

**PROPOZYCJE WYKORZYSTANIA
ZDJĘĆ PANORAMICZNYCH W GIS I GEODEZJI**
PROPOSALS FOR THE USE OF PANORAMIC IMAGES
IN GIS AND SURVEYING

Michał Bednarczyk, Renata Pelc-Mieczkowska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Geodezji Szczegółowej

Słowa kluczowe: GIS, geolokalizowane zdjęcia panoramiczne, panoramy w geodezji, zrobotyzowana głowica do panoram, rozszerzona percepcja rzeczywistości

Keywords: GIS, geolocated panoramic images, panoramas in geodesy, motorized panoramic head, augmented reality

Wstęp

Technika fotografii panoramicznej pojawiła się praktycznie w tym samym czasie co sam wynalazek klasycznej fotografii, czyli w pierwszej połowie XIX wieku (Góra-Klauzińska i in., 2012). Idea fotografii panoramicznej wynikała bezpośrednio z tradycji malarskich. W początkach XIX wieku wielu malarzy tworzyło swoje dzieła w postaci tak zwanych panoram malarskich. Była to technika dość rozpowszechniona w tamtych czasach, polegająca na dookólnej ekspozycji malowidła. Aby obejrzeć dzieło, obserwator musiał znajdować się wewnątrz cylindra, na którym prezentowany był obraz. Najstynniejszą ekspozycją tego rodzaju w Polsce, którą można podziwiać do dziś, jest Panorama Raławicka we Wrocławiu, autorstwa Jana Styki i Wojciecha Kossaka.

Od swego zarania, fotografia panoramiczna rozwijała się wraz z postępem w technice fotograficznej. Współcześnie zdjęcia tego rodzaju wykonuje się z wykorzystaniem bardzo różnorodnego sprzętu. W zależności od jakości i celu zastosowania, może to być prosty aparat cyfrowy, w jaki wyposażone są na przykład telefony komórkowe, poprzez amatorskie i profesjonalne lustrzanki, aż po urządzenia wieloobiektywowe sprzężone z komputerem. Znacznemu udoskonaleniu, a wręcz całkowitej metamorfozie, uległa technika prezentacji panoram, które obecnie można podziwiać w specjalnie skonstruowanym, interaktywnym oprogramowaniu, dającym złudzenie przebywania wewnątrz sfotografowanej sceny. Stosując specjalny sprzęt do wizualizacji, taki jak na przykład okulary z wyświetlaczem cyfrowym, można uzyskać pełny efekt wirtualnej rzeczywistości.

Od początku dostrzegano, nie tylko walory estetyczne ale także użytkowe panoram, stosowano je z powodzeniem zarówno do utrwalania krajobrazów lub architektury, jak i do celów militarnych. Zakres zastosowania stale się zwiększa, głównie za sprawą coraz wydajniejszych systemów pozyskiwania i przetwarzania tego rodzaju danych oraz dynamicznego rozwoju technologii mobilnych. Celem niniejszego artykułu jest bliższe przyjrzenie się możliwościom tkwiącym w wykorzystaniu zdjęć panoramicznych w dziedzinie GIS i geodezji. Autorzy dokonują przeglądu współczesnych zastosowań wizualizacji panoramicznej w GIS, przedstawiając jednocześnie własne pomysły rozszerzające znane pole zastosowań. W pracy zaprezentowano także koncepcję wykorzystania zdjęć panoramicznych w geodezji. Zaproponowano technologię uzupełnienia opisów topograficznych punktów geodezyjnych o dokumentację fotograficzną otoczenia tych punktów, przydatną do monitorowania wizur w pomiarach klasycznych oraz modelowania zasłon na potrzeby pozycjonowania GNSS.

W pracy, oprócz zagadnienia użyteczności, skupiono się także na problemie samej prezentacji zdjęć panoramicznych w stacjonarnym systemie GIS, którego interfejs standardowo nie jest do tego przystosowany. Zaproponowano własne rozwiązanie, stanowiące kompromis pomiędzy brakami interfejsu a koniecznością zespolenia i wygodnej prezentacji geolokalizowanych panoram, dla projektów opracowywanych w stacjonarnych systemach GIS. Istotne było, aby proponowane rozwiązanie nie było skomplikowane i bazowało na danych przechowywanych lokalnie, z możliwością łatwego udostępnienia w Internecie. Dodatkowym założeniem było oparcie go w jak największym stopniu na oprogramowaniu open source, co znacznie redukuje koszty.

Technologia pozyskiwania zdjęć panoramicznych

Podstawową zasadą zdjęcia panoramicznego jest takie ujęcie otoczenia, aby na jednym, spójnym obrazie zmieścił się jak najszerszy zakres widoku. Zdjęcia mogą być wykonywane z jednego punktu, w wyniku obrotu aparatu o zadany kąt poziomy. Uzyskamy wtedy obrazy, które można odwzorować cylindrycznie wokół punktu, z którego fotografujemy. Jeżeli obracając aparat zastosujemy różne nachylenia pionowe uzyskamy obraz, który można odwzorować na sferę. Natomiast zmieniając, za każdym ujęciem lokalizację aparatu, nie obracając go lecz przesuując równoległe uzyskamy zdjęcia, które można odwzorować na płaszczyznę. Jak wspomniano, walory zdjęć panoramicznych dostrzeżono już dawno temu. Wraz z postępem technicznym zyskujemy coraz ciekawsze i bardziej zaawansowane rozwiązania, bazujące na wykorzystaniu panoramicznych obrazów. W połączeniu z technologiami mobilnymi i Internetem, panoramy stają się dość powszechnym źródłem informacji o otoczeniu (Akcaý i in., 2012).

