

**PRZEKSZTAŁCENIE CYFROWEJ MAPY ZASADNICZEJ
DO POSTACI TRÓJWYMIAROWEJ
DLA WIZUALIZACJI I ANALIZ PRZESTRZENNYCH
URZĄDZEŃ PODZIEMNYCH**

CONVERTING A 2D DIGITAL BASE MAP TO A 3D DATABASE
FOR VISUALISATION AND SPATIAL ANALYSIS
OF UNDERGROUND UTILITIES

Radosław Mróz¹, Aleksandra Wiśniewska², Anna Fijałkowska³

¹Biuro Geodezji i Katastru Urzędu Miasta Stołecznego Warszawy

²ELFEKO S.A

³Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii

Słowa kluczowe: konwersja z 2D do 3D, urządzenia podziemne, trójwymiarowa analiza przestrzenna

Keywords: 2D into 3D conversion, underground utilities, 3D spatial analysis

Wstęp

Wiele projektów inżynierskich wymaga danych zlokalizowanych w przestrzeni trójwymiarowej, zachodzi też potrzeba wykonywania analiz przestrzennych 3D, a najczęściej klasyczne oprogramowanie wspomagające projektowanie nie posiada takiej funkcjonalności. W przypadku mapy zasadniczej ma to ważne znaczenie praktyczne, szczególnie dla warstw zawierających obiekty infrastruktury podziemnej. Wielokrotnie dochodzi do awarii i uszkodzenia sieci urządzeń podziemnych, a projektowanie nowych przyłączy jest utrudnione, szczególnie na obszarach o znacznym zainwestowaniu. Uzasadnione jest więc korzystanie z narzędzi, które pozwolą w odpowiedni sposób zweryfikować przebieg projektowanych sieci i wykryć ewentualne kolizje z obiektami już znajdującymi się pod ziemią.

Mapa zasadnicza i sieci uzbrojenia terenu

Według definicji, zawartej w ustawie z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (Ustawa, 1989), mapa zasadnicza to *wielkoskalowe opracowanie kartograficzne, zawierające aktualne informacje o przestrzennym rozmieszczeniu obiektów ogólnogeograficz-*

nych oraz o elementach ewidencji gruntów i budynków, a także sieci uzbrojenia terenu (SUT): nadziemnych, naziemnych i podziemnych. Wykonywana jest w formie numerycznej lub analogowej i stanowi podstawowy element państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego oraz podstawowy materiał kartograficzny. Jest źródłowym opracowaniem kartograficznym do sporządzenia map pochodnych. Jeśli jest prowadzona w postaci analogowej, sieci uzbrojenia terenu stanowią jedną z nakładek mapy (U). Jeśli jest to wersja numeryczna, sieci uzbrojenia terenu, podobnie jak inne obiekty tej bazy danych, są przechowywane w zbiorach warstw lub w zbiorach obiektów. Ustawa *Prawo geodezyjne* definiuje sieci uzbrojenia terenu jako *wszelkiego rodzaju nadziemne, naziemne i podziemne przewody i urządzenia: wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe, ciepłne, telekomunikacyjne, elektroenergetyczne i inne, z wyłączeniem urządzeń melioracji szczegółowych, a także podziemne budowle, jak: tunele, przejścia, parkingi, zbiorniki itp.* Na obszarze całego kraju jest prowadzona Geodezyjna Ewidencja Sieci Uzbrojenia Terenu (GESUT), która jest zakładana i prowadzona przez starostę lub prezydenta miasta na prawach powiatu poprzez Powiatowy Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. W Warszawie jednostką odpowiedzialną za prowadzenie mapy zasadniczej i GESUT jest Biuro Geodezji i Katastru Urzędu Miasta Stołecznego Warszawy. Do zadań Biura w zakresie GESUT należy między innymi udzielanie informacji o ogólnym przebiegu przewodów i związanych z nimi urządzeń, rodzaju i funkcji przewodów, materiale, z którego jest wykonana obudowa przewodu (wraz z potwierdzeniem zgodności z posiadaną ewidencją branżową), udostępnianie dokumentacji technicznej przewodów, dokumentacji z pomiarów powykonawczych i przebiegu istniejących przewodów, zgłaszanie i wprowadzanie do zasobu zmian dotyczących położenia przewodów, wyłączenia ich z eksploatacji bądź likwidacji. Każda zmiana danych GESUT wymaga dołączenia dokumentacji geodezyjnej, stanowiącej wynik inwentaryzacji zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 2 kwietnia 2001 roku w *sprawie geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz zespołów uzgadniania dokumentacji projektowej* (Rozporządzenie, 2001). Prowadzenie ewidencji sieci uzbrojenia terenu ma na celu zapobieganie kolizjom istniejących i projektowanych sieci.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. w *sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej* (Rozporządzenie, 2013), w bazie danych GESUT do klas obiektów SU (sieci uzbrojenia terenu) zalicza się: SUPB – przewód benzynowy, SUPC – przewód ciepłowniczy, SUPE – przewód elektroenergetyczny, SUPG – przewód gazowy, SUPK – przewód kanalizacyjny, SUPN – przewód naftowy, SUPT – przewód telekomunikacyjny, SUPW – przewód wodociągowy, SUPZ – przewód niezidentyfikowany, SUPI – przewód inny, SUOP – obudowa przewodu, SUBP – budowla podziemna, SUUS – urządzenie techniczne związane z siecią, SUPS – punkt o określonej wysokości, SUSM – słup i maszt oraz SUKP – korytarz przesyłowy. Obiekty w bazie danych GESUT mają oznaczenie składające się z sześciu znaków i grupowane są na trzech poziomach klasyfikacyjnych: pierwszym – określającym kategorie klas obiektów (dwie pierwsze litery oznaczenia), drugim – określającym klasy obiektów (trzecia i czwarta litera oznaczenia) i trzecim – określającym obiekty (dwie cyfry oznaczające różne kategorie obiektów w danej klasie). Wymagana dokładność danych powinna wynosić: dla współrzędnych x i y punktów załamania osi przewodów 0,05 m, dla rzędnej H lub niwelacji dla przewodów sztywnych i miękkich 0,01 m.

