

WIZUALIZACJA WYNIKÓW MODELOWANIA HYDRODYNAMICZNEGO Z WYKORZYSTANIEM SYSTEMÓW GIS 3D

Edyta Hadaś, Przemysław Tymków

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Podstawowe opracowania Informatycznego Systemu Osłony Kraju, tworzonego na potrzeby zwiększenia bezpieczeństwa ludzi i mienia, mają charakter dwuwymiarowy. Rozwój technologii informacyjnych pozwala na wizualizację danych przestrzennych z wykorzystaniem systemów GIS 3D. Szczegółowa wizualizacja wymaga jednak integracji danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł – np. z bezpośrednich pomiarów geodezyjnych, danych ze skaningu laserowego, zdjęć lotniczych, ortofotomapy lub innych opracowań fotogrametrycznych – oraz obiektów z różnych baz danych, w szczególności baz topograficznych.

W pracy zaprezentowano koncepcję i efekty trójwymiarowej wizualizacji wyników modelowania hydrodynamicznego wezbrań dla fragmentu doliny rzeki Widawy. Wykorzystano numeryczny model terenu pochodzący z lotniczego skaningu laserowego, na który nałożono teksturę w postaci ortofotomapy. Dane przestrzenne uzupełniono trójwymiarowymi modelami budynków i drzew pochodzącymi z ogólnodostępnej kolekcji galerii 3D Google. Dla zbudowanego modelu przestrzennego wykonano wizualizację wyników modelowania hydrodynamicznego. Integrację i wizualizację danych wykonano w oprogramowaniu ArcGIS, w module ArcScene.

Słowa kluczowe: modelowanie hydrodynamiczne, GIS, 3D, ISOK

Publikacja została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji nr DEC-2011/01/D/ST10/07671

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Adres do korespondencji – Address correspondence to: Edyta Hadaś, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 50-357 Wrocław, ul. Grunwaldzka 53, e-mail: edyta.hadas@up.wroc.pl

WSTĘP

W celu zwiększenia skuteczności zarządzania bezpieczeństwem społecznym i gospodarczym oraz minimalizowania ryzyka i strat spowodowanych wystąpieniem naturalnych zagrożeń nadzwyczajnych od lipca 2010 roku na terenie Polski realizowany jest Informatyczny System Osłony Kraju (ISOK) [<http://isok.imgw.pl/>]. Podstawowymi produktami tego systemu są: mapy zagrożenia powodziowego, mapy ryzyka powodziowego, mapy zagrożeń meteorologicznych, mapy innych zagrożeń oraz mapa hydrograficzna Polski. Produkty te są udostępnione społeczeństwu przez specjalny, nowoczesny system informatyczny ISOK i mogą być wykorzystane do zarządzania kryzysowego w przypadku zagrożenia, w szczególności w przypadku zagrożenia powodzią.

Podstawowe opracowania systemu ISOK są przedstawione w postaci klasycznej mapy, czyli opracowania dwuwymiarowego. Rozwój technologii informacyjnych w ostatnich latach umożliwia wizualizację danych przestrzennych z wykorzystaniem systemów GIS 3D [Moellering 2012]. Szczegółowa wizualizacja wymaga integracji danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł – np. z bezpośrednich pomiarów geodezyjnych, danych ze skaningu laserowego, zdjęć lotniczych, ortofotomapy lub innych opracowań fotogrametrycznych – oraz obiektów z różnych baz danych, w szczególności baz topograficznych [Gołuch 2003].

