

muszą oni bowiem zainwestować w drony czy skanery laserowe oraz odpowiedni software. No i nie można zapominać o zwiększaniu swoich kompetencji, szczególnie w zakresie łączenia różnych technologii pomiarowych.

Ale ta inflacja danych przestrzennych rodzi także nowe problemy. To przede wszystkim zjawisko tzw. ciemnych danych. Na czym ono polega? Otóż popularyzacja BIM-u czy cyfrowych bliźniaków wymaga gromadzenia ogromnej ilości różnego rodzaju informacji powiązanych z wieloma branżami. Sęk w tym, że w tym cyfrowym zamęcie wiele z nich używanych jest tylko raz lub nawet wcale. Wszystko przez to, że stają się niczym

fascynująca fizyków ciemna materia – wiadomo, że istnieje, choć jej nie wiadać. Analogicznie jest z ciemnymi danymi – tkwią gdzieś w rozproszonych archiwach, ale mało kto wie, gdzie konkretnie. Tymczasem ich ponowne wykorzystanie przyniosłoby wiele korzyści.

Geodeci z pewnością doskonale zdają sobie sprawę z tego zjawiska. W trakcie procesu inwestycyjnego gromadzą przecież mnóstwo pomiarów, map, zdjęć, modeli 3D czy chmur punktów. Wiele z tych zbiorów miałyby ogromną wartość dla innych branż, tyle że ich przedstawiciele nie wiedzą o ich istnieniu bądź też nie mają do nich odpowiednio łatwego dostępu. Dostawcy oprogramowanie inżynierskiego są już świadomi tego problemu, dlatego wprowadzają na rynek coraz więcej produktów do publikacji i obróbki danych w chmurze obliczeniowej. Najświeższym przykładem z konferencji YII 2022 są nowe moduły platformy iTwin – Experience, Capture i IoT. Służą one odpowiednio do: publikacji danych 3D w sieci, generowania modeli siatkowych i zarządzania obserwacjami z sensorów IoT. Na nic zdadzą się jednak te i inne zaawansowane narzędzia, jeśli nie będą szeroko wykorzystywane przez wszystkich specjalistów z placu budowy. Wydaje się, że niebagatelną rolę w ich popularyzacji powinni odgrywać właśnie geodeci.

Jerzy Królikowski

## Bliźniak po litewsku

O wyzwaniach przy tworzeniu cyfrowych bliźniaków infrastruktury rozmawiamy z ANDRIUSEM JURELIONISEM i DARIUSEM PUPEIKISEM z Kowieńskiego Uniwersytetu Technologicznego (KTU)

**JERZY KRÓLIKOWSKI:** Projekt KTU polegający na utworzeniu cyfrowego bliźniaka dla centrum Kowna oraz kampusu uniwersyteckiego został finalistą konkursu Going Digital 2022. Jest to przedsięwzięcie bardziej naukowe czy praktyczne?

**Dr ANDRIUS JURELIONIS, dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej i Architektury KTU:** To ma być przede wszystkim pokaz możliwości, jakie cyfrowe bliźniaki oferują studentom, naukowcom czy urzędnikom. Choć by dlatego nie chcieliśmy się

skupiać na skanowaniu całego miasta.

**Dr DARIUS PUPEIKIS, dyrektor Centrum Inteligentnych Miast i Infrastruktury KTU:** Projekt ma być swego rodzaju piaskownicą, w której nasi naukowcy i studenci będą mogli swobodnie ekspe-

rymentować z różnymi zastosowaniami cyfrowych bliźniaków, BIM-u czy innych cyfrowych produktów. To o tyle ważne, że już na etapie tworzenia bliźniaka należy mieć na uwadze jego zastosowania.

**Fundamentem każdego cyfrowego bliźniaka jest model 3D. Jakie technologie wykorzystano w waszym projekcie do jego stworzenia?**

**DP:** Bliźniaki wymuszają łączenie różnorodnych rozwiązań pomiarowych. I tak, w skali miasta sięgnęliśmy przede wszystkim po *reality mesh* [oteksturowany model siatkowy] wykonany na podstawie zdjęć z dronów. Tam, gdzie bezzałogowce się nie sprawdzały, czyli głównie we wnętrzach budynków, korzystaliśmy z ręcznych skanerów laserowych typu SLAM oraz zdjęć panoramicznych. Używamy również modeli w standardzie BIM, które oprócz geometrii zawierają sporo informacji semantycznych, a to znacznie poszerza możliwości wykorzystania bliźniaka. Zupełną nowością dla nas była termofotogrametria, czyli połączenie zobra-



Od lewej: Darius Pupeikis i Andrius Jurelionis



Wizualizacja cyfrowego bliźniaka dla kampusu Kowieńskiego Uniwersytetu Technologicznego

zowań termalnych i modeli 3D, co pozwala badać choćby straty termiczne budynków oraz rury czy przewody elektryczne.

