Opracowanie danych

Bazując na doświadczeniach zdobytych podczas prób realizacji projektu ostatecznie ustalono następującą procedurę:

- 1) Wpasowanie rastrów i proces wektoryzacji 3D za pomocą programu MicroStation. Wybrano go z tego powodu, że AutoCAD Map 3D nie posiada zaimplementowanego narzędzia do wpasowania rastrów i konieczne jest użycie osobnej aplikacji CADRaster;
- 2) Definicja za pomocą programu Sketch UP liniowych elementów trójwymiarowych, takich jak krawężniki, korzystając z wcześniej stworzonych danych;
- 3) Opracowanie numerycznego modelu terenu w programie Sketch UP (zastosowanie skryptu) – podobny, a nawet lepszy efekt osiągnięto by tworząc model np. w programie Microstation, jednak z powodu braku dostępu do wyższej wersji aplikacji, nie było to możliwe;
- 4) Import modelu do programu Microstation PowerDraft i redakcja mapy trójwymiarowej.

Wstępny efekt prac zilustrowano na rysunkach 6.





Rys. 6. Trójwymiarowy model skrzyżowania: a) widok z góry, b) symbolika przewodów podziemnych i urządzeń z nimi związanych

5. Wnioski

W oparciu o analizę literatury i test przestrzenny sformułowano następujące wnioski praktyczne:

- 1) Istniejące dane kartograficzne nie dają możliwości opracowania w pełni trójwymiarowego modelu obiektów terenowych służącego do projektowania, wymagają co najmniej pomiaru uzupełniającego wykonanego klasycznymi metodami;
- 2) Brakuje też pełnej informacji przestrzennej o przewodach i innych obiektach podziemnych, co w uproszczeniu można uzupełnić parametrami normatywnymi położenia przewodów, a dla bardziej wymagających celów niezbędne jest użycie specjalistycznych wykrywaczy;
- 3) Dostępne oprogramowanie komputerowe albo nie nadaje się do wprowadzania i wstępnej obróbki danych, albo jest bardzo skomplikowane, wymaga też znacznego wysiłku w zakresie obsługi;
- 4) Wiodące oprogramowanie typu GIS nie obsługuje bezpośrednio przestrzennego rozmieszczenia warstw, ma natomiast możliwość uzupełnienia danych o dodatkowy atrybut, którego jednak nie można prezentować na mapie;
- 5) Zastosowanie techniki 3D pozwala na eliminację i wykrycie błędów na mapie, błędów pomiarowych oraz kolizji.
- 6) Wektorowy model przestrzeni można uzupełnić o dane skanerowe, jednak opracowanie ich wymaga użycia specjalistycznego oprogramowania, mocnych komputerów oraz żmudnej obsługi, głównie w zakresie filtrowania niepoprawnych danych.

Dane skanerowe obarczone są wieloma zakłóceniami, głównie wskutek refleksów. Te dane nie nadają się do bezpośredniego modelowania powierzchni terenu asfaltu. Wykorzystanie chmury punktów do przedstawienia elewacji budynków nie ma sensu przy projektowaniu, a innych elementów jak słupy, znaki, śmietniki, ławki, czyli elementy, które nie wchodzą w treść obligatoryjną ma zastosowanie tylko w wybranych przypadkach. Jest to natomiast wygodne przy inwentaryzacji drzew, ponieważ uzyskujemy informacje o ich rozmiarach na różnych poziomach (pień, pierśnica, korona). Problemem jest jednak przestanianie jednych drzew innymi stojącymi na drodze promienia laserowego. Lepsze efekty powinny dać skany uzupełnione o informację barwną RGB. Planuje się wykonać kolejne testy prowadzące do stworzenia modelu nawierzchni i porównanie jej z pomiarem przekrojów tachymetrycznych i GPS. Planuje się też porównanie skanów laserowych nawierzchni wraz z krawężnikami oraz skonfrontowanie uzyskanych wyników z oczekiwaniami projektantów.

Literatura

- [1] WYCZAŁEK I., Nowa metoda modelowania powierzchni terenu dla potrzeb analiz i symulacji zjawisk przestrzennych, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 21, 2010, 447-458.
- [2] PLICHTA A., Zastosowanie nowoczesnych technik rejestracji terenu do tworzenia mapy kodyfikacyjnej linii kolejowych, *Przesłany do red. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej*, 2011.
- [3] FABIO R., From point cloud to surface: the modeling and visualization problem, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIV-5/W10,
- [4] DOBSON M., Sydney Underground, *Geomatic and Information Technology Association Conference GITA 2009*, Melbourne, Australia.
- [5] BANDROVA T., Innovative Technology of the Creation of 3D Maps, *Data Science Journal*, 4, 2005, str. 53-58.
- [6] HAEBERLING Ch., Cartographic Design Principles for 3D Maps – A Contribution to Cartographic Theory. 22nd International Cartographic Conference A Coruña, Spain, 2004.
- [7] KOLBE T., CityGML: Exchange and Storage of Virtual 3D Models, 2007, www.citygml.org (dost. 1.08.2011).
- [8] DANIELSKI A., WYCZAŁEK I., GEO-INFO Polish System of Detailed Land Information. 19th International Cartographic Conference. Ottawa, Canada, 14-21.08.1999, str. 165-171.
- [9] ATTILI W., 3D For Everyone, Thank You SketchUP, www.sha3teely.com, 2005, (dost. 1.08.11).

Źródła internetowe

- [10] <http://usa.autodesk.com/civil-3d/features/> (dost. 1.07.2011)
- [11] <http://sketchup.google.com/product/features.html> (dost. 1.07.2011)
- [12] <http://usa.autodesk.com/3ds-max/> (dost. 1.07.2011)
- [13] <http://www.bentley.com/en-US/Products/MicroStation+PowerDraft/> (dost. 1.07.2011)
- [14] <http://usa.autodesk.com/autocad-map-3d/features/> (dost. 1.07.2011)
- [15] Leica, http://www.leica-geosystems.pl/pl/Wykrywacze_83767.htm (dost. 1.07.2011)
- [16] EASY, <http://www.wykrywacze.net/lokaliz/easylocrx.htm> (dost. 1.07.2011)
- [17] http://www.faro.com/focus/pl/?int_cid=but_pl_f3d (dost. 1.07.2011)
- [18] <http://www.tpi.com.pl/uploads/pdf/produkty/skaner/ip-s2.pdf> (dost. 1.07.2011)
- [19] <http://leica-photogrammetry-suite.software.informer.com/9.2/> (dost. 1.07.2011)
- [20] http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persons/fabio/tarasp_modeling.pdf (dost. 1.07.2011)
- [21] <http://sitetopo.com/manual.html> (dost. 1.07.2011)

THREE-DIMENSIONAL ELABORATIONS OF THE MAP FOR DESIGN PURPOSES

Summary

Current state of knowledge on designing buildings as well as the software being in use allows creation of three-dimensional projects. In the programs which support three-dimensional designing it is necessary to convert the content of the map for design purposes (which by definition is flat) in a spatial form. Meanwhile, designers expect surveyors to provide them spatial models of terrain objects. The paper presents investigations to develop such maps using currently available software. After reviewing the possibility of the tested programs the possibilities to supplement the content maps to the third dimension has been presented. Finally, the effects of modeling three-dimensional presentation have been addressed and tested. In conclusions have been stated that the current state of data, the possibility of the addition of a third dimension and to develop spatial models based on them are now very difficult. Possible actions are in this regard have been proposed.