Proces projektowania przyłącza

Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 21 lutego 1995 r. w sprawie rodzaju i zakresu opracowań geodezyjno-kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie (Rozporządzenie, 1995) wskazuje, że opracowania geodezyjno-kartograficzne do celów projektowych mają być sporządzane na kopii aktualnej mapy zasadniczej. Mapa ta, określana jako mapa do celów projektowych, powinna zawierać między innymi usytuowanie projektowanych sieci uzbrojenia terenu, które zaopiniował Zespół Uzgodnienia Dokumentacji Projektowej (ZUDP). Natomiast dokumentacja geodezyjno-kartograficzna, sporządzona w wyniku inwentaryzacji powykonawczej, powinna zawierać dane umożliwiające wniesienie zmian na mapę zasadniczą, do EGIB oraz GESUT. Projekt nowego przyłącza powinien stosować się do podstawowych zasad i wymagań dotyczących lokalizacji urządzeń podziemnych. Przewody prowadzi się wewnątrz terenu określonego liniami rozgraniczającymi, równoległe do osi ulicy. Należy je lokalizować w odcinakach prostych, odgałęzienia przewodów powinny być wykonywane pod kątem prostym. Przewodów nie należy lokalizować na terenach pod skarpami, w szczególności gdy nachylenie skarpy jest większe niż 20%. W ulicach o szerokości ponad 30 m przy zabudowie obustronnej, w liniach rozgraniczających należy przewidywać ułożenie uzbrojenia sieci rozdzielnie po obu stronach ulicy, a przy jednostronnej zabudowie ulicy przewody rozdzielcze należy prowadzić po stronie zabudowy. Zabronione jest lokalizowanie różnych przewodów podziem-

Tabela. Orientacyjne minimalne odległości w metrach dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych od innych sieci i urządzeń wg wytycznych MPWiK Warszawa (Wytyczne IN-PRO-01, 2014)

Uzbrojenie	Przewód wodociągowy o średnicach [mm]			Kanalizacja sanitarna ogólnospławna	Kanalizacja deszczowa
	< 300	300 ÷ 500	> 500		
Gazociąg	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Wodociąg do 300 mm	1	1	1,5	1,5	1,5
Wodociąg 300 ÷ 500 mm	1	1,5	2	2	2
Wodociąg ponad 500 mm	1,5	2	2	2	2
Przewody kanalizacyjne	1,5	1,5	2	1,5	1,5
Kabel telekomunikacyjny	0,5	1	1,5	1,5	1,5
Kanalizacja kablowa w blokach	1	0,5	1,5	1,5	1,5
Kabel elektroenergetyczny n/n	0,5	0,5	1	1	1
Kabel elektroenergetyczny ś/n w/n	1	1	1,5	1,5	1,5
Słupy elektroenergetyczne	1	1,5	2	2	2
Ciepłownictwo	1,5	1,5	2	2	2
Budynki mieszkalne	3	5	8	5	2
Krawężnik	0,6	1,5	2,3	2	2
Linia rozgraniczająca lub ogrodzenie trwałe	1,5	2	3	2	2
Drzewa (od skrajni pnia)	min 1,5	min 1,5	min 1,5	min 1,5	min 1,5
Pomnik przyrody	indywidualne uzgodnienia z Wydziałem Ochrony Środowiska				