Sprzęt

Sprzęt do wykonywania zdjęć panoramicznych jest bardzo różnorodny. W najprostszym ujęciu wystarczy sam aparat fotograficzny i odrobina wprawy w robieniu odpowiednich ujęć. Jednak tym sposobem nie uzyskamy stałego pokrycia i jednorodnej linii przesuwu aparatu. Aby zapewnić stabilność ujęć należy zastosować statyw z głowicą obrotową do panoram. Wersja najprostsza tego rodzaju przyrządu jest sterowana ręcznie, przed każdym

ujęciem należy zablokować głowicę śrubą zaciskową. Niestety w tym przypadku kontrola zakresu pokrycia poszczególnych zdjęć odbywa się jedynie wzrokowo, co przy panoramach złożonych z wielu obrazów, wykonywanych z dłuższą ogniskową, jest dosyć uciążliwe. Rozwiązaniem bardziej zaawansowanym jest głowica automatyczna, sterowana elektronicznie. Tu kąt obrotu i pokrycie można zaprogramować, co daje pełną kontrolę nad wykonywanymi czynnościami. Istnieją również bardziej zaawansowane urządzenia, wyposażone w wiele obiektywów, które potrafią wykonać jednocześnie kilka zdjęć pod różnymi kątami (Ikead i in., 2003). Zdjęcia są następnie przesyłane do komputera i automatycznie łączone w jeden obraz. Urządzenie tego rodzaju, zwane „ladybug” pokazano na rysunku 1. Taki sprzęt stosuje się zazwyczaj tam, gdzie jest potrzeba wykonania panoramy o



Rysunek 1. Wieloobiektywy system Ladybug
(źródło: <http://ww2.ptgrey.com/spherical-vision>)

wysokiej rozdzielczości w jak najkrótszym czasie, na przykład z dachu pojazdu poruszającego się w terenie. Przy pomocy takiego zestawu, w połączeniu z odbiornikiem GPS można pozyskiwać panoramiczne zdjęcia lokalizowane przestrzennie (geolokalizowane) wzdłuż zaplanowanej trasy. Jest to metoda stosowana powszechnie przez firmy zajmujące się między innymi utrzymywaniem systemów nawigacyjnych. Urządzenia wieloobiektywowe, mimo niezaprzeczalnej zalety jaką jest szybkość wykonywania panoramy, mają jedno zasadnicze ograniczenie – wykonują zawsze panoramę o tych samych parametrach, ze względu na stałą liczbę i kąt ustawienia poszczególnych obiektywów. W przypadku automatycznej głowicy obrotowej mamy możliwość dowolnego doboru liczby i parametrów zdjęć, z których będzie składać się panorama.

Pewnym szczególnym rodzajem fotografii panoramicznej są zdjęcia hemisferyczne. Do wykonania takich zdjęć stosuje się obiektywy szerokokątne o nieskorygowanej dystorsji, tzw. „rybie oko” (ang. *fish-eye*). Dzięki krótkiej ogniskowej (w granicach kilku do kilkunastu mm) kąt widzenia takiego obiektywu wynosi 180°, a nawet może przekraczać tę wartość (np. Nikkor 6mm f/2.8 o kącie widzenia 220°). Odwzorowanie realizowane przez obiektyw typu rybie oko spełnia założenie: odległość danego punktu na zdjęciu od punktu głównego jest wprost proporcjonalna do kąta padania promienia od danego punktu fotografowanego obiektu (Schwalbe, 2005). W wyniku takiego odwzorowania otrzymuje się kolisty obraz wpisany w kadr zdjęcia.

Obróbka i geolokalizacja

Jak już wspomniano, stworzenie panoramy wymaga zestawu zdjęć, które następnie muszą być odpowiednio połączone. Warunkiem koniecznym jest aby zdjęcia posiadały wzajemnie części wspólne, czyli „nachodziły” na siebie. Składając obraz należy zidentyfikować wspólne

szczegóły na poszczególnych parach obrazów. Im bardziej są one rozróżnialne, tym łatwiej połączyć fotografie. Proces ten może przebiegać automatycznie, choć większość programów daje możliwość ręcznego ustalenia punktów styku poszczególnych ujęć. Istnieje dość bogaty repertuar oprogramowania do tworzenia panoram. Są wśród nich, zarówno płatne rozwiązania komercyjne jak i open source.

Geolokalizacja panoramy polega na pomiarze pozycji punktu, z którego została wykonana. Można do tego celu wykorzystać odbiornik wbudowany w aparat fotograficzny (niektóre modele aparatów), bądź inny dowolny odbiornik GPS/GNSS. Pozyskane w ten sposób punkty stanowią warstwę GIS, poprzez którą uzyskuje się informację o konkretnej lokalizacji wykonania poszczególnych zdjęć panoramicznych.

Przegląd zastosowań

Główną cechą, odróżniającą zdjęcia panoramiczne od klasycznej fotografii, jest dostarczanie pewnego kontekstu. Zdjęcia te dają bardzo realistyczne rozeznanie w otoczeniu, stwarzając wrażenie przebywania w danym miejscu, zamiast płaskiego widoku, jak to ma miejsce w przypadku klasycznej fotografii, czy widoku z lotu ptaka w przypadku map i obrazów lotniczych czy satelitarnych.

Ze względu na tę cechę, fotografia panoramiczna jest chętnie wykorzystywana do wizualizacji wzbogacającej treść różnego rodzaju opracowań kartograficznych. Obrazy panoramiczne mogą być wywoływane standardowo, przez kliknięcie na mapie, lub tworzyć sekwencje układające się w wirtualną wycieczkę. Najbardziej oczywistym celem takiej wizualizacji jest prezentacja walorów krajobrazowych. Nie da się ich przedstawić w żadnej mierze na klasycznej mapie ani w najlepszym systemie GIS. Połączenie technologii GIS i panoram daje możliwość przestrzennego odniesienia rzeczywistego odwzorowania krajobrazu, co może być przydatne chociażby w dziedzinach związanych z ochroną środowiska bądź turystyką.

Serwis Street View jest powszechnie znanym przykładem wykorzystania zdjęć panoramicznych w internetowym systemie informacji przestrzennej (<https://www.google.com/maps/views/streetview>). Zawiera on, poza danymi umieszczanymi przez firmę Google, dane pochodzące od szerokiego grona użytkowników. Korzystanie z takiego serwisu z pewnością ma wiele zalet, zwłaszcza, że użytkownik nie musi zajmować się zagadnieniem infrastruktury informatycznej i wydajności sprzętu. Niemniej, dane umieszczone w tego rodzaju serwisie komercyjnym podlegają regułom tego serwisu. W przypadku Street View i innych usług Google, umieszczenie danych w serwisie zgodnie z regulaminem, skutkuje jednoczesnym udzieleniem tej firmie światowej licencji na udostępnianie, modyfikowanie i przetwarzanie tych danych. Zatem w przypadku dużych zbiorów, lepszym rozwiązaniem jest zadbanie o własne zaplecze sprzętowe i programowe.

