

Mieczysław Kunz

NOWOCZESNE METODY I NARZĘDZIA TELEGEOINFORMATYCZNE SŁUŻĄCE POZYSKIWIANIU INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ

Wprowadzenie

Miniony wiek (XX) to okres wyjątkowych odkryć technicznych i rozwoju technologicznego dotyczącego pozyskiwania danych, zapoczątkowanego głównie w zastosowaniach wojskowych, zaawansowanych wdrożeń tych innowacji i narzędzi telegeoinformatycznych w sektorze cywilnym i docelowo powszechność ich stosowania w szeroko rozumianych badaniach otaczającej nas rzeczywistości.

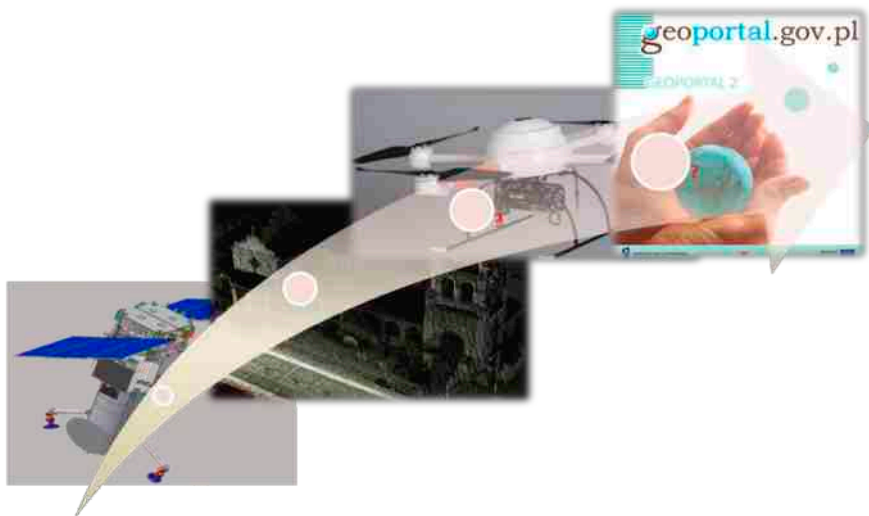
Do najważniejszych takich odkryć służących rozwojowi nauk geograficznych (Ryc. 1) i pozyskiwaniu informacji geograficznej w XX wieku (za Ciołkoszem, 2007) można z pewnością zaliczyć: intensywny rozwój teledetekcji lotniczej (w zasadzie od początku II wojny światowej) i satelitarnej (od wystrzelenia pierwszego satelity środowiskowego Landsat w 1972 roku), utworzenie pierwszego operacyjnego systemu informacji geograficznej (tzw. Kanadyjskiego GIS w 1963 roku) oraz udostępnienia w 1985 roku w zastosowaniach cywilnych Globalnego Systemu Pozycjonowania (GPS). Te nowe narzędzia badawcze, zwane także *geotechnologią* (Gewin, 2004) zmieniły oblicze współczesnej nauki i praktyki oraz spowodowały rewolucję w dostępie do danych geograficznych.

Trudno jest dzisiaj zdecydować, które z tych odkryć są najbardziej przełomowe z punktu widzenia pozyskiwania i analizy informacji geograficznej, ale patrząc



Ryc. 1. Główne „odkrycia technologiczne” w XX wieku służące badaniom środowiska geograficznego.

obiektywnie wszystkie te narzędzia i metody służą obecnie wielu użytkownikom, powszechnym zastosowaniom i są zazwyczaj wykorzystywane równocześnie. Z tego samego punktu widzenia – rozwoju narzędzi i metod pozyskiwania danych, miniona pierwsza dekada XXI wieku jest jeszcze bardziej twórcza i innowacyjna, niż cały poprzedni wiek (Ryc. 2). Nastąpił w niej bowiem m.in. bardzo intensywny rozwój i upowszechnienie zdalnych metod akwizycji danych, w tym powszechne wdrożenie do praktyki skaningu laserowego i przetwarzania jego produktów, spektakularny wzrost rozdzielczości przestrzennej, czasowej i spektralnej danych teledetekcyjnych, miniaturyzację urządzeń do zdalnej rejestracji, fascynacja i rozwój metod wizualizacji i tworzenia trzeciego wymiaru oraz swobodny dostęp do danych przestrzennych i usług ich udostępniania.



