

iPad Pro – pierwszy produkt konsumencki z wbudowanym skanerem laserowym

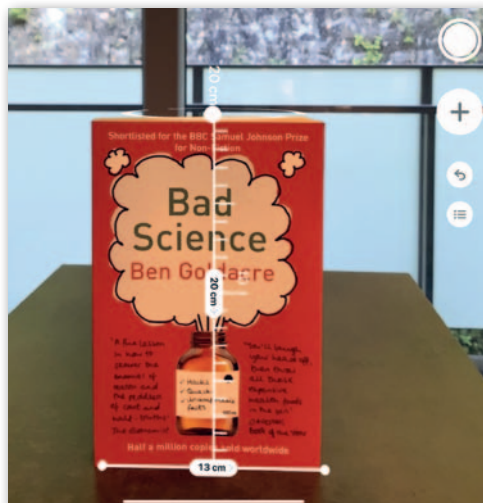
# Co potrafi LiDAR dla mas?

W połowie marca 2020 roku Apple zaprezentował odświeżone wersje swoich topowych tabletów iPad Pro, które wyróżnia wbudowany skaner laserowy. Ma on szansę zrewolucjonizować pracę wielu branż i przenieść nas w świat rozszerzonej rzeczywistości.

Karolina Zięba-Kulawik,  
Tomasz Kulawik, Piotr Wężyk

Sensor LiDAR wbudowany w iPada Pro 2020 (wersje 11- i 12,9-calowe) pozwala na skanowanie 3D obiektów znajdujących się w zasięgu do 5 metrów od tabletu. Pomiar odległości działa na zasadzie pomiaru czasu wędrowki światła lasera wysłanego z urządzenia i odbitego od obiektu (technologia ToF – *Time-of-Flight*).

Skaner z powodzeniem pracuje zarówno wewnątrz pomieszczeń, jak i na zewnątrz. Sensor został zintegrowany z zaawansowaną kamerą cyfrową iPada (bazującą na obiektywach szerokokątnym i ultraszerokokątnym), odbornikiem GNSS oraz jednostką inercyjną (IMU), czyli czujnikiem wyznaczania położenia urządzenia w przestrzeni 3D. Dane ze wszystkich tych źródeł są



Przykład wykorzystania skanera w aplikacjach Miarka oraz IKEA Place

przetwarzane przez system operacyjny iPadOS, co pozwala precyzyjnie mierzyć otoczenie na podstawie tzw. mapy głębi. By uzyskać bardziej szczegółowe odwzorowanie świata realnego,

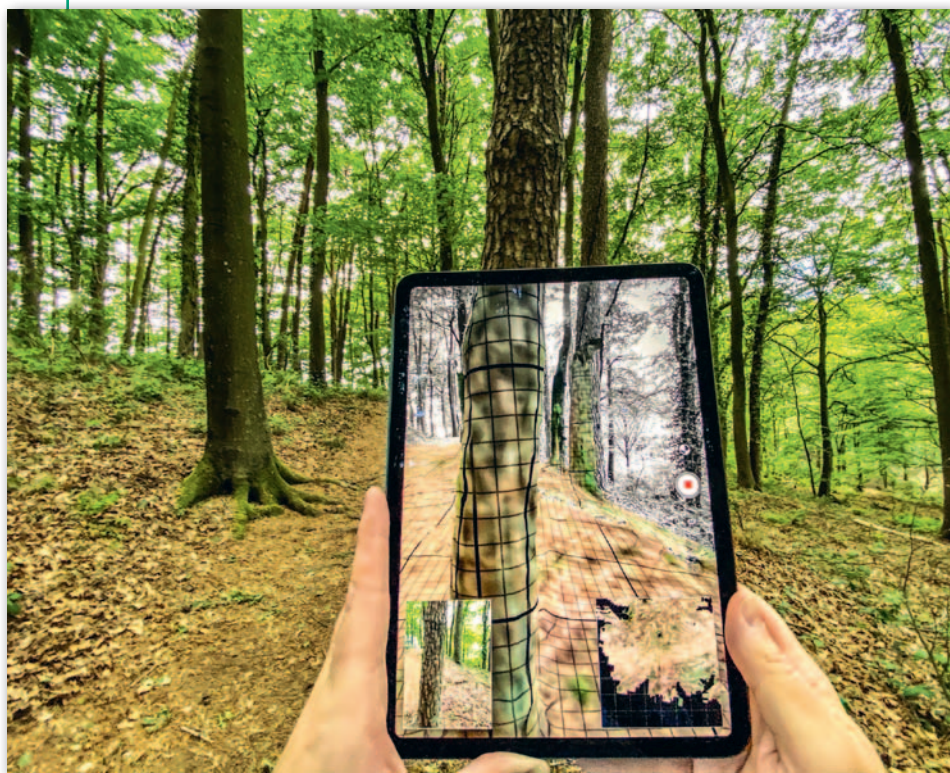
pomiar odległości łączony jest z chmurami punktów generowanymi na podstawie dopasowania zdjęć wykonywanych przez kamerę iPada.