Oprócz aspektu wizualizacji pewnych przestrzeni lub obiektów, zdjęcia panoramiczne mają także walor użytkowy i znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach życia, między innymi do inwentaryzacji czy wykonywania wszelkiego rodzaju analiz. Zdjęcia te doskonale mogą uzupełniać informacje o obiektach, których nie wykazano na warstwach GIS. W GIS zasób warstw jest określony przez użytkownika, bądź instytucję zarządzającą, dodanie nowej, zwłaszcza nietypowej, wiąże się z dodatkowymi kosztami. Wykonanie panoram w określonych punktach terenu może być zatem sposobem na uzupełnienie treści istniejących już warstw. Na zdjęciach będzie widać bardzo szczegółowo, na przykład nowy przystanek,

hydrant, tablice reklamowe, kosze na śmieci i inne elementy otoczenia, których na mapach po prostu się nie umieszcza, a informacja o nich może być z jakiegoś względu istotna. Dodatkowo, zdjęcia panoramiczne mogą stanowić źródło danych opisowych o istniejących obiektach, jak na przykład numery adresowe, rodzaj ogrodzenia, typ nawierzchni, występowanie zieleni i innych. Obrazy panoramiczne są stosowane między innymi do inwentaryzacji stanowisk archeologicznych (Allen i in., 2004) lub obiektów architektonicznych (Gawin, 2003; Luhmann, 2010). Przykładem analiz wykonanych na podstawie obrazów panoramicznych może być wykorzystywana w badaniach leśnych analiza warunków świetlnych pod okapem drzewostanów (Bolibok, 2010). Do przeprowadzenia takiej analizy konieczny jest model sklepienia drzewostanu, który ze względu na skomplikowany kształt koron drzew, najłatwiej uzyskać właśnie ze zdjęć panoramicznych wykonanych bezpośrednio na punkcie testowym. Na podstawie takich zdjęć można także wygenerować model zasłon terenowych do planowania pomiarów GNSS (Pelc-Mieczkowska, 2014). Innym przykładem jest wyznaczanie współczynnika intensywności terenu na podstawie zdjęć i filmów panoramicznych (Kwiatkiewicz i in., 2013). W tym przypadku o przewadze zdjęć panoramicznych nad fotografią lotniczą czy satelitarną decyduje bogactwo i szczegółowość ich treści. Zdjęcia panoramiczne są też powszechnie wykorzystywane przez firmy zajmujące się utrzymywaniem systemów nawigacyjnych. Automatyczne wykonywanie zdjęć w połączeniu z algorytmami rozpoznawania obrazu jest bardzo skuteczną i szybką metodą pozyskiwania danych. Mając odpowiednie oprogramowanie można tym sposobem uzupełniać na przykład informacje o znakach drogowych i tablicach informacyjnych wzdłuż danej trasy (Hazelhoff i in., 2014; Guo i in., 2014).

Wykorzystując zdjęcia panoramiczne w inteligentnych systemach rozpoznających obiekty, jak opisane przez Dufoura (2013), uzyskać można bardzo wydajne narzędzie pozyskiwania danych przestrzennych. Ponadto zastosowania dla tego rodzaju zdjęć można również szukać w inwentaryzacji i prezentacji szlaków turystycznych albo monitorowaniu zagrożeń. Należy podkreślić, że pozyskiwanie danych z wykorzystaniem panoram jest niedrogie i dość szybkie.

Dynamiczne rozwijającymi się obszarami zastosowania zdjęć panoramicznych są technologie wirtualnej rzeczywistości (ang. *virtual reality* – VR) oraz rzeczywistości rozszerzonej (ang. *augmented reality* – AR). Zdjęcie panoramiczne są tu wykorzystane jako podkład dla pewnych dodanych, wirtualnych elementów, jak na przykład rekonstrukcje archeologiczne (Petsa i in., 2001). Podstawą jest wykonanie panoramy danego miejsca i oznaczenie na niej lokalizacji interesujących nas punktów lub obiektów (Langlotz i in., 2012). Technologia AR pozwala na nałożenie obrazu spreparowanego (np. modelu 3D, panoramy) na obraz rzeczywisty widziany okiem kamery. Wykorzystuje się do tego celu informację o lokalizacji i orientacji przestrzennej urządzenia, które realizuje to zadanie. W najprostszym ujęciu może to być zwykły smartfon z kamerą, odbiornikiem GPS i żyroskopem. Dysponując odpowiednio przygotowanymi danymi, można idąc w teren, korzystać z takiej funkcjonalności, mając pod ręką na przykład lokalizację punktów adresowych, restauracji lub model 3D budowanego lub nieistniejącego już budynku, których cyfrowy obraz nakładany jest na rzeczywisty widok z kamery. W ten sposób uzyskuje się efekt oglądania rzeczy, które mogą fizycznie w otoczeniu nie występować, lecz mają z nim jakiś związek (np. stanowią dane opisowe lub są trójwymiarowymi modelami nieistniejących już, historycznych budynków).

Przykładowe projekty

Poza wspomnianymi wcześniej sposobami wykorzystania zdjęć panoramicznych w geodezji i GIS, można rozważać inne możliwości w zależności od potrzeb. Pierwszy z opisanych w dalszej części projektów, dotyczy koncepcji systemu inwentaryzacji pomieszczeń w budynkach, z użyciem systemu GIS i zdjęć panoramicznych. Drugi projekt dotyczy rozszerzenia klasycznego opisu topograficznego punktu osnowy geodezyjnej o model zasłon terenowych, występujących w otoczeniu punktu oraz zdjęcie panoramiczne otoczenia punktu.