Do wykonania wizualizacji przepływów wód wezbraniowych, oprócz danych geoprzestrzennych, niezbędna jest także informacja o przewidywanej wysokości zwierciadła wody na opracowywanym obszarze. Informację taką można pozyskać z pomiarów faktycznego poziomu zwierciadła wody z wykorzystaniem technik lidarowych [Vetter i in. 2009] lub w drodze modelowania hydrodynamicznego 1D, 2D albo 3D [Merwade i in. 2008]. Dokładność wyników modelowania hydrodynamicznego jest ściśle związana z dokładnością numerycznego modelu terenu (NMT). Niedostateczna szczegółowość geometryczna NMT wpływa na przekłamanie wyników modelowania hydrodynamicznego, co w sytuacji zagrożenia powodziowego może mieć katastrofalne skutki [Borkowski i in. 2006]. Metoda naziemnego i lotniczego skaningu laserowego zapewnia pozyskanie danych do utworzenia NMT z dokładnością pozwalającą na wykonanie modelowania hydrodynamicznego z odpowiednią wiarygodnością [Mokwa i in. 2009, Gołuch i in. 2009].

W pracy zaprezentowano koncepcję i efekty trójwymiarowej wizualizacji wyników modelowania hydrodynamicznego wezbrań dla fragmentu koryta i doliny rzeki Widawy. Wykorzystano wysokorozdzielczy numeryczny model terenu pochodzący z lotniczego skaningu laserowego. W celu poprawy odbioru wizualnego nałożono na NMT teksturę w postaci ortofotomapy. Dane przestrzenne uzupełniono trójwymiarowymi modelami budynków i drzew, które pozyskano z ogólnodostępnej kolekcji budynków w galerii 3D Google. Dla zbudowanego modelu przestrzennego wykonano wizualizację zasięgu wezbrania. Integracji i wizualizacji danych dokonano w oprogramowaniu ArcGis ArcScene.

Zaprezentowany sposób przedstawienia zasięgu wezbrania i wysokości zwierciadła wody jest wiarygodnym źródłem informacji o zagrożeniu, pod warunkiem wykorzystania danych o wysokiej dokładności i rozdzielczości. Zaletą trójwymiarowej prezentacji jest zwiększenie skali przedstawienia zjawiska, co pozwala na analizowanie zagrożeń na wyższym poziomie szczegółowości. Możliwe staje się przedstawienie informacji, które są trudne do wizualizacji na opracowaniach o charakterze dwuwymiarowym, takich jak wysokość, do której zostaną zalane obiekty kubaturowe.

Informacyjny System Osłony Kraju

Informacyjny System Osłony Kraju (ISOK), realizowany od lipca 2010 roku, to jeden z najważniejszych w ostatnich latach projektów dotyczących szeroko pojętej poprawy bezpieczeństwa społeczeństwa, gospodarki i środowiska w odniesieniu do zagrożeń naturalnych, a w szczególności do poprawy bezpieczeństwa powodziowego. Główny cel projektu zamierza się osiągnąć poprzez wyselekcjonowanie obszarów zagrożonych powodzią i ograniczanie ekspansji gospodarczej na tych obszarach. Podstawowymi produktami systemu ISOK są:

- wstępna ocena ryzyka powodziowego, wykonywana w celu identyfikacji rzek o największym prawdopodobieństwie wezbrania powodziowego i rzek, dla których zostaną wykonane mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego;
- mapy zagrożenia powodziowego, będące bezpośrednim produktem modelowania hydrodynamicznego, przedstawiają zasięg i głębokość zalewu – jeśli mapa powstała w wyniku modelowania 1D lub głębokość, prędkość wody, kierunki przepływu i czas zalewu – jeśli wykonano modelowanie 2D;
- mapy ryzyka powodziowego, których celem jest pokazanie potencjalnych strat, jakie poniesie społeczeństwo w przypadku zalania danego obszaru [<http://isok.imgw.pl/>]