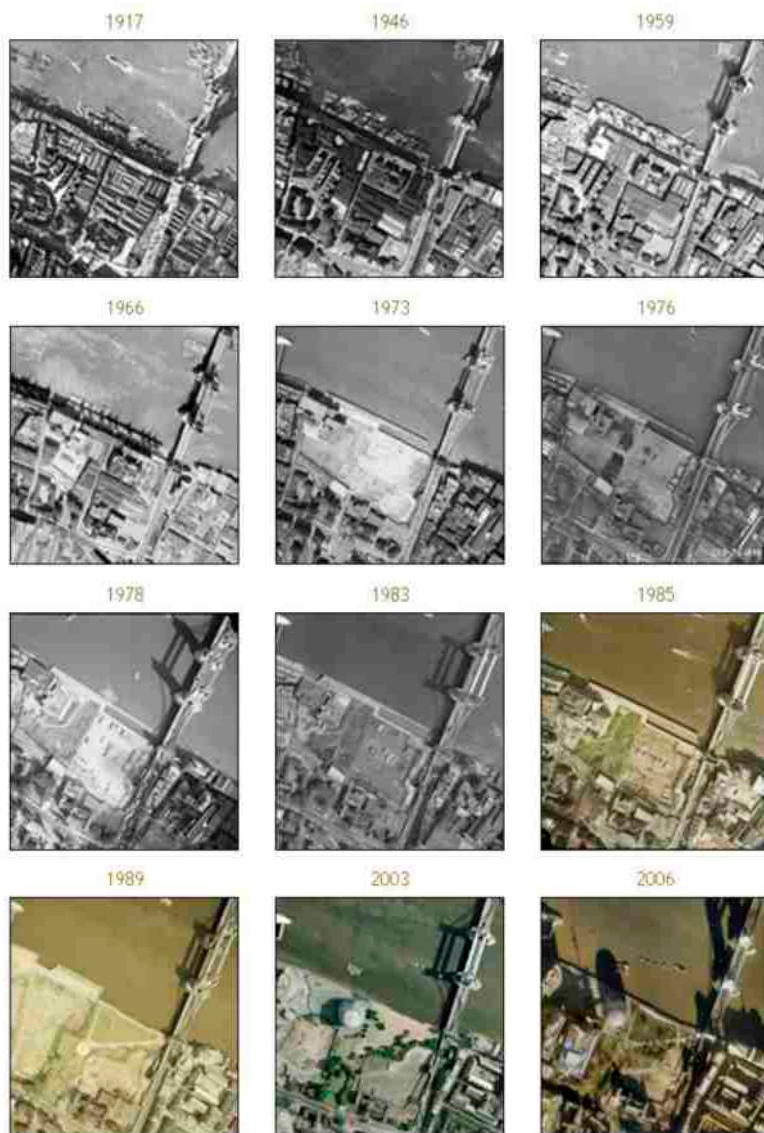
Ryc. 2. Główne „odkrycia technologiczne” w XXI wieku służące badaniom środowiska geograficznego.

Zdjęcia lotnicze

Pierwsze zdjęcia lotnicze zostało wykonane 24 kwietnia 1907 roku (Ciołkosz i in., 1986). Wilbur Wright, podczas krótkiego lotu zobrazował okolice Rzymu a uzyskane efekty dały początek ery wykorzystania zdjęć lotniczych, przede wszystkim dla celów operacyjnych w ramach tzw. wojskowego zwiadu lotniczego a dopiero później do celów kartograficznych. W końcu I wojny światowej ponad 25% samolotów było wyposażonych w kamery lotnicze i wykonywało rejestrację terenów nieprzyjaciela z powietrza. Po zakończeniu działań wojennych (1918) nastąpił intensywny rozwój związany z pozyskiwaniem danych oraz interpretacją produktów tej rejestracji. Druga wojna światowa to wykonywanie zdjęć lotniczych na skalę masową (w ramach lotów zwiadowczo-rozpoznawczych), spektakularne sukcesy związane z wykorzystaniem informacji pozyskanej z tego pułapu i doskonalenie sprzętu i metod akwizycji danych z tego pułapu.

