

Artykuł recenzowany: Wykorzystanie mobilnego systemu rozszerzonej rzeczywistości w robotach

Nowe narzędzie geodety

Streszczenie: Celem artykułu jest zaprezentowanie systemu rozszerzonej rzeczywistości oraz możliwości jego wykorzystania podczas prowadzenia robót geodezyjnych, zwłaszcza wywiadu terenowego. Autor omawia rozwój systemu na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat oraz zagadnienie implementacji w geodezji. Opisane zostały najważniejsze etapy kształtowania się jego technologicznych i teoretycznych podstaw. Artykuł prezentuje najszersze akceptowane poglądy naukowe na temat rozszerzonej rzeczywistości oraz architekturę i komponenty systemu. Praktyczne wdrożenie zostało przedstawione na przykładzie punktów osnowy geodezyjnej pozyskanych z PODGiK w Poznaniu.

Abstract: This article aims to present Augmented Reality (AR) system and the possibility of its use in conducting work of surveying, especially during field interview. The paper describes the issue of AR and its development over the last few decades. Important milestones in the history of the development of the technological and theoretical foundations of the system are described. The author presents the most widely accepted scientific theories about connecting the real world and the virtual content in mobile devices. The paper presents the architecture and components that compose the AR system. The practical implementation of AR capabilities is presented on geodetic points obtained from District Center of Geodesy and Cartography in Poznań.

Łukasz Halik

Nieustanny rozwój technologiczny oraz postęp w procesie miniaturyzacji sprawiają, że coś, co jeszcze do niedawna kojarzone było z filmami science fiction, dziś na naszych oczach

nabiera realnych kształtów. Jednym z takich bytów jest rozszerzona rzeczywistość (Augmented Reality), którą najogólniej scharakteryzować można jako system umożliwiający prezentowanie wirtualnych informacji (tekst, grafika, model 3D, wideo bądź audio) nałożonych na obraz świata realnego wyświetla-

nym na ekranie urządzenia mobilnego. Wszystkie obiekty, które nas otaczają, bez względu na to, czy znajdują się nad, na bądź pod powierzchnią ziemi, posiadają wewnętrzną strukturę, którą definiuje się za pomocą uprzednio zebranych danych. Rozszerzona rzeczywistość pozwala przedstawić pewne wyselekcjonowane, ukryte informacje o obserwowanym obiekcie, niedostępne dla użytkownika na pierwszy rzut oka.

● Historia systemu rozszerzonej rzeczywistości

Przez lata rozszerzona rzeczywistość istniała tylko w sferze koncepcyjnej, była domeną badań odrębnych, lecz wzajemnie uzupełniających się akademickich dziedzin, takich jak inżynieria czy grafika komputerowa. Pierwsze prace nad połączeniem obrazu świata realnego oraz rzeczywistości wirtualnej rozpoczęły się już w latach 60. ubiegłego wieku. Ivan Sutherland uważany jest za twórcę prototypowego systemu rozszerzonej rzeczywistości będącego rodzajem wyświetlacza montowanego na głowie (Head Mounted Display,

Kalendarium rozszerzonej rzeczywistości

- 1992 – T. Caudell i D. Mizell formułują termin „rozszerzona rzeczywistość”.
- 1992 – pojawia się pierwszy smartfon – IBM Simon Personal Communicator.
- 1993 – system pozycjonowania NAVSTAR GPS osiąga pełną operacyjność.
- 1994 – P. Milgram i F. Kishino określają miejsca rozszerzonej rzeczywistości w kontinuum świat realny – rzeczywistość wirtualna.
- 1996 – J. Rekimoto prezentuje pierwszy system lokalizacji urządzeń za pomocą czarnobiałych drukowanych 2-wymiarowych markerów.
- 1997 – R. Azuma w artykule „A survey of Augmented Reality” podaje szeroko akcepto-

waną definicję systemu rozszerzonej rzeczywistości.