Problematyka wizualizacji

Istniejące platformy wizualizacji 3D symulacji powodzi zawierają wiele uproszczeń, przez co stanowią mało wiarygodne źródło informacji o zagrożeniu. Podstawową wadą jest brak przeprowadzenia modelowania hydrodynamicznego. Zasięg i wysokość fali powodziowej powstaje poprzez nałożenie na NMT fragmentu płaszczyzny oznaczającej poziom wody, która przecina pozostałe obiekty 3D. Obiekty te, w szczególności budynki oraz roślinność, nie stanowią elementu wpływającego na zasięg i wysokość fali powodziowej, ale służą jedynie podniesieniu atrakcyjności wizualnej efektu końcowego. Geometria budynków i budowli w takich systemach jest zazwyczaj stosunkowo dobrze reprezentowana, natomiast geometria roślinności jest upraszczana poprzez zastępowanie obiektów kubaturowych płaskimi, znacznie zgeneralizowanymi pod względem geometrii lub wręcz pomijana. Prace nad wykorzystaniem technik zdalnych do modelowania roślinności są prowadzone od dawna [Kaluża i in. 2012]. Największe znaczenie w pozyskiwaniu informacji o geometrii tych obiektów, a zwłaszcza ich pni, ma skaning laserowy [Pfeifer, Winterhalder 2004]. W systemach GIS 3D przeznaczonych do wizualizacji wyników modelowania hydrodynamicznego na podstawie symulacji w modelu hydrodynamicznym 2 i 3D dane o przeszkodach kubaturowych powinny w miarę możliwości oddawać ich rzeczywisty kształt. Dzięki temu mogą one służyć nie tylko samej wizualizacji, ale również jako uzupełnienie danych geoprzestrzennych do samego modelowania hydrodynamicznego poprzez bezpośrednie wykorzystanie ich jako przeszkody lub pośrednio poprzez obliczenie na ich podstawie współczynników oporu przepływu.

W odróżnieniu do systemów średnio- i małoskalowych ogólnego przeznaczenia systemy wizualizacji przepływów wielkich wód powinny cechować się również podwyższoną precyzją w modelowaniu geometrii koryta, terenów zalewowych i wałów przeciwpowodziowych. Przedstawiona na rysunku 1 wizualizacja wyników symulacji powodzi w systemie „Opolskie w Internecie” ujawnia dodatkowy defekt takiego opracowania, wynikający z zastosowania niskiej jakości numerycznego modelu terenu. Wewnątrz terenu modelowania znajduje się fragment rzeki, której poziom nie zwiększył się pomimo występowania symulowanej powodzi.



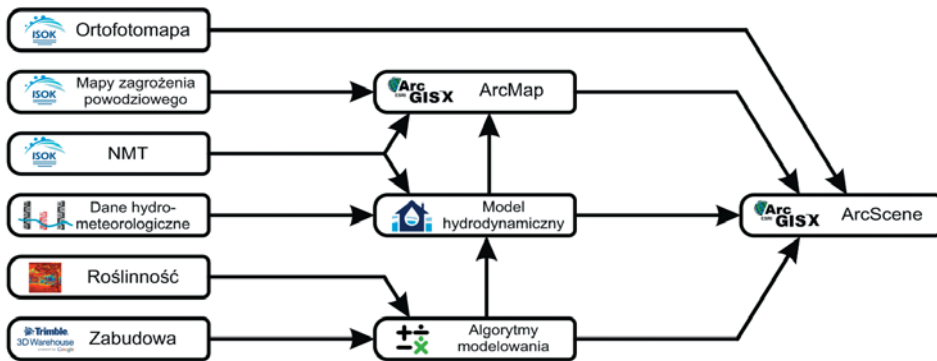
Rys. 1. Wizualizacja powodzi w systemie „Opolskie w Internecie” [<http://mapy.opolskie.pl>]
Fig. 1. Visualization of flood in „Opolskie w Internecie” system

Koncepcja wizualizacji wyników

Ze względu na niedoskonałości dotychczas istniejących systemów wizualizacji zagrożeń związanych z powodzią opracowano koncepcję wizualizacji 3D wyników modelowania hydrodynamicznego z wykorzystaniem produktów systemu ISOK (rys. 2). Dane przestrzenne wykorzystywane w modelowaniu hydrodynamicznym to dane o ukształtowaniu terenu wraz z liniami nieciągłości, np. wałami przeciwpowodziowymi, oraz dane o obiektach przestrzennych – budynkach, budowlach i roślinności [Tymków i Stodolak 2012].