nych w jednej płaszczyźnie pionowej, a uzgodnienia usytuowania projektowanych sieci uzbrojenia terenu dokonuje się po wcześniejszym zbadaniu bezkolizyjnego położenia projektowanej sieci z już istniejącymi, wcześniej zaprojektowanymi przewodami i urządzeniami, innymi obiektami budowlanymi, znakami geodezyjnymi, zielenią wysoką, pomnikami przyrody, a także po zbadaniu ustaleń miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, zachowując odległości między przewodami w granicach dopuszczalnych. Przykładowe wymogi lokalizacyjne dla przewodów wodociągowych, kanalizacji sanitarnej i deszczowej przedstawia tabela. Określając miejsce położenia poszczególnych przewodów trzeba zwrócić też uwagę, by położenie przewodu zapewniało odpowiednie warunki bezpieczeństwa przy ich budowie, naprawach i eksploatacji, najmniejszą ilość wykopów oraz możliwość stosowania tzw. sprzętu ciężkiego. Ze względu na możliwość osłabienia fundamentów budynków należy przestrzegać zasady, że im głębiej mają być umieszczone przewody podziemne, tym większe powinny być ich odległości od budynków. Ponadto przy projektowaniu sieci wodociągowych i kanalizacyjnych należy uwzględnić ewentualny wpływ warunków atmosferycznych.

Bazy danych urządzeń podziemnych 3D

Kolejne inwestycje, projekty i przebudowy obiektów infrastruktury w miastach, spowodowały powstanie gęstej sieci przewodów, kabli i rurociągów, którymi zarządzanie jest coraz bardziej utrudnione, szczególnie dlatego, że poszczególnymi elementami tej infrastruktury zarządzają różne instytucje. Specyfiką infrastruktury podziemnej jest przechodzenie poszczególnych obiektów ponad sobą, z tego względu klasyczna, dwuwymiarowa wizualizacja nie oddaje w pełni faktycznego położenia przewodów i znacząco utrudnia efektywne zarządzanie sieciami (He i in., 2011). Poza tym, ewentualne kolizje w zdecydowanej większości przypadków wynikają z niewystarczającej informacji co do pionowego usytuowania przewodów. Zdarza się, że prowadzone inwestycje są przerywane lub opóźniane ze względu na wykrycie lub uszkodzenie niezainwentaryzowanych sieci uzbrojenia terenu (Talmaki i in., 2010). Dlatego wiele miast przystąpiło do realizacji w pełni trójwymiarowych baz infrastruktury podziemnej, przykładem jest Tokio, Las Vegas, Calgary lub Sao Paulo. W maju 2014 r. francuski IGN (Institut National de l'Information Géographique et Forestière) podał do wiadomości decyzję o przystąpieniu do projektu realizacji trójwymiarowej bazy danych dla urządzeń podziemnych. Bazę taką posiada również między innymi lotnisko Heathrow (Rhoades, 2014), a z danych trójwymiarowych korzysta także amerykański odpowiednik Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (rys. 3).

Najczęściej, w związku z tym, że miasta posiadają klasyczne, dwuwymiarowe bazy danych urządzeń podziemnych, zawierające dane wprowadzane po wykonaniu odbiorów prac inwestycyjnych i wykonywanych inwentaryzacjach terenu, bazy trójwymiarowe powstają z przekształcenia bazy 2D do 3D (Shall i in., 2008; He i in., 2011). Jednym z problemów przekształcania istniejących baz danych jest zmiana podejścia do przedstawiania urządzeń podziemnych. Przykładowo, dotychczas w bazach danych przestrzennych, przewód wodociągowy był przedstawiany poprzez oś tego przewodu (część geometryczna warstwy). Informacja o jego średnicy była natomiast przechowywana w tabeli atrybutów. Uzupełnieniem tej warstwy były warstwy punktowe zawierające obiekty przyłączy, komór, przepompowni i innych elementów sieci. Natomiast technologia baz danych 3D umożliwia bardziej realistyczne przedstawienie przewodów wodociągowych, jako połączonych ze sobą odcinków