Zdobyte doświadczenia pozwoliły na rozpoczęcie intensywnego okresu wykorzystania zdjęć lotniczych, początkowo dla tworzenia i aktualizacji wojskowych map topograficznych a później także dla interdyscyplinarnych badań środowiska geograficznego.

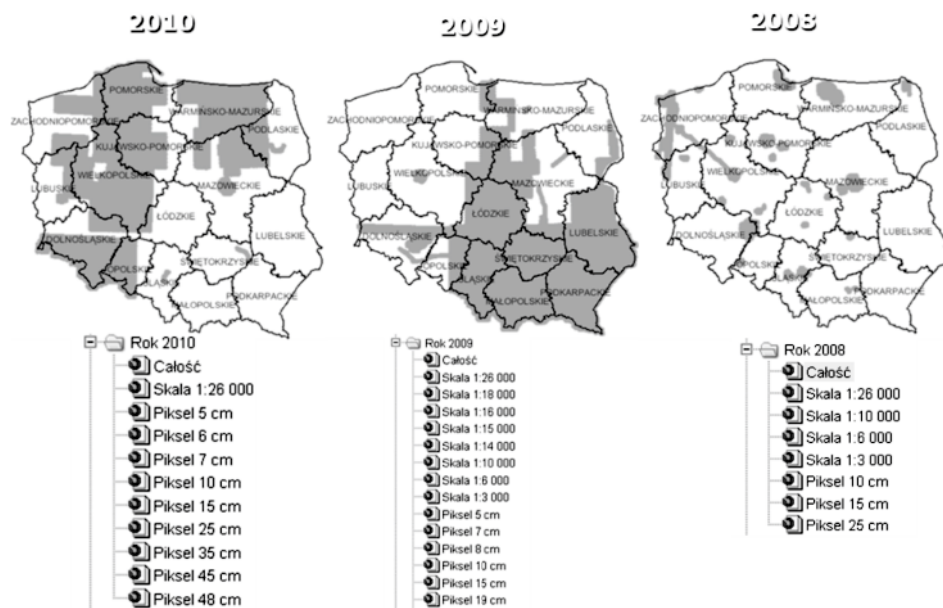
Naloty fotogrametryczne wykonywane były z różną częstotliwością, ale biorąc pod uwagę wszystkie instytucje (wojskowe i cywilne) wykonujące zdjęcia lotnicze to możemy założyć, że co około 10 lat są dostępne takie materiały fotolotnicze i możemy wtedy śledzić zachodzące zmiany (Ryc. 3).



Ryc. 3. Przykład brytyjskiego lotniczego archiwum zdjęciowego (www.oldaerialphotos.com).

Zdjęcia lotnicze w XX wieku wykonywane były w tradycyjny – analogowy sposób a barierą w ich stosowaniu była skala rejestracji, wykorzystana technologia, a także ograniczona dostępność do tych materiałów. Przełomowym okresem w wykonywaniu zdjęć lotniczych w Polsce były lata 1995–1997, kiedy to w ramach programu Phare 9206 pokryto cały kraj barwnymi zdjęciami lotniczymi w skali 1:26 000. Od tego momentu zdjęcia lotnicze zaczęto wykonywać z dużą częstotliwością a kamery analogowe powoli zaczęły ustępować miejsca kamerom cyfrowym (Ryc. 4). Współcześnie wykonuje się zdjęcia lotnicze z pikselem terenowym co najwyżej 15 cm, ale spotykany rozmiar piksela 3, 5 lub 7 cm jest już niczym szczególnym. Należy tylko pamiętać, że wraz ze wzrostem rozdzielczości przestrzennej wykonywanych cyfrowych zdjęć lotniczych rośnie z kwadratem wielkość pliku. Wymusza to coraz bardziej zaawansowane stacje graficzne przetwarzania danych oraz bardziej wydajne oprogramowanie.

Rynek pozyskiwania danych z kampanii fotolotniczych rozwija się w Polsce bardzo intensywnie. Świadczy o tym m.in. liczba oferentów takich usług składających swoje aplikacje w przetargach publicznych ogłaszanych głównie przez GUGiK, ale także inne instytucje, jak PIG, LP, IMGW, RZGW oraz firmy – PKP czy ENEA.