Koncepcja zakłada wykorzystanie chmury punktów pochodzącej z naziemnego skaningu laserowego w celu modelowania zabudowy i roślinności jako obiektów trójwymiarowych. Modelowanie obiektów odbywa się z wykorzystaniem algorytmów automatycznych lub półautomatycznych, takich jak RANSAC czy metoda rosnących płaszczyzn [Jarząbek-Rychard 2012]. W przypadku braku danych opisujących obiekty kubaturowe można wykorzystać modele budynków pochodzące z innych źródeł, np. modele trójwymiarowe pochodzące z ogólnodostępnej kolekcji budynków w galerii 3D Google. Wzbogacenie NMT o budynki 3D pozwala na przeprowadzenie większej ilości analiz związanych bezpośrednio z zagrożeniem życia ludzkiego przy różnych scenariuszach powodzi [Adda i in. 2010].

Biorąc pod uwagę rozwój w zakresie oprogramowania i sprzętu komputerowego, można założyć, że bazy danych GIS 3D gromadzące informacje o obiektach kubaturowych oraz roślinności i wysokorozdzielczy numeryczny model terenu wraz z danymi hydrometeorologicznymi, pochodzącymi z bezpośrednich pomiarów lub prognoz, będą stanowić w niedalekiej przyszłości źródło danych do modeli hydrodynamicznych.



Rys. 2. Schemat koncepcji wizualizacji 3D wyników modelowania hydrodynamicznego z wykorzystaniem produktów projektu ISOK

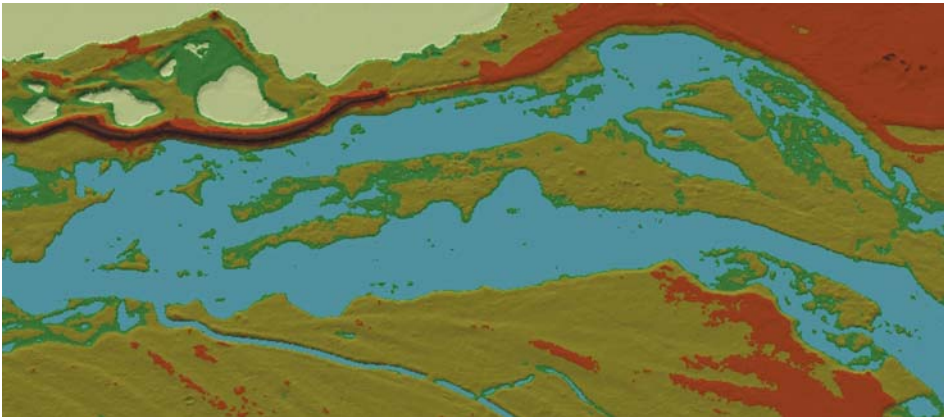
Fig. 2. Concept schema of 3D visualization of hydrodynamic modeling results using the products from ISOK project

W efekcie modelowania hydrodynamicznego można uzyskać wiele szczegółowych informacji, między innymi o zmianie położenia zwierciadła wody dla przepływów niestabilnych. Znacznie mniejszy zakres informacji dostępny jest na mapach zagrożenia powodziowego oraz mapach ryzyka powodziowego, będących opracowaniem kartograficznym na bazie produktów modelowania przepływów prawdopodobnych. Wizualizacja tych samych informacji za pomocą grafiki 3D znacząco rozszerzy ten zakres.

Platformą do wizualizacji wyników jest oprogramowanie ArcGIS, w którym następuje integracja danych pochodzących z różnych źródeł. Trójwymiarowa wizualizacja wyników jest wykonywana w module ArcScene. W celu uwiarygodnienia wyników wizualizacji jest ona wzbogacana o nałożoną na numeryczny model terenu teksturę w postaci fotogrametrycznych zdjęć lotniczych.