**Częstym elementem cyfrowych bliźniaków są też sensory internetu rzeczy (IoT). Również z nich korzystacie?**

**DP:** Tak. Obecnie skupiamy się na sensorach monitorujących mikroklimat budynku, a więc np. temperaturę, wilgotność, jakość powietrza czy stężenie dwutlenku węgla. Rejestrujemy też zużycie energii. Wyzwaniem przy ich stosowaniu jest mnogość standardów i protokołów implementowanych w tych sensorach, bo gromadzone przez nie dane muszą być łączone w jednym oprogramowaniu pośredniczącym, tzw. middleware.

**Jednym z popularniejszych zastosowań cyfrowego bliźniaka jest wykonywanie symulacji. Czy w waszym przypadku również?**

**DP:** Tak i mamy tu wiele możliwości. Wykonujemy np. symulacje ruchu ludzi, wydajności energetycznej budynku czy przechodzenia fali powodziowej. Ponadto na bazie serii czasowych z sensorów IoT oraz autorskich al-

gorytmów uczenia maszynowego przygotowujemy prognozy różnych wskaźników, np. zużycia energii.

**Jakie były największe wyzwania w tym projekcie?**

**DP:** Wspomniana wcześniej interoperacyjność. Jest ona problemem szczególnie w przypadku danych semantycznych, gdzie obowiązuje wiele klas danych i standardów. Każde oprogramowanie BIM ma swoje własne formaty, a za tym idą również różne struktury danych. Problem ten nie jest już jednak tak dokuczliwy w przypadku danych geometrycznych. Oprogramowanie GIS-owe pozwala bowiem całkiem sprawnie łączyć modele *mesh* i chmury punktów. Tu wyzwaniem, szczególnie przy transmisji, staje się natomiast rozmiar modeli idący w gigabajty.

**Czy dostępne obecnie technologie pomiarowe są wystarczające do tworzenia cyfrowych bliźniaków?**

**DP:** W przypadku zwykłych pomiarów powierzchni – owszem. Te prace można już nawet automatyzować, co zresztą robimy w naszym projekcie, automatycznie rozróżniając dachy, ściany i okna. Otwiera to ciekawe

pola zastosowań bliźniaków, jak chociażby do prefabrykacji elementów. Z racji na starzejącą się infrastrukturę jest to obecnie w Europie bardzo perspektywiczny temat. Wyzwaniem technologicznym wciąż są za to wysoce specjalistyczne pomiary na potrzeby budownictwa.

**Cyfrowe bliźniaki to wciąż niszone rozwiązanie. Jakie są panów zdaniem główne przeszkody utrudniające ich szersze wykorzystanie?**

**DP:** Chyba największym problemem jest wspomniany już brak interoperacyjności. Mamy wprawdzie wypracowany w budownictwie standard IFC (Industry Foundation Classes), ale wciąż nie został on zaimplementowany w wielu aplikacjach. Mam nadzieję, że zmieni się to w ciągu kilku najbliższych lat, choć będzie to dla twórców software'u sporym wyzwaniem, bo wymagać będzie zmiany struktury danych.

**A jakie oprogramowanie jest wykorzystywane w waszym projekcie?**

**DP:** Głównie program OpenCities Planner, bo dziś na polu cyfrowych bliźniaków jest on najbardziej zaawansowany i przyjazny

użytkownikowi. A oprócz tego testujemy integrację tego rozwiązania z platformą iTwin.

**Czy realizacja projektu w Kownie jest już zakończona?**

**DP:** Mamy nadzieję, że nigdy się nie skończy (*śmiech*). W planach mamy dodawanie nowych warstw, danych, sensorów i technologii, a także rozwijanie dodatkowych produktów końcowych.

**Czy na Litwie prowadzone są podobne projekty?**

**AJ:** Cyfrowe bliźniaki budowane są również dla Wilna i Poniewieża, choć te przedsięwzięcia kierowane są nie do naukowców, a bardziej do mieszkańców tych miast. Stawiają ponadto głównie na wizualizację danych.

**DP:** Z pewnością skala tych projektów jest większa, tylko czy w ogóle można tu mówić o cyfrowych bliźniakach? W naszym przypadku mamy bardziej naukowe podejście, staramy się integrować sensory IoT, modele BIM i algorytmy uczenia maszynowego. A tam tego nie ma. Nasze podejście polega przede wszystkim na zgłębianiu technologii, a nie na stawianiu na dużą skalę.

Rozmawiał Jerzy Królikowski