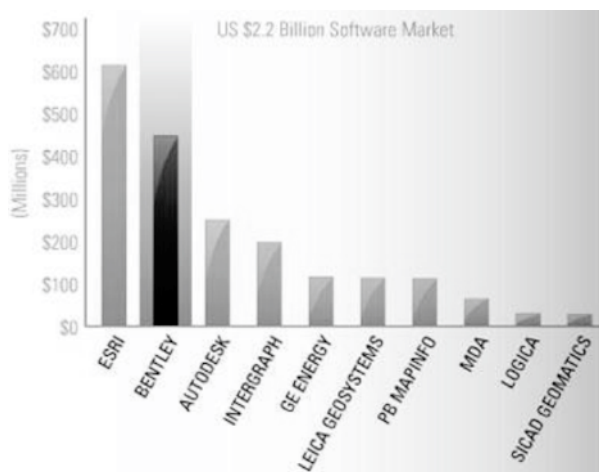


Ryc. 4. Przykład archiwum zdjęciowego CODGiK ilustrujący zastępowanie zdjęć wykonywanych analogowo zdjęciami cyfrowymi (www.codgik.gov.pl).

Współczesne i archiwalne zdjęcia lotnicze dostępne są w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie, w Centralnym Archiwum Wojskowym (w trakcie organizacji), gdzie przekazano bogate zbiory WOGiT oraz w licznych krajowych i zagranicznych portalach udostępniających poszukiwane dzisiaj, głównie z okresu ostatniej wojny światowej, zdjęcia lotnicze.

Systemy Informacji Geograficznej (GIS)

W bieżącym roku mija właśnie 50 lat od uruchomienia pierwszego systemu informacji geograficznej – Kanadyjskiego Systemu Informacji Geograficznej, którego głównym celem była inwentaryzacja zasobów środowiska naturalnego Kanady (Tomlinson, 1967). Jego twórca – Roger Tomlinson, nazywany jest ojcem pojęcia „GIS”. Od uruchomienia tego pierwszego udanego systemu zaczęły pojawiać się kolejne, coraz bardziej zaawansowane rozwiązania i wdrożenia, a także licznie powstawać firmy z sektora geotechnologii, początkowo głównie w Stanach Zjednoczonych, a później także w Europie czy Azji. Jedną z pierwszych takich firm, która na stałe wpisała się w rozwój oprogramowania, narzędzi i filozofii gis-u była utworzona w Redlands (Kalifornia) w Stanach Zjednoczonych w 1969 roku w firma ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). Jej założyciel i dotychczasowy prezes firmy – Jack Dangermond, czterdzieści lat później (2009) trafił na listę najbogatszych Amerykanów (158 pozycja zestawienia) według czasopisma Forbes. ESRI jest dzisiaj nie tylko wiodącą globalną firmą w zakresie tworzenia rozwiązań geoprzestrzennych (Ryc. 5), ale także pomysłodawcą wielu inicjatyw, tym obchodów Światowego Dnia GIS, który już od 15 lat jest obchodzony zawsze w listopadzie, równolegle w kilkudziesięciu krajach świata promując wykorzystanie takich systemów (Kunz, 2011).



Ryc. 5. Globalny rynek oprogramowania GIS w 2010 roku (źródło: www.bentley.com).

















































Pojęcie system informacji geograficznej (GIS) oznacza system pozyskiwania, gromadzenia, zarządzania, aktualizacji, analizowania i udostępniania danych przestrzennych odniesionych do powierzchni Ziemi. Pod tym pojęciem kryje się zarówno oprogramowanie i sprzęt komputerowy, dane (przestrzenne i nieprzestrzenne), użytkownicy oraz współcześnie najważniejsze – procedury. Współcześnie, w wielu przypadkach należy rozumieć taki system jako system służący podejmowaniu decyzji.