Prezentowane opracowania dotyczą budynku znajdującego się w kampusie uniwersyteckim Kortowo w Olsztynie oraz rozety ściennej osnowy odtwarzalnej, zlokalizowanej na terenie kampusu. Założenia leżące u podstaw opracowań to:

- wykorzystanie zdjęć panoramicznych do inwentaryzacji,
- użycie systemu GIS do opracowania danych przestrzennych,
- ograniczenie kosztów opracowania przez wykorzystanie oprogramowania open source,
- intuicyjna, wygodna i łatwa w przygotowaniu forma prezentacji danych, możliwa do wykorzystania zarówno w Internecie, jak i lokalnie.

Pozyskanie danych

Zdjęcia na potrzeby niniejszego eksperymentu wykonano aparatem cyfrowym Nikon D90. Praca aparatu sterowana była automatycznie przy użyciu zrobotyzowanej głowicy PanoGear, montowanej na statywie (rys. 2). Do modelowania zasłon wykorzystano obiektyw typu fisheye Sigma EX DG (ogniskowa 8 mm).

Głowica PanoGear umożliwia wykonywanie zdjęć w różnych trybach i zakresach. Istnieje możliwość sterowania jej pracą za pomocą komputera poprzez interfejs łącza radiowego (wifi lub bluetooth) bądź też specjalnego sterownika elektronicznego połączonego kablem sygnałowym z głowicą. Działanie tego urządzenia polega na odpowiednim obrocie przytwierdzonego i podłączonego do niej aparatu oraz wyzwoleniu migawki. Obrót można zaprogramować dowolnie w zależności od zakresu przestrzennego zdjęcia oraz typu zastosowanego aparatu i ogniskowej obiektywu. Oprogramowanie sterujące pozwala na ręczne bądź automatyczne ustawienie liczby zdjęć i kąta obrotu. Głowica potrafi zmieniać kąt nachylenia obiektywu aparatu zarówno w pionie, jak i w poziomie. Daje to możliwość wykonania panoramy dookólnej w pełnym kącie obrotu przy stałym kącie pionowym, bądź odzwierciedlającej całą sferę otoczenia stanowiska jeżeli kąt pionowy będzie zmienny. Powstaje w ten sposób seria zdjęć składających się na jeden obraz. W zależności od zastosowanego obiektywu, zdjęcia mogą być komponowane w jednym lub kilku rzędach. W przypadku krótkiej ogniskowej panoramę można wykonać w kilku ujęciach, przy obiektywach szerokokątnych typu „rybie oko” mogą być dwa lub nawet tylko jedno. W takim przypadku panorama zostanie wykonana w bardzo krótkim czasie, jednak



Rysunek 2. Zrobotyzowana głowica PanoGear

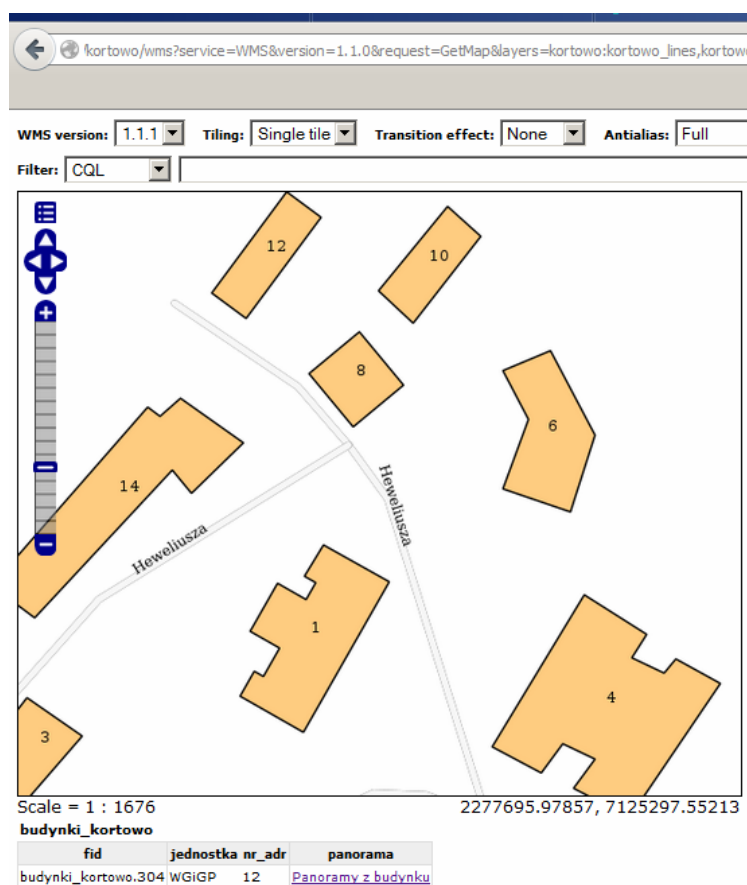
rozdzielczość obrazu będzie najmniejsza. Chcąc uzyskać jak największą rozdzielczość obrazu należy zastosować długą ogniskową. W ten sposób osiąga się dobre powiększenie, jednak przełoży się to na większą liczbę zdjęć i dłuższy czas wykonywania panoramy.

Po wykonaniu zdjęć, zostały one poddane obróbce cyfrowej. Do celów niniejszego opracowania użyto niekomercyjnego oprogramowania Microsoft ICE.

Prezentacja danych

Podstawą prezentowanego projektu jest mapa (rys. 3), stanowiąca główny interfejs całości. Wykonano ją z wykorzystaniem systemu QuantumGIS, a następnie umieszczono na serwerze i udostępniono w sieci Internet poprzez usługę WMS. Do tego celu zastosowano oprogramowanie Geoserver na platformie Linux Ubuntu.

Zdjęcia panoramiczne udostępnione są oddzielnie w postaci odpowiednio przygotowanych zbiorów danych. Interfejsem do przeglądania panoram jest strona www podzielona na dwie części (rys. 4). Po lewej stronie umieszczony jest interaktywny plan budynku, po prawej przeglądarka zdjęć panoramicznych. Na prezentowanym rysunku widoczna jest panorama 360 stopni, obejmująca całe otoczenie, złożona z 4 poziomych rzędów zdjęć. Widok w przeglądarce ustawiono na duże oddalenie, dlatego widoczna jest znaczna dystorsja radial-



Rysunek 3. Mapa udostępniona poprzez usługę WMS; jednym z atrybutów budynku jest łącze do zbioru panoram

na, która zmienia się wraz z powiększeniem, w tym przypadku zgodnie z zasadami odwzorowania sferycznego.