walców, których krawędź przedstawia faktyczne położenie rurociągu (z założoną dokładnością). W takim przypadku nie jest wystarczające przedstawienie obiektów przyłączy, komór lub przepompowni w postaci punktowej, wymagana jest obiektowa reprezentacja tych elementów infrastruktury. Autorzy zwracają uwagę na konieczność nowego podejścia do topologii – poszczególne obiekty muszą być odpowiednio połączone ze sobą również w płaszczyźnie pionowej. Obiekty reprezentujące przewody są tworzone z prostoliniowych odcinków ograniczonych punktami początku i końca, dla których znane są współrzędne 3D (Du i in., 2006; Shall i in., 2008).

Koncepcja trójwymiarowej bazy danych GESUT 3D

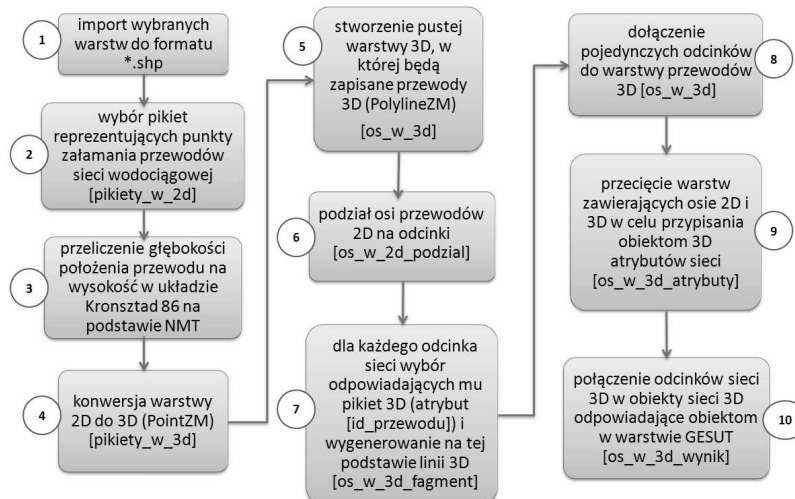
Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej (Rozporządzenie, 2013) wskazuje, że źródłem danych dla bazy danych GESUT są dane zgromadzone w zasobie geodezyjnym i kartograficznym (w szczególności dane będące treścią geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, mapy zasadniczej oraz innych map wielkoskalowych) lub dane pozyskane z innych rejestrów publicznych oraz od podmiotów władających sieciami uzbrojenia terenu. Wytyczne dotyczące wprowadzania obiektów do bazy danych GESUT i BDOT500 określa załącznik nr 3 do rozporządzenia. Baza GESUT jest wersjonowana, co oznacza, że jeśli jakiś obiekt podlegał zmianom, baza zawiera również wszystkie poprzednie jego wersje wraz z informacją o ich aktualności. Rozporządzenie zakłada dwuwymiarowość bazy danych, świadczy o tym między innymi stwierdzenie, że reprezentacją geometryczną obiektów są linie lub powierzchnie. Nie zakłada się przechowywania danych w postaci brył. Jedyną klasą obiektów punktowych w bazie GESUT jest klasa SUPS – punkt o określonej wysokości. Pozostałe obiekty bazy danych muszą być w relacji topologicznej z obiektami tej warstwy. Wśród jej atrybutów znajdują się „rzędna dołu” i „rzędna góry”, co oznacza w praktyce dla punktu załamania osi przewodu głębokości, na jakiej znajdują się najwyższy i najniższy punkt obiektu. Ich różnica jest równa pionowej rozpiętości przewodu. Dyrektywa INSPIRE nie przewiduje obowiązku tworzenia baz danych 3D, ale nie wyklucza się takich rozwiązań w przyszłości.