W ostatniej dekadzie XX wieku powstało bardzo wiele istotnych i ciekawych, o zasięgu krajowym, regionalnych i lokalnym, dedykowanych systemów informacji geograficznych, których nie sposób tutaj wymienić. Warto jednak wspomnieć o wdrożonym

w księdze *Guinnessa* w kategorii najdłużej działającego satelity obserwacyjnego Ziemi. Wykonuje bowiem zdjęcia nieprzerwanie od ponad 29 lat wykonując 2,5 mln zdjęć, które można wykorzystywać w analizach porównawczych (źródło: www.geoforum.pl). Dostęp do wielu zobrażeń satelitarnych pozyskanych przez amerykańską konstelację Landsat został upowszechniony w ramach portalu uruchomionego przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA).

Pierwszym wysokorozdzielczym satelitą był amerykański satelita IKONOS, który w 1999 roku pozyskał zdjęcia Nowego Jorku z jednometrowym pikselem terenowym. Od tego czasu zaczął się wyścig technologiczny sektora kosmicznego związany z udoskonaleniem rozdzielczości głównie przestrzennej, spektralnej oraz czasowej. Dzisiejsi rekordziści w tym zakresie mogą rejestrować z pułapu satelitarnego z rozmiarem piksela mniej niż 0,5 metra, pozyskiwać zobrażenia nawet kilka razy dziennie (konstelacja DigitalGlobe, Ryc. 7) a liczba zakresów rejestracji przekracza kilkadziesiąt kanałów (np. MODIS) a w przypadku akwizycji lotniczej wynosi nawet kilkaset kanałów (zdjęcia hiperspektralne).

Warto także wspomnieć, że 21 listopada 2013 roku z rosyjskiej bazy Jasny na Uralu wystartował pierwszy polski satelita naukowy o nazwie Lem, który został zbudowany w Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie (źródło: www.geoforum.pl).

 QB	1	 	2	 	3	 QB	4		5	 QB	6		7	
	8	 QB	9		10	 QB  	11		12		13	 QB	14	
	15	 	16		17	 QB  	18	 QB  	19		20		21	
 QB 	22		23	 QB  	24		25		26	 QB 	27	 	28	 
 QB 	29		30											

Ryc. 7. Dostępność zdjęć satelitarnych WV-1 (World View 1), WV-2 (World View 2) oraz QB (Quick Bird) dla regionu Moskwy w kwietniu 2011 roku (dzięki uprzejmości P. Ziembę z firmy DigitalGlobe, UK).

Globalny System Pozycjonowania (GPS)

Mimo, że od czasu wystrzelenia w 1973 roku pierwszych satelitów nawigacyjnych do obsługi Globalnego Systemu Pozycjonowania (Navstar) do czasu oddania użytkownikom cywilnym systemu ogólnie dostępnego minęło zaledwie 12 lat, to można przyjąć,

że dopiero zniesienie przez 42. Prezydenta Stanów Zjednoczonych – Billa Clintona z końcem kwietnia 2000 roku zakłócania sygnału GPS spowodowało powszechność wykorzystania tej technologii. W jednej chwili dokładność pozyskiwania współrzędnych w sposób autonomiczny wzrosła z ± 100 metrów do ± 10 metrów lub lepiej.

U podstaw wielkiej użyteczności systemu GPS leży możliwość otrzymania bezpłatnie informacji o położeniu (współrzędne) w czasie rzeczywistym, bez względu na porę dnia i porę roku oraz panujące warunki atmosferyczne z pewną określoną dokładnością. To zrewolucjonizowało transport lądowy, lotniczy i morski oraz stworzyło nowe możliwości dla szeroko rozumianego pozyskiwania informacji geograficznej oraz spowodowało także powstanie innych konkurencyjnych systemów z jednej strony i współdziałających (GNSS) z drugiej, takich jak:

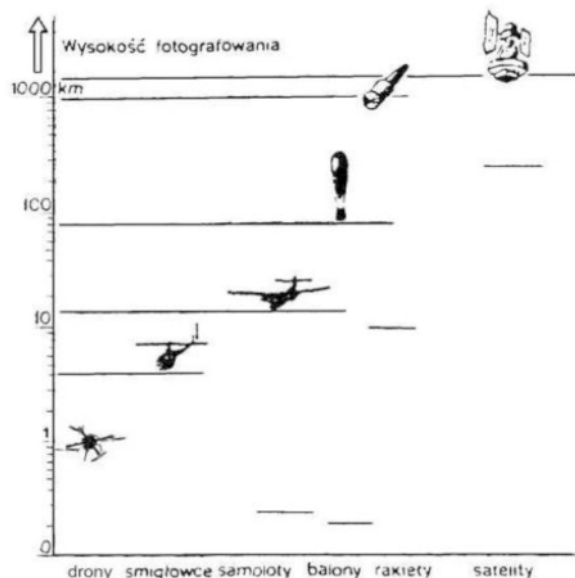
- Glonass, uruchomiony w byłym Związku Radzieckim,
- Gallileo, projekt Unii Europejskiej z 2002 roku,
- BeiDou (dawniej Compass) uruchomiony na terytorium Chin,
- IRNSS, projekt Indii.

Współcześnie projektowane odbiorniki GPS (w technologii G3) mogą jednocześnie odbierać sygnał z dwóch systemów (GPS-Navstar oraz Glonass), a docelowo także z trzeciego – europejskiego systemu Gallileo, którego pełna funkcjonalność planowana jest dopiero na koniec 2020 roku (Januszewski, 2007).

Technologie XXI wieku

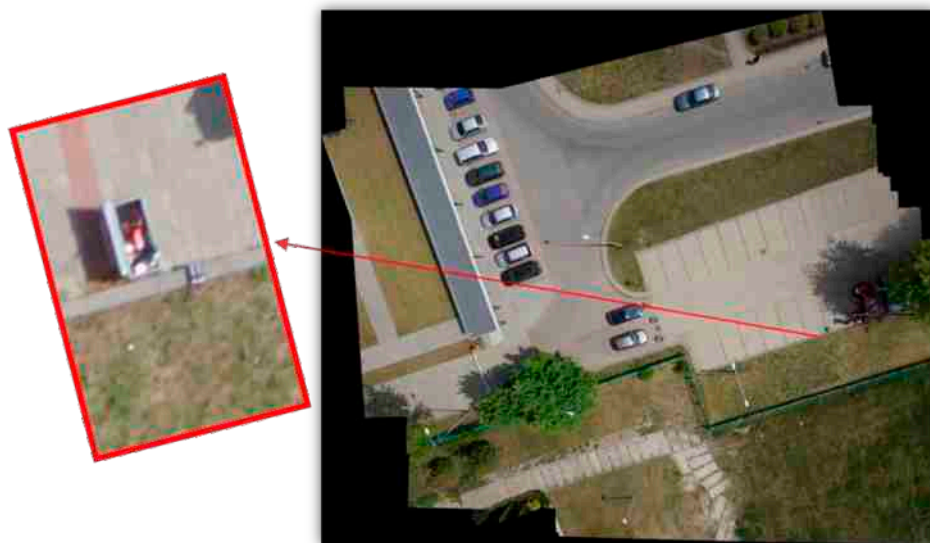
Do nowych technologii opracowanych w XXI wieku i wykorzystywanych przy zdalnym pozyskiwaniu informacji geograficznej należy m.in. miniaturyzacja urządzeń rejestrujących, umożliwiająca intensywny rozwój bezzałogowych technologii rejestrujących, których platformy – drony (ang. UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*), stały się wyraźną alternatywą w pozyskiwaniu danych przestrzennych, uzupełniając dotychczasowy zakres wysokościowy dalszej rejestracji (Ryc. 8).

Bezzałogowe obiekty latające, przyjmujące różne konstrukcje (od płatowców do wielowirnikowców), pozwalają na wykonanie kampanii fotolotniczych niskiego pułapu oraz szybkie i powtarzalne pozyskanie danych obrazowych dla niewielkich obszarów. Bezzałogowce doskonale wkomponują się w istniejącą lukę pułapową: z satelitów wykonuje się rejestrację z zakresu od kilkuset kilometrów, z samolotów od kilkuset metrów, a z bezzałogowców od kilkunastu do kilkuset metrów, i to niezależnie od pory dnia czy roku oraz warunków atmosferycznych (za wyjątkiem silnego wiatru oraz intensywnego deszczu). Ta nowoczesna metoda akwizycji danych przestrzennych może służyć do prowadzenia wieloaspektowych badań naukowych oraz docelowo do gromadzenia informacji geograficznej służącej zasilaniu lokalnych i regionalnych infrastruktur danych przestrzennych. Pozwala ona na szybkie pozyskanie informacji przestrzennej o charakterze lokalnym, uzupełniającym i aktualizacyjnym, stanowiącej podstawę prowadzenia powtarzalnych, kompleksowych badań i monitorowania małych obszarów. Nadaje się znakomicie do monitorowania stanu środowiska po przejściu zjawisk ekstremalnych (np. atmosferycznych czy powodziowych) oraz prowadzenia prac poszukiwawczych, szczególnie w obszarach trudno dostępnych do badań (Kunz, 2013).