Przeglądanie panoram należy rozpocząć od wskazania na mapie budynku, wyświetlając tym samym jego atrybuty opisowe. Następnie należy wybrać atrybut łączący do danych o panoramach. Nastąpi przeniesienie na stronę zawierającą interaktywny plan budynku, na której można, wybierając ikonę z symbolem aparatu fotograficznego, przeglądać panoramy poszczególnych pomieszczeń. Proponowana przez autorów forma prezentacji, czyli połączenie rzutu pomieszczeń z panoramami może mieć dwojaką funkcję. Po pierwsze, oglądający dysponuje klasycznym rzutem stosowanym do oznaczania chociażby dróg ewakuacyjnych w budynkach i obrazującym rozkład lokali. Po drugie panoramy stanowią dodatkową, bogatą informację na temat wyglądu i wyposażenia wnętrza.

Strona służąca do przeglądania panoram w budynku stanowi oddzielny zbiór danych, udostępniony poza Geoserverem. Do realizacji celów niniejszego projektu wykorzystano przeglądarkę panoram *HD view Beta 3* wykonaną w technologii Microsoft Silverlight, która jest wtyczką osadzoną na stronie HTML. Udostępnienie zdjęcia panoramicznego w tej przeglądarce wymaga odpowiedniego przygotowania. Po złożeniu wszystkich ujęć, panorama zostaje podzielona na mniejsze i większe fragmenty dostosowane do różnych zakresów skali wyświetlania (tzw. kafelki). Służy to optymalizacji, znacznie przyspiesza przeglądanie panoramy, niemniej dość znacząco wpływa na rozmiar i złożoność takiego zbioru. Na przykład jedna z panoram wykonanych do celów niniejszego projektu składa się z 3636 fragmentów w formacie JPG poszeregowanych na 15 poziomach szczegółowości. Łączny rozmiar takiego zbioru to ok. 40 MB. Nie jest to oczywiście jedyny sposób udostępniania zdjęć panoramicznych. Istnieje wiele tego rodzaju rozwiązań, w których organizacja danych ściśle zależy od autorów konkretnego oprogramowania. Są wśród nich produkty zarówno komercyjne, jak i dostępne na licencji open source.

Umieszczenie panoram w oddzielnych zbiorach, dostępnych poza serwerem usług WMS, daje możliwość wykorzystywania ich z dowolnego miejsca w sieci lub lokalnie (po skopiowaniu) na dysku komputera. Chcąc korzystać z nich zdalnie, z dowolnego miejsca, wystarczy umieścić łącze do podstrony zawierającej interaktywny plan budynku i wtyczkę z panoramą. Można do tego celu użyć klasycznego HTML lub na przykład jednego z wielu dostępnych systemów GIS *on-line*.

Rozpatrując wykorzystanie zdjęć panoramicznych w geodezji, można zastanawiać się nad kilkoma możliwościami. Jak wspomniano, zdjęcia dają bardziej realistyczne rozeznanie w otoczeniu niż mapa. Panoramy wykonane z odpowiednio dobranych punktów, mogą stanowić bardzo dobrą informację uzupełniającą wywiad terenowy lub stanowić na przykład materiał do opracowania planu zagospodarowania działki.

Zdjęć panoramicznych można także użyć jako uzupełnienia dokumentacji, wykonanego pomiaru ze stanowiska (np. tachimetru), stosując na nich dodatkowo graficzne oznaczenie pomierzonych punktów. Tego rodzaju zbiór mógłby stanowić pomoc w późniejszym opracowaniu kameralnym, dając szczegółowe rozeznanie o otoczeniu stanowiska pomiarowego. Poza zastosowaniem w klasycznym pomiarze sytuacyjno-wysokościowym, dodatkowa rejestracja położenia punktów w opisany sposób bardzo dobrze sprawdzi się w przypadku wykonywania pomiarów bryły budynku do celów modelowania trójwymiarowego z wykorzystaniem tachimetru bezlustrwego (Bednarczyk i in., 2011). W takiej sytuacji ręczne wykonywanie klasycznego szkicu polowego jest bardzo uciążliwe, ze względu na często skomplikowany układ mierzonych punktów.

Kolejnym zagadnieniem związanym z geodezją, w którym zdjęcia panoramiczne mogą mieć zastosowanie, są pomiary satelitarne. Tu istotne znaczenie dla dokładności i wiarygodności wyznaczenia pozycji ma widoczność satelitów. Znajomość kształtu i usytuowania względem stron świata zasłon terenowych, pozwala na efektywne planowanie pomiarów GNSS. Zasłony można modelować na podstawie pomiaru bezpośredniego lub wykonując odpowiednie zdjęcie, dające ogłęd całości otoczenia punktu. Do zdjęć takich zaliczają się zarówno ujęcia szerokokątne (hemisferyczne), jak i panoramy.

Zdjęcia panoramiczne mogą znaleźć również zastosowanie podczas zakładania osnów geodezyjnych. Przede wszystkim mogą stanowić uzupełnienie opisu topograficznego stabilizowanego punktu, jako fotograficzna dokumentacja jego otoczenia. Ponadto, po naniesieniu na panoramę lokalizacji sąsiednich punktów osnowy w postaci graficznej, uzyskuje się informację o wizurach na punkty sąsiednie. Przykład realizacji podobnego pomysłu autorzy przedstawiają na rysunku 5. Zdjęcia panoramiczne wykonano na każdym z trzech punktów osnowy w rozecie, pomiędzy którymi powinna być zachowana wizura. Dwa spośród nich to punkty ściennie. Wykonane zdjęcia pokazują, że ze względu na zmieniające się w czasie warunki pomiarowe (rozwój roślinności), wizury nie zawsze są zapewnione. Drugą, istotną z punktu widzenia wykonawcy pomiarów informacją, jest informacja o zasłonach. Dla każdego z punktów wykonano zdjęcie obiektywem szerokokątnym typu fish-eye w orientacji poziomej. W tym przypadku zdjęcia również wykazują ograniczenia w możliwości wykorzystania punktów do pomiaru. Wykonana dokumentacja fotograficzna została następnie udostępniona na tej samej zasadzie co opisywane wcześniej panoramy, dotyczące pomieszczeń w budynkach. Zdaniem autorów, taka dokumentacja punktów osnowy, może stanowić doskonałe uzupełnienie standardowych opisów topograficznych i innych opracowań, dotyczących osnów geodezyjnych.