Opierając się na wyżej opisanym schemacie, dokonano wizualizacji przebiegu fali wezbraniowej na obszarze fragmentu doliny rzeki Widawy (rys. 3, 4, 5). Wykorzystano wysokorozdzielczy numeryczny model terenu pochodzący z opracowania danych lotniczego skaningu laserowego. Na NMT nałożono teksturę w postaci wysokorozdzielczej ortofotomapy. Dane geometryczne uzupełniono o modele budynków i drzew pochodzących z ogólnodostępnej galerii 3D Google. W przyszłości zostaną one zastąpione modelami opracowanymi na podstawie pomiarów skanowaniem laserowym. Na tak przygotowanym modelu fragmentu rzeczywistości przedstawiono wyniki modelowania hydrodynamicznego dla różnych wartości natężenia przepływu.

Rysunek 3 przedstawia maksymalny zasięg występowania wód wezbraniowych na całym obszarze modelowania. Na rysunku 4 przedstawiono wizualizację 3D w większej skali dla wybranego fragmentu obszaru modelowania z uwzględnieniem obiektów kubaturowych – budynków oraz drzew. Rysunek 5 prezentuje przykład wizualizacji 3D w dużej skali, gdzie zmiana położenia zwierciadła wody dla różnych wartości przepływów jest bardzo dobrze widoczna.



Rys. 3. Przykładowy zasięg wezbrania na całym obszarze modelowania
(fragment doliny rzeki Widawy)

Fig. 3. Example of flood extent for the whole area of modeling
(part of Widawa River valley)



Rys. 4. Przykład wizualizacji 3D wyników modelowania hydrodynamicznego
na terenie z zabudową i roślinnością

Fig. 4. Example of visualization 3D of the results of hydrodynamic modeling
for the area with buildings and vegetation



Rys. 5. Przykład wizualizacji 3D wyników modelowania hydrodynamicznego w dużej skali – zmiana położenia zwierciadła wody dla różnych wartości przepływów

Fig. 5. Example of visualization 3D of the results of hydrodynamic modeling in large scale – the change of water level for different flows

WNIOSKI

W pracy zaprezentowano koncepcję i przykłady wizualizacji wyników modelowania hydrodynamicznego z wykorzystaniem zintegrowanych danych ze skaningu laserowego oraz produktów projektu ISOK. Wykorzystanie danych o wysokiej dokładności i rozdzielczości podnosi wiarygodność informacji o zagrożeniu.

Zaletą trójwymiarowej prezentacji jest zwiększenie grupy potencjalnych odbiorców takich opracowań o osoby, dla których interpretacja materiałów dwuwymiarowych stanowi trudność lub nie przemawia do ich wyobraźni. Wizualizacja 3D pozwala zwiększyć skalę przedstawienia zjawiska i analizować zagrożenia na wyższym poziomie szczegółowości. W ten sposób możliwe jest też przedstawienie informacji, których wizualizacja jest utrudniona na opracowaniach o charakterze dwuwymiarowym (np. wysokość, do której zostaną zalane obiekty kubaturowe). Pomimo tych zalet brak jest obecnie koncepcji włączania map zagrożenia i ryzyka powodziowego do geoportali opartych na geometrii 3D. Umożliwiłoby to prezentację wyników także w formie dynamicznej (zmiennej w czasie) i interaktywnej, co jest niemożliwe do osiągnięcia w przypadku map analogowych.

Wadą przedstawionej koncepcji jest niezgodność z przyjętymi zasadami prezentacji kartograficznej. Należy też pamiętać, że model stanowi jedynie uproszczenie, które nie zawsze musi pokrywać się z rzeczywistym przebiegiem fali powodziowej. Zwiększenie atrakcyjności wizualnej prezentacji może stanowić ryzyko nadmiernego zaufania odbiorców do przedstawionych wyników.