Ryc. 8. Współczesne pułapy i platformy rejestracji (na podstawie Ciołkosz i Kęsik 1989, zmienione).

W zależności od wysokości rejestracji i zamontowanej aparatury rejestrującej możliwe jest uzyskanie przez bezzałogową jednostkę latającą rozdzielczości przestrzennej nawet na poziomie pojedynczych milimetrów (Ryc. 9). Tak duża rozdzielczość ogranicza jednak w czasie pojedynczego lotu zasięg przestrzenny zdjęcia i co się z tym wiąże docelowy obszar opracowania.



Ryc. 9. Zdjęcie wykonane bezzałogową jednostką latającą z wysokości 100 metrów aparatem Sony NEX-7.

Kolejną technologią intensywnie rozwijaną od początku XXI wieku jest skaning laserowy (ang. *laser scanning*), której produkty rejestracji zapisywane są w postaci chmury punktów, tworzących docelowo trójwymiarowy model obiektu. W ten sposób mogą być pozyskiwane dane tworzące model wysokościowy i/lub model pokrycia terenu.

Ze względu na umiejscowienie skanera laserowego w przestrzeni geograficznej i dobór odpowiedniej technologii pomiarów, skaning laserowy dzieli się na trzy zasadnicze grupy:

- naziemny skaning laserowy TLS (*Terrestrial Laser Scanning*),
- mobilny skaning laserowy MLS (*Mobile Laser Scanning*),
- lotniczy skaning laserowy ALS (*Airborne Laser Scanning*).

Współcześni twórcy oprogramowania geoinformacyjnego intensywnie rozwijają swoje produkty o możliwość przetwarzania i wykorzystania pozyskanej w ten sposób chmury punktów.

INSPIRE

Dzięki Dyrektywie Parlamentu Europejskiego z 2007 roku, zwanej INSPIRE, która stała się wiążąca dla wszystkich państw członkowskich UE konieczne stało się przeniesienie (transpozycja) przepisów tej dyrektywy do prawa krajowego. Głównym celem tej dyrektywy było stworzenie zdolności współdziałania (interoperacyjności) w zakresie informacji przestrzennej umożliwiające powszechny dostęp do geoinformacji. W myśl tego nadrzędnego celu dane powinny być zbierane tylko raz i przechowywane w miejscu, gdzie zarządzanie nimi jest najbardziej efektywne; informacja zebrana na jednym poziomie lub w jednej skali powinna być dostępna na wszystkich poziomach oraz powinno być łatwo ocenić, jaka informacja geograficzna jest dostępna, jak może być wykorzystana do konkretnych celów i pod jakimi warunkami może być uzyskiwana i stosowana (Bielecka, 2011).

W konsekwencji została przygotowana *Ustawa o Infrastrukturze Informacji Przestrzennej* (IIP), która została uchwalona 4 marca 2010 roku. W myśl tych wszystkich działań ustanowiono zasady tworzenia oraz użytkowania infrastruktury informacji przestrzennej, wyznaczono instytucje odpowiedzialne za tworzenie, utrzymywanie i rozwijanie infrastruktury informacji przestrzennej. Głównymi zadaniami organów administracji jest więc:

- tworzenie, aktualizacja i udostępnianie metadanych dotyczących zbiorów danych związanych z określonymi tematami (według Załącznika I, II i III Dyrektywy INSPIRE),
- wprowadzenie rozwiązań technicznych zapewniające interoperacyjność zbiorów i usług danych przestrzennych oraz harmonizację tych zbiorów,
- tworzenie i obsługa sieci usług dotyczących zbiorów i usług danych przestrzennych,
- zgłaszanie do ewidencji zbiorów oraz usług danych przestrzennych objętych infrastrukturą.