- 1997 – S. Feiner (i inni) prezentuje „Maszynę turystyczną” – prototypowy mobilny system zwiedzania miasta za pomocą rozszerzonej rzeczywistości.
- 1999 – pierwszy telefon GSM z wbudowanym odbiornikiem NAVSTAR GPS (Benetton Esc! NT2002).
- 1999 – zdefiniowanie protokołu 802.11a/802.11b (wi-fi) służącego do transmisji danych.
- 2000 – pierwszy telefon GSM z wbudowanym aparatem fotograficznym (Sharp J-SH04).
- 2001 – R. Kooper i B. MacIntyre prezentują prototypo-

wą przeglądarkę rozszerzonej rzeczywistości.

- 2002 – M. Kalkush (i inni) opisuje pierwszy system nawigacji wewnątrz budynku oparty na markerach.
- 2003 – D. Choek (i inni) prezentuje pierwszą grę opartą na rozszerzonej rzeczywistości („Human Pacman”).
- 2004 – M. Möchring (i inni) przedstawia pierwszą aplikację na telefony GSM wykorzystującą markery 3D do prezentacji trójwymiarowych obiektów w czasie rzeczywistym.
- 2005 – A. Henrysson (i inni) opisuje pierwszą grę w systemie rozszerzonej rzeczywistości z trybem wielu graczy.

- 2006 – G. Reitmayr (i inni) przedstawia hybrydowy system pozycjonowania „na otwartym powietrzu” oparty na rozszerzonej rzeczywistości.
- 2007 – HIT Lab NZ oraz Saatchi & Saatchi tworzą pierwszą kampanię reklamową na telefony komórkowe z systemem rozszerzonej rzeczywistości.
- 2008 – pierwszy komercyjny przewodnik po muzeum wykorzystujący rozszerzoną rzeczywistość.
- 2009 – powstaje Layar – pierwsza w pełni funkcjonalna przeglądarka rozszerzonej rzeczywistości na urządzenia mobilne.

geodezyjnych – wywiad terenowy

czy zbędny gadżet?



HMD). Pozycja wyświetlacza lokalizowana była za pomocą mechanicznego oraz dźwiękowego systemu namierzenia. Ze względu na bardzo małą moc obliczeniową ówczesnych komputerów użytkownik widział w czasie rzeczywistym tylko bardzo prosty rysunek szkieletowy wirtualnego obiektu na tle obrazu z kamery wideo.

Lata 90. przyniosły podwaliny teoretyczne oraz rozwój sprzętu wraz z podsystemami umożliwiającymi wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości na szerszą skalę (najważniejsze daty z jej historii w ramce na s. obok). Od roku 2010 widoczny jest znaczny wzrost zainteresowania nową technologią, co jest związane z postępującą miniaturyzacją. Umożliwia ona zamknięcie wszystkich komponentów niezbędnych do zaimplementowania rozszerzonej rzeczywistości w jednym urządzeniu – smartfonie. Powstają przeglądarki konkurencyjne względem stworzonej w 2009 roku przeglądarki Layar: Wikitude, Junaio, Sekai camera, które dodatkowo pobudzają programistów do większego czerpania z doświadczeń nowego systemu.

• Podstawy teoretyczne rozszerzonej rzeczywistości

Chociaż prototyp powstał już pod koniec lat 60. ubiegłego wieku, do dzisiaj nie ustalono jednoznacznej definicji systemu rozszerzonej rzeczywistości. W literaturze istnieją dwie główne definicje i obie uznawane są za poprawne. Według Milgrama i Kishino [1994] rozszerzona rzeczywistość jest jedną z form prezentacji w obrębie szerszego pojęcia o nazwie mieszana rzeczywistość (Mixed Reality). W kontinuum rzeczywistość – wirtualność przedstawionym na rys. 1 rozszerzona rzeczywistość osadzona jest głównie w świecie rzeczywistym z ograniczoną ilością treści wirtualnej wyświetlanej na ekranie urządzenia.

Z kolei definicja przedstawiona przez Azumę [1997] głosi, że system rozszerzonej rzeczywistości musi spełniać trzy podstawowe warunki:

- łączyć świat rzeczywisty z wirtualnym,
- obiekty wirtualne muszą być zlokalizowane w świecie rzeczywistym w trzech wymiarach,

- obiekty wirtualne powinny być interaktywne oraz ich wyświetlanie musi następować w czasie rzeczywistym.