Wzrost wydajności pracy iPada Pro 2020 zapewnia nowy układ A12Z Bionic o 64-bitowej architekturze zawierający 8-rdzeniowy procesor. W połączeniu z algorytmami uczenia maszynowego (ML) pozwala to na sprawne przetwarzanie chmury punktów ze skanowania oraz zdjęć o pokryciu stereoskopowym, a także na efektywne wykorzystanie funkcji rzeczywistości rozszerzonej przy baterii wystarczającej nawet na 10 godzin pracy.

## ● Nie tylko dla zabawy

Skaner iPada można przetestować chociażby dzięki nowej wersji aplikacji Miarka (*Measure*), która ułatwia i uwiarygodnia automatyczny pomiar obiektów. Praktyczny użytek z sensora robi także program IKEA Place, który umożliwia wirtualne dopasowanie mebli do wnętrza. Zalety skanera docenią również inżynierowie, projektanci przemysłowi

Aplikacja beta Capture firmy Abound Labs z możliwością eksportu tekstur







Integracja chmur punktów z lotniczego skanowania laserowego oraz chmury wyeksportowanej z aplikacji beta Capture z tabletu iPad Pro (zobacz także: [youtu.be/dpl44PvOXdw](https://youtu.be/dpl44PvOXdw))

czy architekci wykorzystujący aplikację Sharp 3D CAD Modeling do modelowania CAD na urządzeniach mobilnych. LiDAR wbudowany w iPada znacznie zwiększa bowiem jego możliwości.

Ta technologiczna nowość spowoduje niewątpliwie premiery kolejnych aplikacji tworzonych zarówno przez programistów, jak i naukowców oraz przedstawicieli różnych branż zainteresowanych 3D. Kluczowym narzędziem do ich opracowania jest udostępniona w 2017 r. przez Apple biblioteka ARKit przeznaczona do tworzenia aplikacji z zakresu rzeczywistości rozszerzonej (AR – *Augmented Reality*). Rozwiązanie bazuje na trzech filarach: rozumieniu otoczenia (sceny), śledzeniu ruchu (tracking urządzenia oraz osób i rzeczy widocznych w kadrze) oraz renderowaniu obrazu. Wraz z kolejnymi wersjami firma Apple dodawała do tej biblioteki coraz bardziej precyzyjne mechanizmy,

takie jak: śledzenie twarzy, wykrywanie złożonych powierzchni czy ukrywanie fragmentów obrazu przez przedmioty znajdujące się bliżej obiektywu.

Zastosowanie sensora LiDAR umożliwia bardziej precyzyjne odwzorowanie otoczenia 3D i dostarcza użytkownikom bardziej wiarygodnych danych. Programiści tworzący aplikacje AR zyskali bowiem dostęp do modelu *mesh*, czyli siatki trójkątów opisujących powierzchnie i przedmioty zidentyfikowane przez sensory iPada. Funkcja ta ułatwia tworzenie gier i aplikacji wyświetlających obiekty w kontekście otoczenia użytkownika (np. gra Pokemon GO lub wspomniana IKEA Place). Dzięki opcji eksportu modeli *mesh* do różnych popularnych formatów danych (np. OBJ) programiści mają spore pole do popisu. Znamienne jest chociażby testowanie podobnej technologii przez Apple w swoich pojazdach autonomicznych do detekcji obiektów

w przestrzeni (np. innych samochodów, rowerzystów i pieszych).