Kolejnym etapem rozwijania opracowanej koncepcji będzie opracowanie metodologii automatycznego lub półautomatycznego przetwarzania danych dwuwymiarowych na obiekty trójwymiarowe i integracji danych pochodzących z różnych źródeł.

PIŚMIENNICTWO

- Adda P., Mioc D., Anton F., McGillivray E., Morton A., Fraser D., 2010. 3D flood-risk models of government infrastructure. Mat. Konf. 1st International Workshop on Pervasive Web Mapping, Geoprocessing and Services, XXXVIII-4, 6–11.
- Borkowski A., Gołuch P., Mokwa M., Tymków P., 2006. Wykorzystanie lotniczego skaningu laserowego do budowy numerycznego modelu terenu doliny rzeki Widawy. Problemy Hydrotechniki, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 171–178.

- Gołuch P., 2003. Numeryczny model terenu, numeryczny model pokrycia terenu i ortofotomapa jako źródło danych dla przeprowadzenia modelowania hydrodynamicznego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 13 (B), 361–370.
- Gołuch P., Borkowski A., Józków G., Tymków P., Mokwa M., 2009. Application of Digital Terrain Model generated from airborne laser scanning data on hydrodynamic modeling. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 31 (3).
- Jarząbek-Rychard M., 2012. Automatyczna budowa wektorowych modeli 3D budynków na podstawie danych lotniczego skaningu laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 24, 99–109.
- Kaluża T., Tymków P., Strzeński P., 2012. Use of remote sensing for investigating riparian shrub structures. *Polish Journal of Environmental Studies*, Olsztyn, 21 (1), 115–122.
- Merwade V., Cook A., Coonrod J., 2008. GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. *Environmental Modelling & Software*, 23 (10).
- Moellering H., 2012. True-3D in Cartography. Springer Berlin Heidelberg.
- Pfeifer N., Winterhalder N., 2004. Modelling of tree cross sections from terrestrial laser scanning data with free-form curves. *International Archives of Photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences* 36. Part 8, 76–81.
- Mokwa M., Tymków P., Wężyk P., 2009. Identification of flow resistance coefficients in floodplain forests using terrestrial laser scanning. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 31 (1).
- Tymków P., Stodolak R., 2012. Sposoby reprezentacji danych geoprzestrzennych w systemach modelowania hydrodynamicznego przepływów powodziowych. *Mat. Konf. Anti-flood defences – today's problems*. Paris-Orleans 28–30 marca 2012.
- Vetter M., Höfle B., Pfeifer N., Rutzinger M., Stötter J., 2009. On the use of airborne LiDAR for braided river monitoring and water surface delineation. *Geophysical Research Abstracts EGU General Assembly 2009*, 11.

VISUALIZING THE RESULTS OF HYDRODYNAMIC MODELING USING GIS 3D SYSTEMS

Abstract. The Polish national IT crisis management system for protection against extreme hazards (ISOK), which was created to increase the protection of people and property, produces two-dimensional data. The development of information technology has made it possible to visualize spatial data using 3D GIS systems. However, detailed visualization requires the integration of spatial data that comes from different sources, e.g. from direct land-surveying measurements, laser scanning data, aerial photography, orthophotomaps and other photogrammetric products, as well as sites from various databases, in particular from topographic databases.

This paper presents a concept and the results of three-dimensional visualization of hydrodynamic modeling for a section of the Widawa River valley. The digital terrain model from airborne laser scanning was used and was overlaid with the texture of an orthophotomap. Spatial data was supplemented with three-dimensional models of buildings and trees that were taken from the publicly-available Google 3D Warehouse gallery. Visualization of the hydrodynamic modeling was done using the constructed spatial model. The integration and visualization of data was performed in ArcGIS software using the ArcScene module.

Key words: hydrodynamic modeling, GIS, 3D, ISOK

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 30.12.2013

Do cytowania – For citation: Hadaś E., Tymków P., 2013. Wizualizacja wyników modelowania hydrodynamicznego z wykorzystaniem systemów GIS 3D. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 12 (4), 5–12.