Pierwszy warunek jest fundamentalnym opisem rozszerzonej rzeczywistości, łączy ona rzeczywistość z wirtualnością. Drugi warunek precyzuje, że każdy obiekt wirtualny musi mieć swoje jednoznaczne położenie, musi być „zakotwiczony” do określonego miejsca w świecie rzeczywistym. Trzeci warunek opisuje system reagujący na zachowanie użytkownika, wchodzący jednocześnie w interakcję z użytkownikiem w czasie rzeczywistym, w odróżnieniu od animacji w trybie off-line, do których dodano określone efekty specjalne.

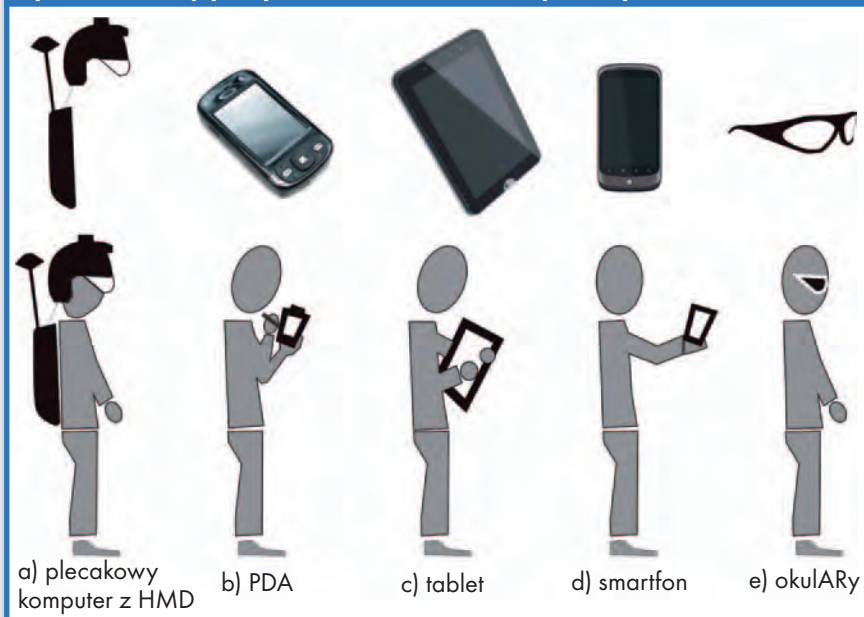
• Typy urządzeń – hardware

Na rys. 2 pokazano przykłady typowych urządzeń z możliwością zaimplementowania rozszerzonej rzeczywistości. Pierwszym jest komputer z HMD (Head-Mounted Display – „wyświetlacz montowany na głowie”). Wszystkie najważniejsze moduły odpowiadające za lokalizowanie i orientację użytkownika w przestrzeni oraz przetwarzanie informacji znajdują się w plecaku. Użytkownik zaopatrzony jest w hełm, który za pomocą kabli do transmisji danych połączony jest z modułami. Hełm wyposażony jest w zależności od zastosowanej technologii w półprzezroczyste soczewki z pryzmatami, na które kierowany jest obraz z mikroprojektorów, bądź zestaw wyświetlaczy prezentujących obraz z kamery zamontowanej nad głową.

Rys. 1. Miejsce rozszerzonej rzeczywistości w kontinuum rzeczywistość – wirtualność według Milgrama i Kishino [1994]



Rys. 2. Interfejsy użytkownika rozszerzonej rzeczywistości



Atutem plecakowych komputerów z HMD jest większa wrażliwość odczuwania rozszerzonej rzeczywistości, ponieważ wyświetlany obraz znajduje się cały czas przed oczyma użytkownika. Dodatkową zaletą jest większa moc obliczeniowa, dokładność poszczególnych podzespołów oraz uwolnienie rąk użytkownika od konieczności trzymania urządzenia. Wadami za to są duży koszt, skomplikowana budowa, gabaryty oraz futurystyczny (dziwny) wygląd. Wymienione wyżej wady eliminowały wprowadzenie tego typu urządzeń na masowy rynek. Jednak wraz z postępem w procesie miniaturyzacji, obniżeniem kosztów produkcji poszczególnych podzespołów oraz zwiększeniem ich precyzji możliwe stało się zamknięcie wszystkich niezbędnych komponentów w urządzeniu, którego rozmiary i waga są akceptowane przez szerokie grono odbiorców. W taki oto sposób początkowo PDA (Personal Digital Asystent) (rys. 2b), a następnie tablety (rys. 2c) i smartfony (rys. 2d) stały się katalizatorami zainteresowania systemem rozszerzonej rzeczywistości.