Zadania państwowej służby geodezyjnej i kartograficznej w zakresie gromadzenia i udostępniania danych o urządzeniach podziemnych znacznie różnią się od zadań instytucji branżowych odpowiedzialnych za te urządzenia. Instytucje zarządzające sieciami korzystają ze specjalistycznych rozwiązań bazodanowych i oprogramowania dedykowanego pod konkretne potrzeby. Przykładowy system zarządzania siecią umożliwia: wsparcie informatyczne do zarządzania infrastrukturą techniczną, zdarzeń w niej występujących oraz weryfikację i automatyzację procesów przetwarzania danych; skrócenie czasu podejmowania decyzji przez szybkie przekazywanie aktualnych i spójnych danych oraz umożliwienie ich przetwarzania i analizowania, monitorowanie elementów sieci i optymalizację kosztów operacyjnych; zapewnienie wymaganego poziomu bezpieczeństwa danych przestrzennych oraz redukcję kosztów rozwoju i utrzymania sieci. Niektóre z systemów posiadają funkcjonalność baz danych przestrzennych wraz z odpowiednią wizualizacją i narzędziami analitycznymi. Baza danych GESUT ma służyć przede wszystkim celom inwestycyjnym, projektowym i realizacyjnym, w szczególności zapobieganiu kolizjom istniejących i projektowanych SUT w ramach prac ZUDP.

Jednym z ważniejszych zadań tworzenia koncepcji bazy GESUT 3D było wykonanie wielu testów i opracowanie schematu postępowania przy konwersji danych z istniejącego zasobu GESUT do postaci trójwymiarowej. Przetworzenia te wykonano dla wybranego fragmentu numerycznej mapy zasadniczej, znajdującego się na obszarze dzielnicy Białołęka w Warszawie, dla której mapa zasadnicza jest prowadzona w całości numerycznie. Wykonano pełną identyfikację wszystkich rodzajów sieci, które były pozyskane na podstawie geodezyjnych operatów pomiarowych. Mapa zasadnicza jest prowadzona w systemie GEO-MAP. Obszar testowy przedstawia rysunek 2.

Jedyną warstwą mapy zasadniczej, zawierającą dane wysokościowe jest warstwa [pikiety], a wartości wysokości są odniesione do lokalnego układu wysokości „Zero Wisły”, co odpowiada 77,8746 m n.p.m. w układzie Kronsztad 86. Inne warstwy mapy zasadniczej nie mają odniesienia wysokościowego, nie mają go również warstwy zawierające odcinki przewodów urządzeń podziemnych. Jedynie wybrane punkty z warstwy [pikiety], odpowiadające punktom załamania odcinków poszczególnych sieci, mają określone rzędne, tj. w tabeli atrybutów mają zapisaną wartość głębokości położenia przewodu i źródła pozyskania tych danych. Wielkości te mogą być uzyskane z pomiaru bezpośredniego, wektoryzacji opracowań analogowych bądź operatów archiwalnych. W przypadku braku takich danych, atrybuty są uzupełniane przez pomiar wykrywaczami, ewentualnie pochodzą z poszczególnych baz branżowych, lub w ostateczności przyjmuje się założenia normatywne położenia przewodów danego typu.

Pierwszym etapem prac było wyeksportowanie danych mapy zasadniczej do wymaganego formatu danych wektorowych (w tym przypadku ESRI shapefile) oraz dołączenie atrybutów do części geometrycznych bazy danych dla każdego z typów przewodów. Kolejny krok polegał na stworzeniu powierzchni odniesienia – numerycznego modelu rzeźby terenu (NMT) na podstawie rzędnych pikiet punktów reprezentujących powierzchnię ziemi (wykorzystano metodę interpolacji Natural Neighbour dostępną w pakiecie ArcGIS), a następnie przeliczenie głębokości położenia przewodów (liczonej od powierzchni ziemi) na wysokość względem poziomu odniesienia wysokości Kronsztad 86. Kolejne etapy przetworzeń warstw sieci uzbrojenia terenu z bazy 2D do 3D przedstawia schemat na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat postępowania – konwersja warstwy sieci z 2D do 3D na przykładzie sieci wodociągowej

Wizualizacja trójwymiarowa i analizy przestrzenne 3D

Wynikiem przetworzeń opisanych w poprzednim rozdziale jest baza danych GESUD 3D z warstwami sieci energetycznej, wodociągowej, gazowej i kanalizacyjnej. Warstwy te mogą być wyświetlone (np. w aplikacji ArcScene) i zwizualizowane w przestrzeni trójwymiarowej. Możliwe jest wyświetlanie samych osi przewodów, ale można również zwizualizować przewody jako obiekty przestrzenne, ograniczone obudową przewodu, z wykorzystaniem symboliki 3D. Pozwala to sprawdzić, czy wymagane minimalne odległości od istniejących przewodów są zachowane. Dostępne jest też narzędzie umożliwiające wykonywanie profilu terenu 3D.

