

Numeryczny model terenu stolicy oraz powiązany z nim trójwymiarowy model zabudowy fragmentu Centrum



Warszawa wchodzi w trzeci wymiar

Numeryczny model terenu to obecnie nie tylko zabawka, ale ogromny zasób informacji, ułatwiający podejmowanie decyzji. Aby zobaczyć więcej, coraz częściej posługujemy się trzecim wymiarem, tak skrzętnie pomijanym w dotychczasowych analizach.

Na razie w większości zastosowań GIS pracuje się w układzie płaskim, co umożliwia wykonanie podstawowych zadań stawianych takim systemom. Ale czy to wystarczy, jeśli zamierzamy rozpocząć inwestycję kosztującą miliony złotych, jak np. budowa supermarketu, autostrady czy rozbudowa infrastruktury miasta? Wszelkie płaskie analizy pozbawione trzeciego wymiaru są obarczone dość dużym błędem wynikającym z ukształtowania terenu oraz nie są w stanie odwzorować stanu faktycznego po zakończeniu inwestycji, np. widoczności oznakowania, reklam czy wyglądu terenu po jego nivelacji. A co z nadzorem inwestorskim? Jak sprawdzić, czy wykonawca nie zawyża ilości mas ziemi, czy projektant optymalnie poprowadził kanalizację, czy wiadukty nie będą zbyt niskie? Obecnie wszystko to liczą geodeci po wykonaniu pomiarów.

Po co trzeci wymiar?

Okazuje się, że największe oszczędności podczas dużych inwestycji uzyskuje się poprzez optymalizację procesów projektowych i wykonawczych oraz podczas sprawdzania projektowanych robót ze sta-

nem faktycznym. Jeśli projekt opracowany jest w trzech wymiarach, to nawet laik jest w stanie wychwycić kolizje i podstawowe błędy. Warto pamiętać, że na odcinku kilkuset metrów wykopanie drogi „tylko” 20 cm głębiej niż trzeba kosztuje setki tysięcy złotych, a model trójwymiarowy natychmiast wskaże nam błąd. Podobne przykłady można mnożyć i bez wątpienia system wykonujący takie funkcje zwraca się już na etapie planowania inwestycji.

Profesjonalne firmy projektowe coraz częściej wykorzystują numeryczny model terenu (NMT lub ang. DTM) jako podstawę do wszelkich projektów infrastruktury przestrzennej, gdyż dzięki niemu można zminimalizować wiele niekorzystnych aspektów związanych z „wstawieniem” w istniejące otoczenie nowego obiektu, np. budynku, osiedla, obiektu sportowego, zbiornika wodnego czy drogi. Dodatkowym atutem trójwymiarowego modelu jest możliwość przeprowadzania różnego typu analiz związanych z zagrożeniami powodziowymi, poziomem hałasu, zanieczyszczeń i innych procesów decyzyjno-planistycznych. Prawie każde oprogramowanie oferujące NMT pozwala generować warstwy, przekroje podłużne i poprzeczne, obliczać objętości mas ziemnych i przedstawiać rzeźbę terenu w różnorodnej formie graficznej. Programy różnią się natomiast szybkością i efektywnością przetwarzania informacji, obszarem opracowania, rodzajem materiałów wejściowych, współpracą z innymi programami tego typu oraz wieloma dodatkowymi funkcjami.

Przetarg na NMT dla Warszawy

W grudniu 1999 roku Biuro Zarządu Miasta Warszawy ogłosiło przetarg na utworzenie numerycznego modelu terenu dla całego obszaru stolicy oraz powiązanego z nim trójwymiarowego modelu

zabudowy dla fragmentu centrum miasta. Zamówienie obejmowało również integrację trójwymiarowego modelu z danymi z ArcView i bazą punktów adresowych oraz wykonanie komputerowej animacji przejazdu ulicą Nowy Świat.

Do realizacji tego zadania powstało konsorcjum dwóch doświadczonych firm: wykonawczej i informatycznej. Rozwiązanie podzielono na dwa spójne etapy:

- stworzenie modelu;
- dostarczenie narzędzi do aktualizacji i obsługi oraz szkolenie pracowników zamawiającego.

Firma ABM Studio Geodezji i Kartografii Numerycznej była odpowiedzialna za pozyskiwanie danych (digitalizacja) oraz wykonanie modelu, zaś firma Designers – za dostarczenie niezbędnych narzędzi, szkolenie i integrację baz danych z powstałym modelem terenu. Ta druga wykonała również aplikacje ułatwiające lokalizację obiektów antropogenicznych na właściwej wysokości terenu.