Aby od strony technicznej spełnić wszystkie warunki stawiane przez Azumę, należy urządzenia mobilne zaopatrzyć w kilka kluczowych elementów:

- wysokorozdzielczy ekran,
- procesor graficzny,
- kamerę cyfrową,
- moduł lokalizacyjny GPS,
- kompas elektroniczny,
- akcelerometr,
- żyroskop,

- moduł łączności GSM/Bluetooth/wi-fi,
- źródło zasilania; akumulator,
- przestrzenną bazę danych,
- przeglądarkę rozszerzonej rzeczywistości.

Do zalet urządzeń mobilnych (PDA, tablet, smartfon) w stosunku do zestawów komputer i HMD należą: łatwiejsza (dotykowa) obsługa interfejsu, małe rozmiary oraz bardziej przystępna cena, która sprawia, że już teraz stać przeciętnego użytkownika na zakup smartfona z opcją obsługi rozszerzonej rzeczywistości. Główną wadą opisywanych urządzeń jest konieczność trzymania ich w ręce podczas obserwacji otoczenia, co zmniejsza poczucie „zanurzenia” w rozszerzoną rzeczywistość.

W czasie pisania tego artykułu pojawiła się szansa na nowy typ sprzętu (rys. 2e), który posiadałby zalety zarówno komputera z HMD, jak i urządzeń mobilnych. Firma Google uzyskała trzy patenty dla „urządzeń wyświetlających do noszenia” (*wearable display device*).

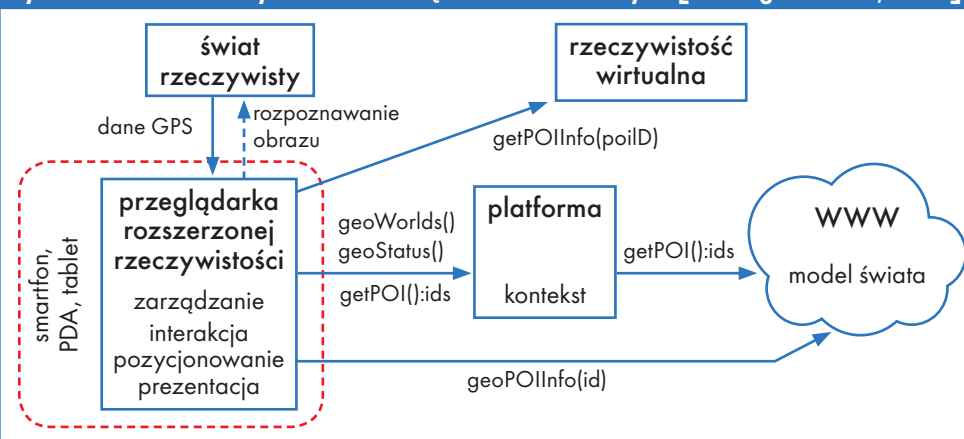
Przewiduję, że nowy typ urządzeń może radykalnie zwiększyć popularność oraz możliwości wykorzystania systemu rozszerzonej rzeczywistości w kolejnych dziedzinach życia.

• Model architektury systemu na urządzeniach mobilne

Wyróżnić można dwie metody generowania informacji wirtualnej na tle świata realnego. Pierwsza polega na komputerowym rozpoznawaniu obrazu. Specjalny algorytm przetwarza obraz z kamery cyfrowej w poszukiwaniu charakterystycznych elementów graficznych (tzw. markerów), nad którymi na ekranie urządzenia generowana jest treść wirtualna (np. modele 3D). Marker może być dowolnie rozlokowany w przestrzeni, jego położenie nie musi być przypisane do konkretnego miejsca. Druga metoda wizualizacji wykorzystuje usługi lokalizacyjne (Location Based Services). Tego typu serwisy stawiają użytkownika w centrum zainteresowania (egocentric view) [Meng, 2005], a ich zadaniem jest zaspokojenie potrzeb z uwzględnieniem aktualnego czasu oraz lokalizacji użytkownika. Urządzenie mobilne za pomocą wbudowanych sensorów lokalizuje własne położenie oraz położenie obiektów wirtualnych zapisanych w przestrzennej bazie danych, które są przypisane do konkretnego miejsca (X, Y, H). Na tej podstawie są wyświetlane obiekty znajdujące się w zadanej odległości od użytkownika. Liczba prezentowanych obiektów zależy od preferencji oraz położenia użytkownika w przestrzeni. W dalszej części artykułu szerzej przedstawię tę drugą metodę generowania informacji wirtualnej.