Powyższy pomysł można rozwinąć, rozszerzając go na zakładanie osnowy realizacyjnej. W tym przypadku, oprócz uzupełnienia opisu topograficznego, panorama może być zestawiona z cyfrowym modelem trójwymiarowym realizowanego obiektu, co pozwoliłoby na dokładniejszą ocenę prawidłowości zastabilizowania poszczególnych punktów – na przykład ze względu na zachowanie wizur po wyniesieniu obiektu, bądź możliwości wykorzystania poszczególnych punktów osnowy podczas realizacji budowy.

Wykorzystując panoramy i wcześniej opisaną technologię AR można, dysponując odpowiednio spreparowanymi danymi, na przykład lokalizacją punktów osnowy do nawiązania, lokalizacją punktów granicznych czy projektem zagospodarowania działki, korzystać z prezentacji cyfrowego obrazu tych obiektów nakładanego na rzeczywisty widok z kamery. W takim przypadku nie ma konieczności posiadania dodatkowej dokumentacji, takiej jak opisy topograficzne punktów, czy inne opracowania wykorzystywane podczas pomiaru, ponieważ obraz interesujących go obiektów użytkownik ma “przed sobą” na ekranie urządzenia przenośnego.

Podsumowanie i wnioski

Zdaniem autorów, opisana w niniejszym artykule technologia zdjęć panoramicznych może mieć zastosowanie, zarówno w GIS jak i geodezji. Przytaczane przykłady stosowania tej technologii skłaniają do refleksji i dalszych poszukiwań. Autorzy idąc tą drogą, zaproponowali kilka własnych pomysłów, z których dwa zostały zrealizowane w praktyce. Można

sądzić, że trend taki będzie się utrzymywał i zdjęcia panoramiczne będą coraz powszechniej stosowane w dziedzinach związanych z GIS i geodezją.

Opisane projekty zostały wykonane z wykorzystaniem oprogramowania open source, co nie pozostaje bez znaczenia ze względów ekonomicznych. Podejmując wyzwanie szerszego zastosowania zdjęć panoramicznych do własnych celów, autorzy mają w perspektywie możliwość obniżenia kosztów oprogramowania. Niemniej ich wykonanie było dość złożone i wymagało wielu kroków, które mogą zniechęcić użytkownika, chcącego zastosować tę technologię w zakresie proponowanym przez autorów.

Wszystkie opisane powyżej pomysły i propozycje mogą wydawać się dość fantastyczne, lecz zdaniem autorów, przy obecnym stanie techniki są możliwe do realizacji. Każdy nowy pomysł wymaga akceptacji i powinien usprawniać pracę, miast czynić ją bardziej uciążliwą. Podstawowym kryterium, aby takie pomysły mogły zostać sprawnie zrealizowane, jest opracowanie doskonalszego oprogramowania oraz odpowiednich urządzeń, a także udoskonalenie istniejących, w taki sposób aby opisane zadania mogły być wykonywane automatycznie.

Literatura

- Akcaç O., Duran Z., Garagon Dogru A., Toz G., Altan O., 2012: Panoramic Image Integration Within a Web-Based GIS Application. XXXV ISPRS Conference Proceedings.
- Allen P., Feiner S., Troccoli A., Benko H., Ishak E., Smith B., 2004: Seeing into the past: creating a 3D modeling pipeline for archaeological visualization. Proceedings. 2nd International Symposium on 3D Data Processing, Visualization and Transmission: 751-758, doi: 10.1109/TDPVT.2004.1335391.
- Bednarczyk M., Lukasiak J., 2011: Development of The Three-Dimensional Object Based on the Results of Reflectorless Total Station Measurement, New Technology and Instruments in Survey. Monografia Politechniki Gdańskiej.
- Bolibok L., 2010: Sprzęt i ekspozycja zdjęć w fotografii hemisferycznej w badaniach leśnych. *Leśne Prace Badawcze* vol. 71(1): 105-115.
- Dufour J.-Y., 2013: Intelligent Video Surveillance Systems, ISTE Ltd., John Wiley & Sons Inc.
- Gawin A., 2003: Dokumentacja i prezentacja obiektów zabytkowych w fotografii panoramicznej. *Geodezja Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica* w Krakowie, 9: 593-601.
- Góra-Klauzińska A., Benicewicz-Miazga A., Klauziński E., 2012: Historia fotografii panoramicznej. *Kwartalnik Internetowy CKfoto.pl* ISSN 2080-6353 Nr CK 11/2012 (I-III 2012).
- Guo J., Zhong R. & Zeng F., 2014: Panoramic Images Mapping Tools Integrated Within the ESRI ArcGIS Software. [In:] *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* vol. 17, No. 1, p. 012261, IOP Publishing.
- Hazelhoff L., Creusen I., de With P.H.N., 2014: Mutation detection for inventories of traffic signs from street-level panoramic images. Proc. SPIE 9026, Video Surveillance and Transportation Imaging Applications, 90260V, doi:10.1117/12.2036732.
- Ikeda S., Sato T., & Yokoya N., 2003: High-resolution panoramic movie generation from video streams acquired by an omnidirectional multi-camera system. [In:] *Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems*, MFI2003: 155-160. Proceedings of IEEE International Conference on IEEE.
- Kwiatek K., Litwin U., 2013: Panoramic videography as a potential tool for enhancement of land intensity factors. *Geomatics. Landmanagement and Landscape* No. 3: 67-80.
- Langlotz T., Wagner D., Mulloni A., 2012: Online Creation of Panoramic Augmented-Reality Annotations on Mobile Phones, *IEEE Pervasive Computing* vol.11, no.2: 56-63.
- Luhmann T., 2010: Panorama Photogrammetry for Architectural Applications. *Mapping* No.139: 40-45, ISSN 1131-9100.
- Pelc-Mieczkowska R., 2014: Primary results of using hemispherical photography for advanced GPS mission planning. 9th International Conference "Environmental Engineering", Vilnius, Lithuania. <http://enviro.vgtu.lt>
- Petsa E., Kouroupis S., Karras G.E., 2001: Inserting the past in video sequences. *IAPRS*, 34(5C7): 707-712.