Tak przygotowaną bazę danych można wykorzystać do weryfikacji projektu przyłącza energii, na podstawie danych przekazanych przez zespół projektowy. Dane w postaci pliku tekstowego X, Y, Z należy przetworzyć do postaci X, Y, H, gdzie Z oznacza głębokość punktu załamania osi przewodu, a H – współrzędną w układzie wysokościowym Kronsztad 86. Na podstawie warstwy 3D punktów załamania osi przewodu, podobnie jak opisano wcześniej, można utworzyć warstwę liniową 3D dla osi i krawędzi przewodu projektowanego przyłącza. Przykładowe kryteria, jakie powinno spełniać projektowane przyłącze energetyczne, to odległości minimalne: 70 cm od powierzchni ziemi, 25 cm od rury istniejącego przewodu gazowego oraz 25 cm od rury istniejącego przewodu wodociągowego. Pierwszym etapem kontroli jest utworzenie stref buforowych 3D od istniejących sieci – dla przewodu gazowego będzie to wartość 25 cm + promień rury (rys. 4a). Bufor dla projektu energii równy 70 cm pozwoli sprawdzić, czy zaprojektowany przewód jest zlokalizowany w odpowiedniej odległości od powierzchni ziemi (rys. 4b).

Kolejne analizy umożliwiają, w przypadku wykrycia ewentualnej kolizji, wyznaczenie części wspólnej warstw buforowych 3D i wskazania problematycznego odcinka projektowanego przewodu wraz ze wskazaniem odległości 3D pomiędzy projektowanym przewodem a osiami i krawędziami istniejących urządzeń podziemnych.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone testy wykazały, że aktualna postać cyfrowej bazy danych GESUT daje możliwość przekształcenia do postaci trójwymiarowej GESUT 3D, choć nie da się tego wykonać bez zbudowania wieloetapowego modelu konwersji danych, który dzieli wszystkie fragmenty sieci na elementarne odcinki i poprzez relację topologiczną z punktami charakterystycznymi załamania osi przewodów – tworzy reprezentację danych GESUT w przestrzeni trójwymiarowej. Jeden z etapów modelu musi też uwzględnić konwersję wartości głębokości, na której poprowadzony jest przewód na wysokość względem obowiązującego poziomu odniesienia. Oczywiście cały proces jest możliwy pod warunkiem kompletności i spójności danych źródłowych. Zastosowanie technologii baz danych przestrzennych 3D pozwala również na wykrycie i eliminację błędów w danych zgromadzonych w bazie danych. Dotyczy to błędów powstałych przy konwersji danych z postaci analogowej, błędów pomiarowych, jak i wykrywania kolizji obiektów projektowanych z obiektami istniejącymi. Wizualizacja projektowanego przyłącza w technologii 3D i wykonanie analiz przestrzennych 3D pozwala ustalić czy zachowane są wymogi techniczne usytuowania nowej sieci. Korzystając z analiz przestrzennych 3D można precyzyjnie wskazać miejsca kolizji i ustalić sposób postępowania

(korekty projektu lub wprowadzenia dodatkowych zabezpieczeń). Coraz częściej projektanci, lub też inwestorzy formułują wymagania wobec geodetów, aby opracowywali mapy do celów projektowych w technologii 3D, co w obecnym stanie prawnym jest niejako żądaniem „na wyrost”, gdyż mapa do celów projektowych jest opracowaniem w rzucie poziomym. Opracowania takie są kwestią przyszłości, ale już teraz konieczne jest prowadzenie testów z uwzględnieniem specyfiki danych i możliwości oprogramowania, by móc odpowiedzieć na pytanie, na ile spełnienie wymagań baz danych przestrzennych 3D jest możliwe.

Jedną z głównych korzyści rozwoju infrastruktury i tworzenia modelu 3D urządzeń podziemnych jest zwiększenie pewności odpowiedniej lokalizacji specyficznych zadań inżynierskich, jakimi są projekty nowych przyłączy urządzeń podziemnych. Istotne jest również zwiększenie bezpieczeństwa ze względu na zmniejszone ryzyko nieoczekiwanych awarii uzbrojenia podziemnego, szczególnie niebezpiecznych w przypadku sieci gazowych. Kolejną korzyścią jest możliwość dokładnego zlokalizowania istniejącej infrastruktury podziemnej. Ostatecznie przekłada się to również na niższe koszty operacyjne obsługi i napraw sieci.