Większość systemów rozszerzonej rzeczywistości tworzonych na urządzenia mobilne posiada podobną architekturę. Zbudowane są z sześciu podstawowych podsystemów (rys. 3): zarządzania, interakcji, pozycjonowania, prezentacji, kontekstu oraz modelu świata. Każdy z nich

Rys. 3. Architektura systemu na urządzeniach mobilnych [według Butchart, 2011]



pełni określone funkcje na rzecz całego systemu. Cztery z podsystemów wbudowane są w przeglądarkę rozszerzonej rzeczywistości. Zadaniem podsystemu zarządzania treścią jest koordynowanie przepływu informacji pomiędzy poszczególnymi elementami systemu. Podsystem interakcji odpowiada za zbieranie, przetwarzanie oraz reagowanie na świadome zachowanie użytkownika. Podsystem pozycjonowania odpowiedzialny jest za zlokalizowanie urządzenia w świecie rzeczywistym (X, Y, H, odchylenie urządzenia od pionu i poziomu, kierunek do punktu docelowego) oraz przesłanie informacji do podsystemu prezentacji, który na tej podstawie wyświetla użytkownikowi obiekty wirtualne (modele 3D, grafiki, tekst, wideo, audio) nałożone na obraz świata realnego. Podsystem kontekstu zapewnia informacje na temat użytkownika (np. imię, awatar) oraz sytuacji, w jakiej aktualnie się on znalazł (np. w biurze, w drodze do pracy, poza pracą). Ostatni z podsystemów, nazywany modelem świata, osadzony jest na serwerze usługodawcy i dostarcza informacji na temat budowy cyfrowego świata, liczby punktów użyteczności publicznej (POI), ich specyfiki itp. W żargonie producentów różnych przeglądarek rozszerzonej rzeczywistości poszczególne modele świata nazywane są: warstwami – *layers* (Layer), światami – *worlds* (Wikitude) bądź kanałami – *channels* (Junao).

• Rozszerzona rzeczywistość w geodezji – wywiad terenowy

System rozszerzonej rzeczywistości może spełniać w geodezji funkcje:

- narzędzia do szybkiej orientacji w terenie,
- podręcznego banku danych o obiektach,
- bezpośredniego kanału komunikacji między wykonawcą a powiatowym ośrodkiem dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej (PODGiK).

Wymienione funkcje znajdują największe zastosowanie podczas przeprowadzania wywiadu terenowego. Według rozporządzenia ministra spraw wewnętrznych i administracji z 9 listo-

pada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego celem wywiadu terenowego jest: wykonanie czynności przed rozpoczęciem pomiaru mających na celu identyfikację w terenie punktów osnowy geodezyjnej oraz znaków granicznych, porównanie treści PZGiK ze stanem faktycznym oraz pozyskanie informacji o terenie, który ma być objęty pomiarem, mających znaczenie dla zakresu planowanych prac geodezyjnych. W tym aspekcie geodeta wyposażony w urządzenie mobilne z systemem rozszerzonej rzeczywistości oraz warstwą informacyjną pozyskaną z PODGiK może wykonać następujące czynności:

- zlokalizować położenie wybranych punktów terenowych względem własnej pozycji,
- nawigować się na zadany obiekt,