Schwalbe E., 2005: Geometric Modeling and Calibration of Fisheye Lens Camera Systems. Proceedings 2nd Panoramic Photogrammetry Workshop. Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.

Źródła internetowe

<https://www.google.com/maps/views/streetview>

<http://ww2.ptgrey.com/spherical-vision>

Streszczenie

Artykuł zawiera rozważania na temat roli geolokalizowanych zdjęć panoramicznych w systemach informacji przestrzennej. Stały rozwój w dziedzinie informatyki sprawia, że wciąż pojawiają się nowe możliwości i pomysły na realizację wizualizacji danych przestrzennych. Jednym z tych trendów jest wykorzystanie zdjęć panoramicznych, które dzięki swej specyfice bardzo szczegółowo obrazują rzeczywisty wygląd otoczenia i co za tym idzie stanowią zbiór cennych informacji. W niniejszym artykule autorzy, odnosząc się do istniejących trendów, rozważają możliwości rozszerzenia spektrum zastosowań tej technologii w dziedzinie GIS i geodezji.

W pracy skupiono się między innymi na problemie prezentacji zdjęć panoramicznych w stacjonarnym systemie GIS, którego interfejs, z uwagi na odmienną funkcjonalność, nie jest do tego przystosowany. Zaproponowano własne rozwiązanie, będące kompromisem dającym możliwość wygodnej prezentacji geolokalizowanych panoram w projektach opracowywanych z wykorzystaniem stacjonarnego oprogramowania GIS. W proponowanym rozwiązaniu postawiono na nieskomplikowany sposób wykonania projektu oraz możliwość wykorzystywania opracowanych danych, zarówno lokalnie jak i w Internecie. Dodatkowym założeniem było oparcie projektu, w jak największym stopniu, na oprogramowaniu open source, co znacznie redukuje koszty.

Kolejne szerzej rozpatrywane zagadnienie to zastosowanie zdjęć panoramicznych podczas zakładania i dokumentacji osnów geodezyjnych. Autorzy, rozważając taką możliwość, proponują własne rozwiązanie, bazujące na technologiach internetowych.

Poza tym, artykuł stanowi próbę przeglądu współczesnych zastosowań zdjęć panoramicznych jako technologii, która mimo, że znana jest już od bardzo dawna, nadal stanowi źródło inspiracji w wielu dziedzinach. W ten sposób autorzy próbują odnieść się i wskazać pewne kierunki rozwoju w domenie ich zainteresowań jaką jest geodezja oraz systemy GIS.

Abstract

This paper contains reflections on the role of geolocalized panoramic images in spatial information systems. Development in the field of information leads to appearance of ever new opportunities and ideas for implementation of the visualization of spatial data. One of these trends is the use of panoramic images, which by their very nature, specifically depict actual appearance of the environment and thus constitute a set of valuable information. In this paper, the authors, referring to the existing trends, consider the possibility of extending the range of applications of this technology in the field of GIS and surveying.

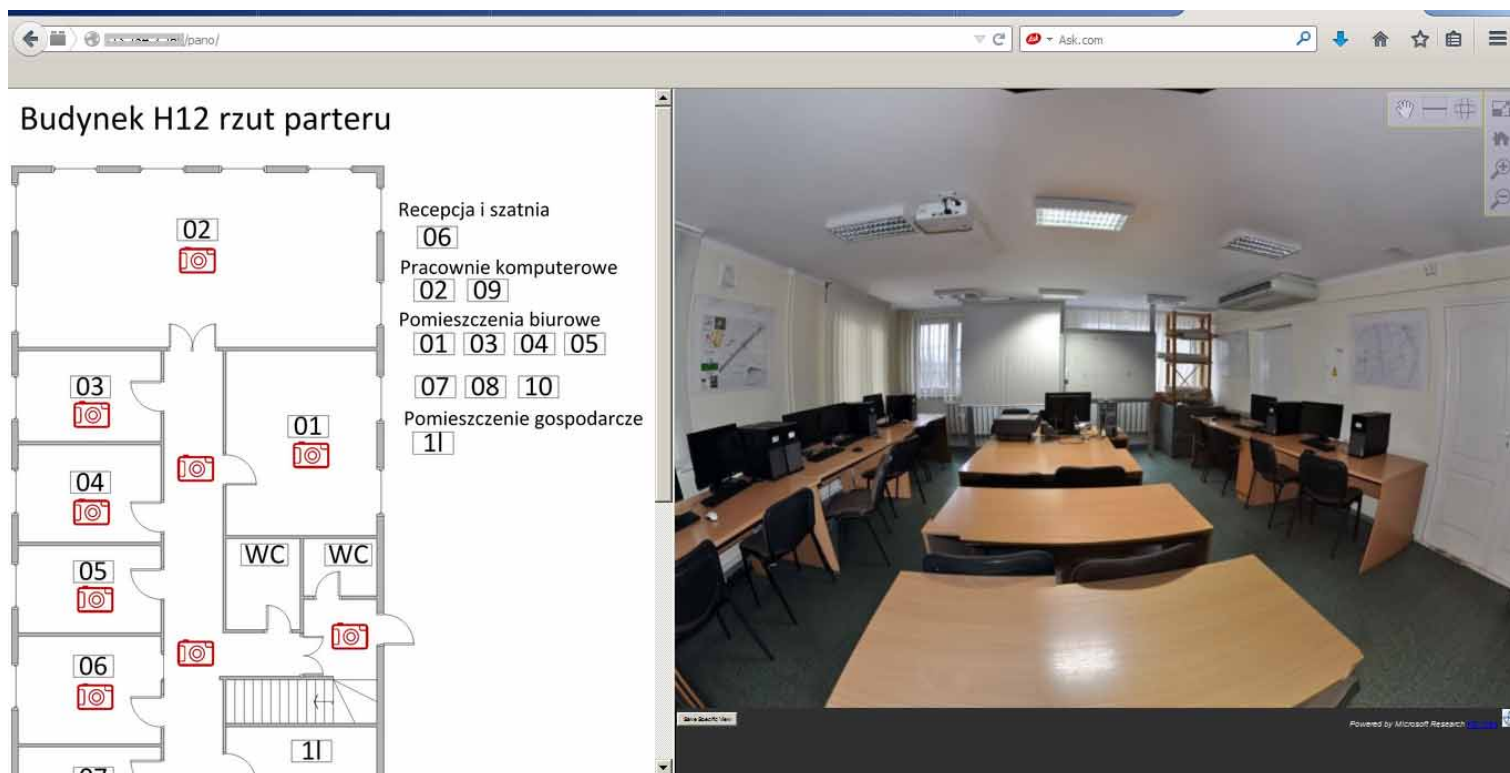
The study is focused among others on the problem of presenting panoramic images in a GIS system, because its user interface is usually not adapted to this. The authors proposed their own solution, which is a compromise for convenient presentation of geolocalized panoramas in projects developed with the use of GIS software. The proposed solution is focused on simple way to use data developed both locally and online. An additional aim was to support it as much as possible using open source software, which significantly reduces costs.