– Nie jesteśmy firmą geodezyjną, lecz dostarczamy rozwiązań informatycznych dla geodezji i innych służb z nią związanych – podkreśla Andrzej Jagura z firmy Designers. – Tworzymy systemy, korzystając z wiedzy firm wykonawczych, dlatego współpracujemy z nimi, dostarczając wspólnie lepsze rozwiązania, ku satysfakcji klienta. Jako że zatrudniamy informatyków, geodetów, architektów i mechaników, rozmawiamy tym samym językiem, co firmy wykonawcze.

Narzędzia i technologie

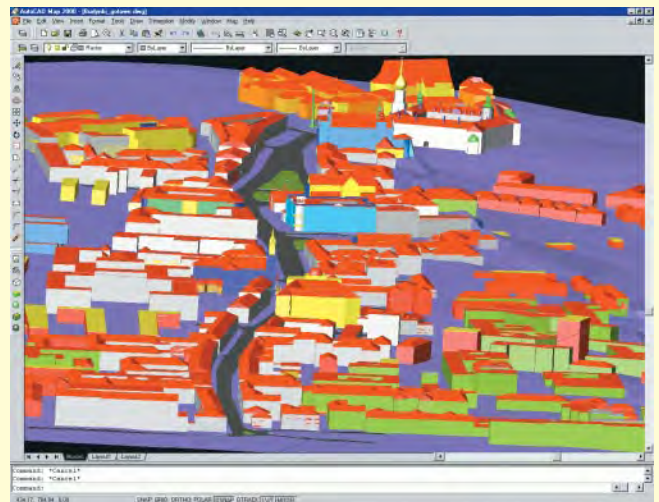
Wyboru narzędzi i technologii firmy dokonały wspólnie po szczegółowej analizie potrzeb i oczekiwań klienta. Wybór padł na rozwiązania firmy Autodesk, które oprócz prostoty obsługi zapewniały łatwą edycję gotowego opracowania zgodnie z założeniami zamawiającego oraz dostarczały dużo więcej możliwości, niż oczekiwał klient. Nie bez znaczenia była również cena takiego systemu. Rozwiązanie oparto na dwóch narzędziach, tzn. AutoCAD Land Development Desktop oraz 3D Studio Max.

Marek Łapiński z Wydziału Planowania Miasta Stołecznego Warszawy pochlebnie ocenił wybór rozwiązania: – Zakładaliśmy na początku, że opracowanie ma umożliwiać wizualizację koncepcji urbanistycznych w istniejącym otoczeniu (teren i budynki). Okazało się, że są dostępne narzędzia, które potrafią dokonywać analiz przestrzennych i łączyć obiekty CAD i GIS w spójną całość, a zupełnie nie mają wpływu na koszty opracowania i czas jego wykonania. Dodatkową zaletą wybranego przez nas systemu jest jego otwartość na nowe dane i pełna elastyczność w tworzonych projektach bez stawiania wygórowanych wymagań dla sprzętu.

AutoCAD Land Development Desktop jest następcą gamy programów firmy Softdesk. Jądrzem systemu, zawierającego spójny zestaw narzędzi z takich dziedzin, jak planowanie przestrzenne, geodezja, inżynieria lądowa i wodna, jest AutoCAD Map 2000, który łączy w sobie zagadnienia CAD oraz GIS. Służy do tworzenia i edycji map, jednocześnie umożliwiając zarządzanie i wykonywanie różnego typu analiz. Większość danych wchodzących w skład projektu zapisywana jest w zewnętrznych plikach baz danych, co umożliwia wspólny dostęp do informacji wielu użytkownikom zaangażowanym w pracę nad projektem. Jednocześnie istnieje system zabezpieczeń, który pozwala na zmianę danych tylko przez upoważnione osoby.

Pozyskiwanie danych

Materiałami wejściowymi były dwie warstwy tematyczne mapy topograficznej w skali 1:10 000 – rzeźba terenu i sytuacja. Mapy topograficzne zostały wcześniej zeskanowane i skalibrowane do lokalnego układu współrzędnych (Warszawa 75). Dodatkowym



Ulica Nowy Świat – Model Land Development Desktop przygotowany do wizualizacji w 3D Studio Max