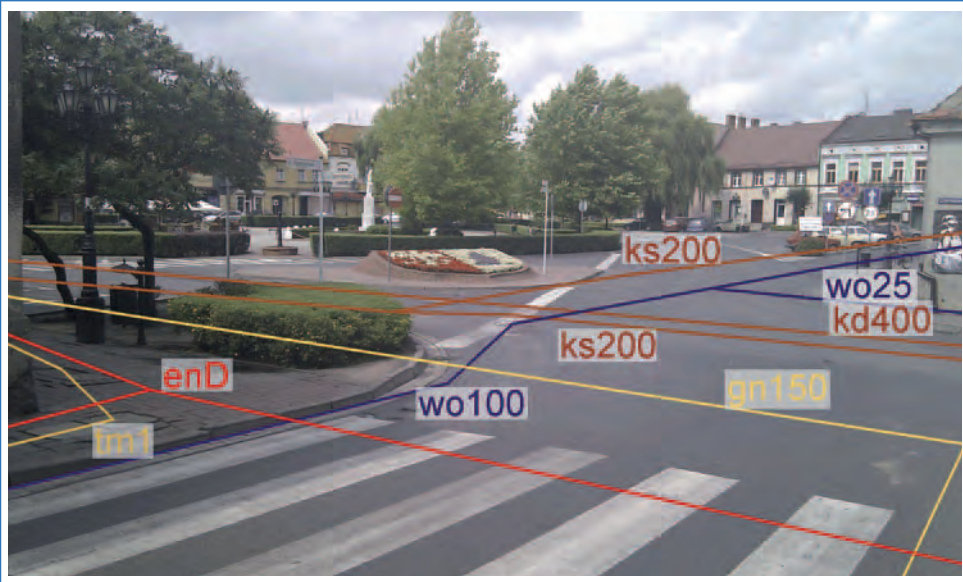
- pozyskać informacje przestrzenne o obiekcie z bazy danych,
- skontaktować się z pracownikiem ośrodka bezpośrednio z terenu.

W niniejszym artykule prezentacja możliwości systemu zawężona została do przedstawienia punktu osnowy poziomej 1 klasy. Informacje pozyskane zostały z PODGiK w Poznaniu. Rys. 4. obrazuje budowę interfejsu użytkownika stworzonego w popularnej przeglądarce rozszerzonej rzeczywistości. Najważniejszymi elementami interfejsu są: (1) obraz świata realnego rejestrowany za pomocą wbudowanej kamery cyfrowej, (2) zgeoreferowana treść wirtualna w postaci symbolu reprezentującego punkt osnowy poziomej 1 klasy, (3) pole wyświetlające skróconą charakterystykę oraz informacje o odległości do danego punktu, (4) klawisze funkcyjne uruchamiające określoną akcję. Dostępnymi akcjami są m.in.: (4a) wyświetlenie okna informacyjnego prezentującego pełny opis punktu osnowy wraz z hiperłączami do

Rys. 4. Wizualizacja informacji o punkcie osnowy geodezyjnej w systemie rozszerzonej rzeczywistości



Rys. 5. Wizualizacja sieci uzbrojenia terenu w systemie rozszerzonej rzeczywistości jest kwestią niedalekiej przyszłości



zeskanowanego opisu topograficznego punktu, (4b) przejście do zeskanowanego opisu topograficznego punktu geodezyjnego, (4c) wyświetlenie lokalizacji użytkownika oraz obiektu w rzucie pionowym na podkładzie Google Maps. Do dyspozycji pozostają jeszcze dwa klawisze, które odpowiadają za automatyczne połączenie geodety z ośrodkiem (telefon PODGiK) bądź uruchomienie wbudowanego klienta poczty elektronicznej (e-mail PODGiK). Możliwości prezentacji obiektów w rozszerzonej rzeczywistości nie kończą się na punktach osnowy. Wyświetlić można informacje o każdym obiekcie, który znajduje się w bazie danych ośrodka.

• Aktualne wyzwania

Skonstruowanie warstw informacyjnych w systemie rozszerzonej rzeczywistości, które byłyby obsługiwane w sposób intuicyjny oraz ergonomiczny, jest wyzwaniem dla kartografów, programistów oraz grafików komputerowych. Aspektami, które moim zdaniem wymagają największej uwagi przy projektowaniu, są:

- zmiana perspektywy oraz sposobu rzutowania obiektów,
- filtrowanie oraz generalizacja treści,
- dobór odpowiednich zmiennych graficznych w konstruowaniu sygnatur.