Literatura

- Du Y., Zlatanova S., Liu X., 2006: Management and 3D visualisation of pipeline networks using DBMS and AEC software. Proceedings of the ISPRS Commission IV Symposium on Geospatial Databases for Sustainable Development.
- He J., Hu J., Tang Q., Guo S., 2011: Layout optimization of urban underground pipeline based on 3D digital city. Joint Int. Conf. on Theory, Data Handling and Modelling in GeoSpatial Information Science, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Vol 38, part II: 279-283, Germany.
- Rhoades A., 2014: Improving quality of geolocation of underground utilities at Heathrow. *Geospatial World*, June 2014, Vol. 4, Issue 11.
- Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej. Dz.U. 2013 nr 0 poz. 383.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 21 lutego 1995 r. w sprawie rodzaju i zakresu opracowań geodezyjno-kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie. Dz.U. 1995 nr 25 poz. 133.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 2 kwietnia 2001 r. w sprawie geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz zespołów uzgadniania dokumentacji projektowej. Dz.U. 2001 nr 38 poz. 455.
- Schall G., Junghanns S., Schmalstieg D., 2008: The transcoding pipeline: Automatic generation of 3D models from geospatial data sources. Proceedings of the 1st International Workshop on Trends in Pervasive and Ubiquitous Geotechnology and Geoinformation (TIPUGG 2008), Vol. 23.
- Talmaki S.A., Dong S., Kamat V.R., 2010: Geospatial Databases and Augmented Reality Visualization for Improving Safety in Urban Excavation Operations. Construction Research Congress 2010: 91-101.
- Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne. Dz.U. 1989 nr 30 poz. 163 z późn. zm.
- Wytyczne eksploatacyjne do projektowania sieci wodociągowej IN-PRO-01, 2014: MPWiK Warszawa, Wydanie 2, 19 s. <http://www.mpwik.com.pl/dla-projektanta/wytyczne-eksploatacyjne>

Streszczenie

Coraz częściej zachodzi potrzeba wykonywania analiz przestrzennych 3D – z uwzględnieniem współrzędnych wysokościowych. W wytycznych INSPIRE również można odnaleźć zalecenie gromadzenia danych o położeniu 3D obiektów. W przypadku mapy zasadniczej zalecenie to ma ważne znaczenie praktyczne, szczególnie dla warstw zawierających obiekty infrastruktury podziemnej. Wielokrotnie dochodzi do awarii i uszkodzenia sieci urządzeń podziemnych, a projektowanie nowych przyłączy jest utrudnione, szczególnie na obszarach o znacznym zainwestowaniu, uzasadnione jest więc korzystanie

z narzędzi, które pozwolą skontrolować projektowany przebieg nowych sieci i wykryć ewentualne kolizje z obiektami już znajdującymi się pod ziemią.

Celem badań było przetestowanie możliwości wizualizacji 3D warstw sieci uzbrojenia terenu, zgromadzonych w bazie numerycznej mapy zasadniczej PODGiK Warszawa oraz stworzenie modelu przekształcenia danych 2D w bazę danych 3D w celu automatyzacji tego rodzaju przetworzeń. W drugiej części artykułu przedstawiono jak bazę danych 3D dla sieci uzbrojenia terenu można wykorzystać dla potrzeb uzgodnienia projektu przebiegu osi przyłącza energii. Danymi wyjściowymi były wybrane warstwy z mapy zasadniczej, a efektem trójwymiarowe zobrazowanie przebiegu poszczególnych sieci uzbrojenia terenu.