Another issue is the use of panoramic images during the establishment and documenting of geodetic control network., Considering that possibility, the authors proposed their own solution based on web technologies.

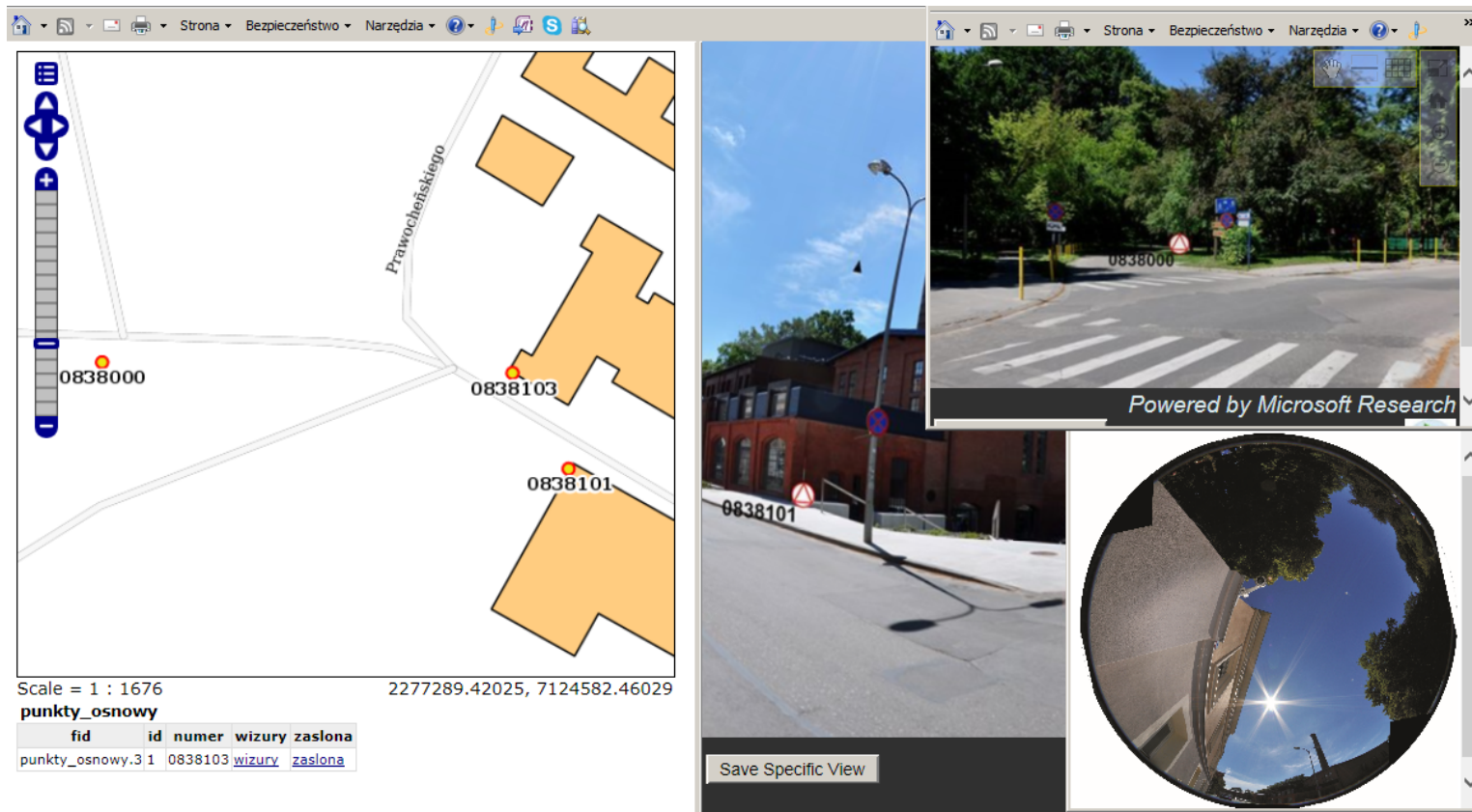
In addition, the paper attempts to review the applications of modern panoramic photos as a technology that, although known for a long time, is still a source of inspiration in many areas. In this way, the authors try to relate and identify some trends in their domain of interests which is geodesy and GIS systems.

dr inż. Michał Bednarczyk
michal.bednarczyk@uwm.edu.pl

dr inż. Renata Pelc-Mieczkowska
renata.pelc@uwm.edu.pl



Rysunek 4. Interaktywny plan budynku wraz z przeglądarką panoram poszczególnych lokali



Rysunek 5. Przykład dokumentacji osnowy geodezyjnej z wykorzystaniem GIS i zdjęć panoramicznych