Technika kartowania do tej pory polegała na prostopadłym rzutowaniu treści mapy na płaskoczyzną reprezentującą powierzchnię Ziemi, symbole uogólniające wrysowywane były w perspektywie równoległej. W rozszerzonej rzeczywistości mamy do czynienia z rzutowaniem po-

ziomym treści mapy, co może skutkować przesłaniem symboli obiektów znajdujących się dalej przez obiekty będące bliżej. Zmiana płaszczyzny rzutowania z poziomej na pionową niesie ze sobą problem nagromadzenia zbyt dużej liczby symboli, które razem mogą zaciemniać obraz, czyniąc go nieczytelnym. Druga kwestia to zmiana perspektywy wyświetlania obiektów z równoległej na centralną. Generuje to problem odpowiedniej filtracji obiektów w bazie danych oraz wyświetlania/generalizacji tylko tych, które są obiektami zainteresowania w danym momencie. Niebagatelne znaczenie ma również dobór odpowiednich zmiennych graficznych mogących zwiększyć czytelność treści kartograficznej na małych wyświetlaczach (Halik 2012).

• Przyszłość

W czasie pisania niniejszego artykułu korzystałem z urządzeń mobilnych, które nie były przeznaczone do pomiarów geodezyjnych (średniej klasy smartfon). Kilkumetrowa dokładność zastosowanych sensorów z pozycji użytkownika była niezadowolająca. Dodatkowy problem stanowił brak możliwości wyświetlania w systemie rozszerzonej rzeczywistości obiektów liniowych. Biorąc pod uwagę coraz większe zainteresowanie omawianą technologią, przewidyuję, że problemy występujące dzisiaj za jakiś czas odejdą w zapomnienie. Poprawienie dokładności pozycjonowania może nastąpić poprzez zastosowanie systemu rozszerzonej rzeczywistości w kontrolerach geodezyjnych GPS-RTK. Natomiast

rozwój w dziedzinie programowania może przynieść implementację bibliotek umożliwiających osadzanie obiektów liniowych na tle świata realnego. Dzięki temu obraz, który widoczny jest na rys. 5, już niebawem może stać się udziałem każdego geodety.

Zdaję sobie sprawę, że sukces implementacji rozszerzonej rzeczywistości w geodezji zależy od wielu czynników (finansowych, decyzyjnych, technicznych, użytkowych). Żywię jednak przekonanie, że to nowe narzędzie za jakiś czas znajdzie zastosowanie w różnych etapach prac geodezyjnych.

Łukasz Halik

Zakład Kartografii i Geomatyki
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu

Recenzent dr hab. Beata Medyńska-Gulij

Zakład Kartografii i Geomatyki
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu

Autor pragnie podziękować kierownik Joannie Muszyńskiej, dyrektorowi Jerzemu Wiktoro oraz pracownikom PODGiK w Poznaniu za pomoc oraz cenne uwagi. Niniejszy artykuł związany jest z rozprawą doktorską dotyczącą tematyki optymalizacji prezentacji informacji przestrzennej w systemie rozszerzonej rzeczywistości na urządzeniach mobilnych.

Literatura:

- Azuma R.T., 1997: A Survey of Augmented Reality, „Teleoperators and Virtual Environments” 6, 4, pp. 355-385;
- Butchart B., 2011: Architectural Styles for Augmented Reality in Smartphones, International AR Standards Meeting;
- Halik Ł., 2012: The analysis of visual variables for use in the cartographic design of point symbols for mobile Augmented Reality applications, „Geodesy and Cartography” Vol. 61, No 1, pp. 19-30;
- <https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/> (aktualne na dzień 20.08.2012);
- Instrukcja techniczna K1 Mapa Zasadnicza, Wydanie 3, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa 1998;
- Jagielski A., 2007: Geodezja. Wydawnictwo Geodpis, Kraków;
- Milgram P., Kishino F., 1994: Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, IEICE Transactions on Information and Systems, pp. 1321-1329;
- Meng L., Zipf A., Reichenbacher T., 2005: Map-based mobile services: theories methods and implementations. Springer, Berlin;
- Rozporządzenie ministra spraw wewnętrznych i administracji z 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (DzU 2011, nr 263, poz. 1572);
- Wagner D., 2007: Handheld Augmented Reality (rozprawa doktorska).