### ● LiDAR w rękach ekspertów

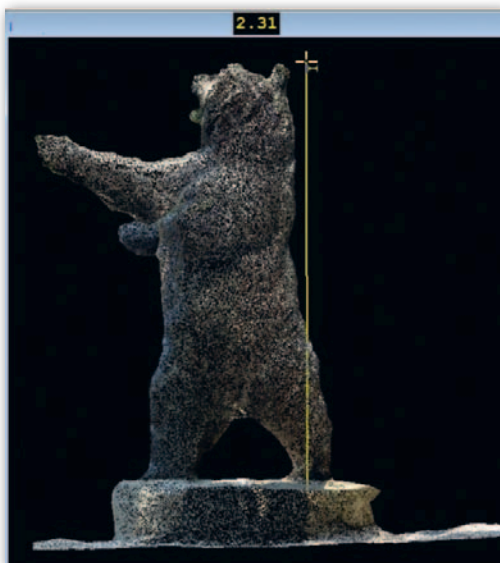
Mając na uwadze potencjał tego skanera w różnych dziedzinach, autorzy artykułu postanowili przeprowadzić testy, które obejmowały: analizę dokumentacji opracowanej przez Apple, uruchomienie kodu źródłowego aplikacji udostępnionej ze strony deweloperskiej oraz przetestowanie kilku programów ze sklepu AppStore. Warto przy tym podkreślić, że możliwości oprogramowania są na razie dość ograniczone, ponieważ Apple nie zezwala zewnętrznym programistom na bezpośredni dostęp do chmur punktów LiDAR, np. przez API. Do dyspozycji są jedynie dane przetworzone już na aproksymowaną powierzchnię 3D (siatkę *mesh*).

Nieliczne dostępne aplikacje korzystające z sensora LiDAR iPad bazują na



Wyeksportowany z iPada model mesh pomnika oraz zbliżenie na detal (aplikacja beta Capture)





Model 3D mesh z teksturami (z lewej) i wyeksportowana chmura punktów z wartościami RGB (z prawej) przedstawiające rzeźbę w parku

przechwytywaniu obiektów 3D w czasie rzeczywistym za pomocą skanera oraz chmur generowanych z obrazów cyfrowych. I tak np. program LiDAR Scanner 3D (koszt pełnej wersji: 2,99 zł na nielimitowany czas) umożliwia generowanie modeli 3D i ich eksport do kilku formatów danych (USDZ, OBJ, STL, PLY). W aplikacji Scandy Pro 3D Scanner (koszt pełnej wersji: 27,99 zł/miesiąc lub 229,99 zł/rok) użytkownicy mogą natomiast zapisywać pojedyncze skany i udostępniać je w formatach PLY, STL lub OBJ. Renderowanie obiektów odbywa się w urządzeniu, nie trzeba ich zatem rejestrować ani przechowywać w chmurze obliczeniowej.

Modele generowane przez oba rozwiązania nie zawierają jednak tekstur, dlatego warto zwrócić uwagę na program Capture firmy Abound Labs. Nie tylko zapisuje on kolorowe tekstury, ale także pozwala na eksport danych do skompresowanego formatu chmury punktów (LAZ) oraz zapis współrzędnych obiektu. Na razie aplikacja dostępna jest w wersji beta, która wciąż przechodzi testy. Wymaga ona jednak ciągłego dostępu do internetu (np. przez sieć komórkową lub wi-fi), a generowane przez nią modele są umieszczane w chmurze z możliwością eksportu na własne urządzenie.

Wspomniane aplikacje bardzo intensywnie wykorzystują możliwości obliczeniowe iPada, przez co w praktyce bateria urządzenia wystarcza tylko na około 3 godzin skanowania. Ponadto procesor tabletu działający z pełną wydajnością niekiedy się przegrzewa, więc w zależności od szczegółowości i złożoności odwzorowywanego obiektu zasięg pomiaru może być dość ograniczony.

Skan krzesła w aplikacji LiDAR Scanner 3D

Wspomniane powyżej programy oferują zbliżoną dokładność pomiaru, ponieważ bazują na tym samym mechanizmie generowania modelu *mesh* opracowanym przez Apple. Mają także podobne

ograniczenia w stabilnym wykrywaniu drobnych elementów. Wygenerowane przez nie modele – jak wskazują pierwsze przeprowadzone testy – charakteryzują się błędem pomiarowym około 3-5% w stosunku do danych referencyjnych (pomiar taśmą mierniczą). Jest to wynik zachęcający do prowadzenia kolejnych badań w kierunku poprawy tego wskaźnika. Dla części użytkowników nawet taka dokładność będzie jednak wystarczająca, szczególnie gdy liczy się wysoka efektywność działania, w tym szybkość i cena usługi.

iPad Pro 2020 jest pierwszym konsumenckim urządzeniem z wbudowanym skanerem laserowym, zatem można liczyć, że w przyszłości – wraz z popularizacją tej technologii – poprawią się także parametry samego pomiaru. Nie zdziwmy się zatem, jeśli za kilka lat każdy (a na pewno każdy geodeta) będzie nosił LiDAR w kieszeni.

**mgr inż. arch. kraj. Karolina Zięba-Kulawik,  
dr hab. inż. Piotr Wężyk, prof. UR**  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
**Tomasz Kulawik**