Abstract

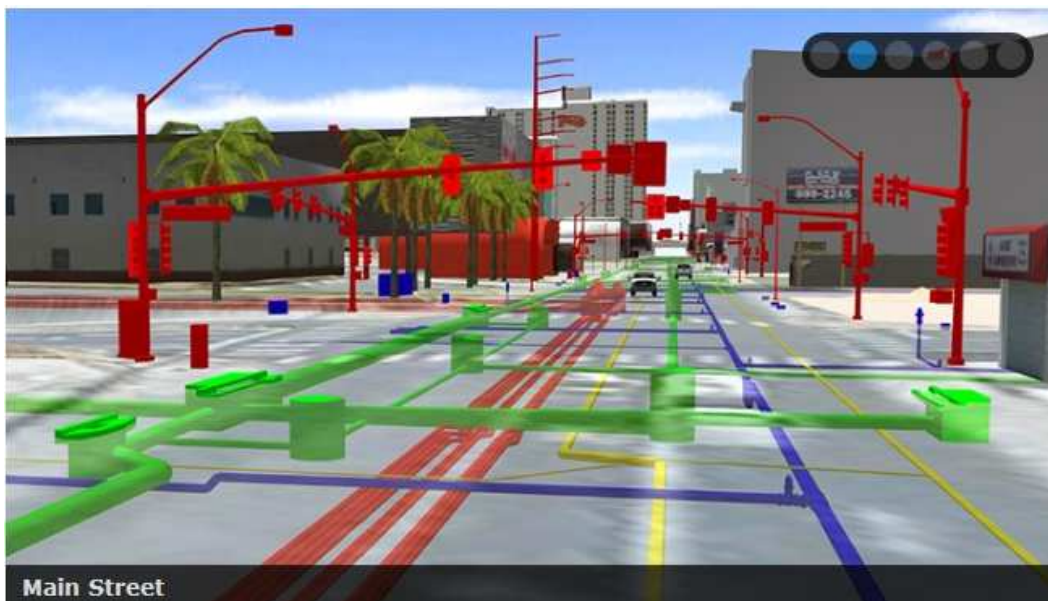
The need to perform 3D spatial analyses, with consideration of elevation co-ordinates, has been occurring with increasing frequency. The INSPIRE guidelines also contain recommendations to store 3D data concerning locations of objects. In the case of the base map such recommendations are of high practical importance, in particular in relation to layers of underground utilities. Breakdowns or damages of underground networks happen very often and it is difficult to design new connections, in particular within the areas characterised by the high level of investments. Therefore, utilisation of tools, which allow to check the designed location of networks, or to eliminate possible conflicts with existing underground objects, is highly justified.

The objective of research works was to test the possibility of 3D visualisation of layers of the digital base map (stored at the Geodetic and Cartographic Documentation Centre – PODGiK in Warszawa) in order to develop the 2D into 3D data conversion model and to automate such data processing. The second part of the paper presents how the 3D database of underground utilities may be used to settle the designed locations of power supply network connections. Selected layers of the base map were used as the input data and the final result was the 3D visualisation of location of particular underground utilities networks.

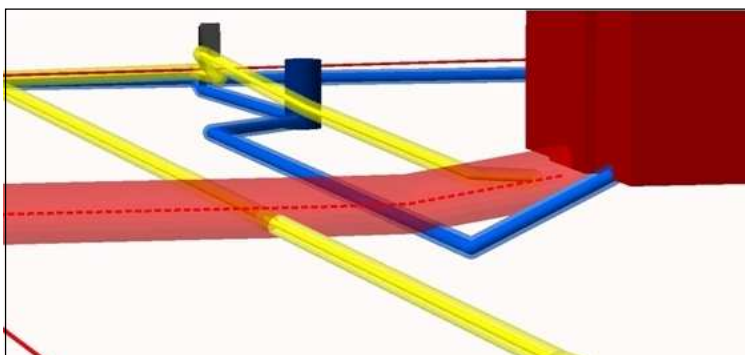
mgr inż. Anna Fijałkowska
a.fijalkowska@gik.pw.edu.pl

lic. Radosław Mróz
radoslaw.mroz@op.pl

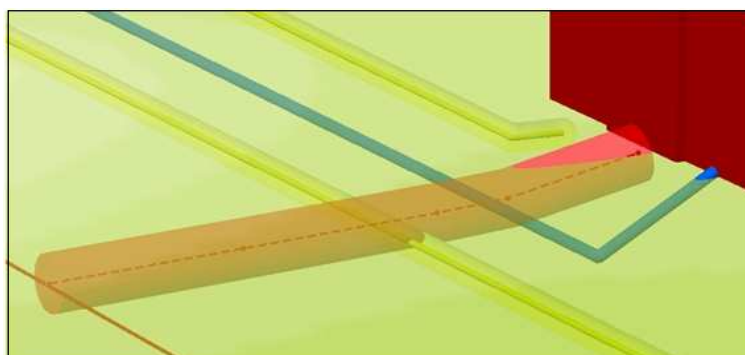
mgr inż. Aleksandra Wiśniewska
aleksandra.wisniewska@elfeko.pl



Rysunek 3. Wizualizacja bazy danych urządzeń podziemnych 3D zarządzanych przez Federal Highway Administration (FHWA) (źródło www.vtnnv.com)



a



b

Rysunek 4. Wizualizacja 3D – kontrola projektu przyłącza energii do budynku:
 a – konflikt z przebiegającym poniżej przyłączem gazowym (kolor żółty),
 b – niewłaściwe położenie fragmentu przewodu względem powierzchni ziemi