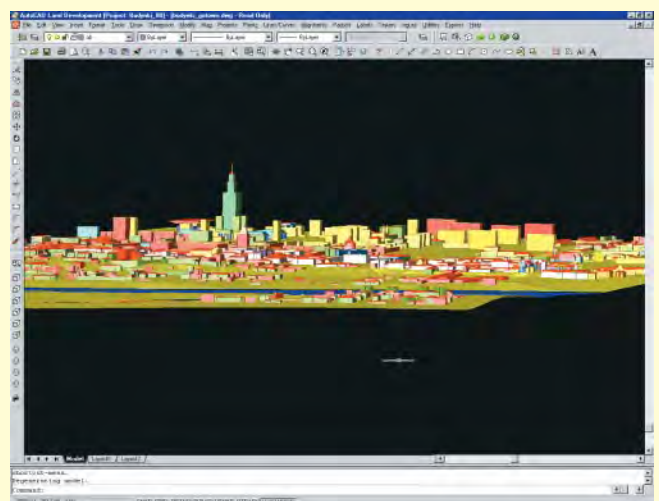
materiałem była siatka ulic oraz punkty adresowe pochodzące z programu ArcView oraz numeryczny zapis Ogólnego Planu Zagospodarowania Przestrzennego z 1992 roku. Prace digitalizacyjne rzeźby terenu firma ABM wykonała w ciągu 2 tygodni (42 sekcje mapy 1:10 000), po 1-dniowym szkoleniu pracowników z obsługi programu AutoCAD Land Development Desktop.

– Zaufaliśmy w ciemno firmie Designers, że nie będzie problemów z dotrzymaniem terminów wykonania prac – mówi Monika Sądzińska z ABM – mimo że nie widzieliśmy narzędzia na oczy, a zakres prac wydawał się ogromny. Po szkoleniu okazało się, że faktycznie rzadko widuje się tak proste narzędzia do digitalizacji rzeźby terenu i budynków. Jednocześnie mieliśmy firmę (Designers), która zajęła się za nas rozwiązaniami informatycznymi i integracyjnymi oraz ewentualnymi problemami z nowym oprogramowaniem. Myślę, że takie połączenie sił przyniosło ciekawe efekty i wniosło nową jakość do naszych prac – dodaje Monika Sądzińska.

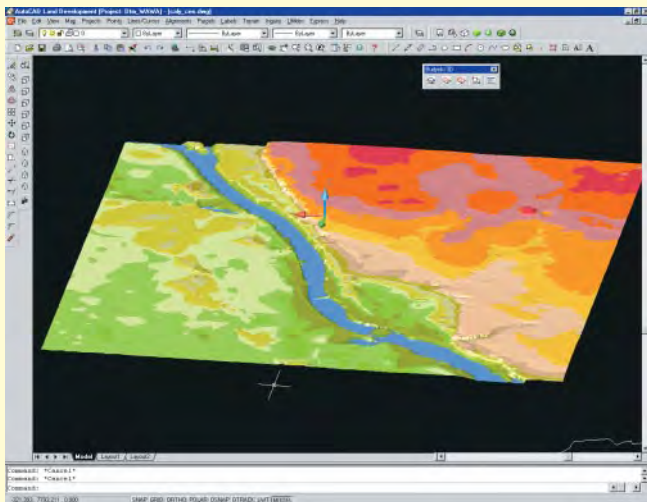
Tworzenie NMT

Numeryczny model terenu w Land Development Desktop może być budowany na podstawie:

- punktów lub grup punktów znajdujących się w bazie danych projektu;
- punktów z zewnętrznego pliku ASCII;



Fragment modelu centrum Warszawy (rzeźba + budynki)

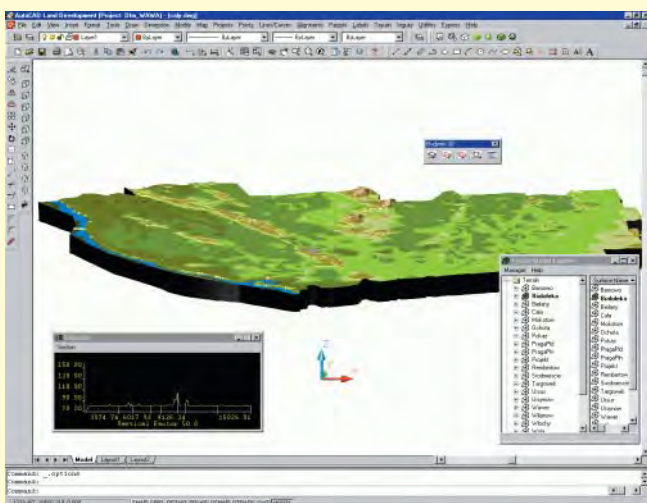


Fragment modelu rzeźby terenu centrum Warszawy, cięcie co 5 m

- elementów rysunku posiadających współrzędne Z (tekst, blok, linia itp.);
- linii nieciągłości (np. rowy, krawędzie skarp, uskoki);
- granic wewnętrznych oraz zewnętrznych;
- warstwic.

Model jest budowany poprzez triangulację. Program analizuje wszystkie dane, które użytkownik włączył w ten proces, i zapisuje teren w postaci powierzchni składającej się z szeregu trójkątów. Przestrzenny model może być korygowany poprzez dodawanie/usuwanie punktów, linii lub odwracanie trójkątów. Wszelkie korekty zapisywane są w pliku historii powierzchni i mogą być użyte do budowania modelu. Projekt może zawierać wiele powierzchni, które mogą być podnoszone, obniżane, wklejane (łączone). Możliwe jest rzutowanie elementów 2D na powierzchnię 3D, obserwowanie z zadanej wysokości w danym kierunku, a także generowanie przejazdów po wyznaczonej ścieżce.

Oprogramowanie posiada doskonały moduł zarządzania bazą punktów. Możliwy jest import/eksport punktów praktycznie w dowolnym formacie, a także konwersja między różnymi układami współrzędnych. Punkty mogą być wnoszone kilkunastoma metodami (interpolacje, wycięcia, przecięcia, spadki, podziały, kierunki). Baza punktów może być filtrowana na wiele sposobów i dzielona na grupy, dzięki czemu projektant nie musi za każdym razem opero-



Model terenu gminy Białoteka

wać wszystkimi punktami projektu. Kodowanie punktów pozwala na automatyczne umieszczanie symboli 2D lub 3D na terenie.

Budynki 3D

Do tworzenia budynków stworzono aplikację, która w szybki i prosty sposób umożliwia rysowanie budynków w formie przestrzennej. Obiekty są rysowane w obszarze modelu, co oznacza, że budynki są umieszczane w przestrzeni na odpowiedniej wysokości. Użytkownik ma do dyspozycji 3 rodzaje dachów: płaski, dwuspadowy lub kopertowy. Po narysowaniu obrysu w oknie dialogowym wpisujemy liczbę kondygnacji, ich wysokość oraz wysokość dachu. Program oblicza parametry budynku i rysuje go.

Dodatkowo, na podstawie punktów definiujących obrys budynku, na oddzielnej warstwie (na poziomie „0”) generowany jest obiekt typu poligon. Do poligonu dołączona zostaje tabela opisująca dany budynek. Poligony przedstawiające obrysy budynków wraz z tabelami mogą być wysłane do innych systemów typu GIS.

Wyniki prac

Wykonane opracowanie może być wykorzystywane m.in. do modelowania nowych koncepcji architektonicznych i inżynierskich (czy ciągnąć autostradę nad ziemią, czy kopać tunel w Skarpie Wiślanej k. Wilanowa), szacowania inwestycji miejskich, lokalizacji nowych obiektów inżynierskich, czy wizualizacji koncepcji rozwoju miasta. Zawiera m.in.:

- obiektowy model terenu, generowany dynamicznie na zadanym przez użytkownika obszarze,
- budynki w Centrum w postaci 3D

z zachowaniem ich faktycznej postaci (liczby kondygnacji i rodzaju dachów);

- rozptył wód na terenie i jego zlewnie;
- 4 mosty na Wiśle z zachowaniem ich cech;
- możliwość tworzenia przekrojów poprzecznych i podłużnych oraz liczenie mas ziemnych przy planowanych inwestycjach;
- tworzenie animacji uproszczonych do szybkiej oceny projektu i sprawdzanie zacienienia obiektów w zależności od pory roku i dnia;
- aplikacja do rysowania budynków z dowolnej liczby punktów według definiowanych przez operatora cech;
- możliwość importu i eksportu danych do innych systemów GIS i CAD w ich naturalnych formatach;
- fotorealistyczne (łącznie z nałożeniem oryginalnych tekstur) modele Zamku Królewskiego, hotelu Europejskiego i Bristol, Pałacu Kultury i Nauki i wszystkich kościołów na Nowym Świecie i Krakowskim Przedmieściu;
- przejazd Nowym Światem i Krakowskim Przedmieściem w postaci filmu cyfrowego;
- kilkanaście charakterystycznych budynków w postaci szczegółowego odwzorowania;
- analizy przestrzenne definiowane przez użytkownika na podstawie danych z różnych programów GIS i baz danych.

Opracowanie w liczbach

■ kwota przetargu	125 000 zł
(w tym oprogram. – 3 szt. LandDevelopment i 1 szt. 3DStudio MAX)	
■ czas realizacji	3 tygodnie
■ powierzchnia opracowania	1600 km ²
■ dokładność wysokościowa modelu	1 m
■ warstwice	742 170
■ trójkąty	824 967
■ liczba punktów po interpolacji	747 749
■ liczba punktów adresowych	76 000
■ liczba odcinków topologicznych ulic	15 000
■ liczba budynków 3D	1500

ABM Studio Geodezji i Kartografii Numerycznej Designers s.c.