Główny Geodeta Kraju sprawuje nadzór nad całym procesem tworzenia infrastruktur danych przestrzennych w Polsce, tworzy i utrzymuje geoportal infrastruktury informacji –

centralny punkt dostępu do usług – www.geoportal.gov.pl – w pełnym zakresie tematycznym. Ten punkt dostępowy umożliwia dostęp do danych i usług sieciowych, w tym do wyszukiwania, przeglądania, pobierania, przekształcania i uruchamiania usług danych przestrzennych.

W wyniku powyższych działań stają się powszechne referencyjne rejestry danych przestrzennych, z których powinno się korzystać w trakcie tworzenia opracowań geoprzestrzennych. Pomocne są wtedy usługi sieciowe WMS i WFS opracowane przez organizację OGC (*Open Geospatial Consortium*). Pierwsza z tych usług dotyczy udostępniania danych rastrowych a druga danych wektorowych.

Podsumowanie

Powyżej wymieniono tylko najbardziej istotne nowoczesne narzędzia pozyskiwania danych przestrzennych. Wykorzystując je jednak należy pamiętać o następujących zasadach:

- korzystać, jak najczęściej z danych referencyjnych (danych zgromadzonych w urzędowych bazach danych przestrzennych),
- żadne nowoczesne narzędzia nie zastępują człowieka, wspomagają tylko jego proces decyzyjny,
- nie ma narzędzi "samodziałających" czy „wszystko robiących” (wysoki poziom krytycyzmu),
- dostępne są różne rozwiązania narzędziowe,
- nie fascynować się bezgranicznie technologią, to tylko dodatek,
- GIS to sposób zadawania pytań i poszukiwania na te pytania odpowiedzi,
- logicznie myśleć i działać przestrzennie ("wykorzystanie GIS jest ograniczone tylko wyobraźnią osób go używających" – Jack Dangermond, ESRI Corp.).

Literatura

- Bielecka E., 2011. Implementacja Dyrektywy INSPIRE w Polsce. Ustawa o Infrastrukturze Informacji Przestrzennej. [w:] *INSPIRE i Krajowa Infrastruktura Informacji Przestrzennej. Podstawy teoretyczne i aspekty praktyczne*, IGIK, Warszawa.
- Ciołkosz A., 2007. Nowe narzędzia i metody badawcze w geografii i ich rola w rejestracji i wyjaśnianiu zjawisk i zmian w skali globalnej. [w:] Maik W., Rembowska K., Suliborski A., (red.) *Geografia a przemiany współczesnego świata. Podstawowe idee i koncepcje w geografii*, Tom 3, Wyd. Uczelniane WSG, Bydgoszcz.
- Ciołkosz A., Kęsik A., 1989, *Teledetekcja satelitarna*, PWN, Warszawa.
- Ciołkosz A., Miszalski J., Olędzki J.R., 1986, *Interpretacja zdjęć lotniczych*, PWN, Warszawa.
- Gewin V., 2004, *Mapping opportunities*, Nature 427.
- Januszewski J., 2007. *Systemy satelitarne GPS, Galileo i inne*, Wyd. PWN, Warszawa.
- Kunz M., 2011, The International GIS Day – analysis of celebrations in Poland and its importance to geographic education, *Prace i Studia Geograficzne* 48: 197–209.

- Kunz M., Wysota W., 2013, Niskopułapowa, bezałogowa jednostka latająca alternatywą w pozyskiwaniu informacji geograficznej. [w:] *Geografia wobec problemów zmian globalnych*, VIII Forum Geografów Polskich, Szczecin, s. 43–44.
- Okła K., (red.), 2010, *Geomatyki w Lasach Państwowych*, Część I, Podstawy, CILP, Warszawa.
- Tomlinson R. F., 1967. *An introduction to the geo-information system of the Canada Land Inventory*. ARDA, Canada Land Inventory, Ottawa.

Źródła internetowe:

www.bentley.com
www.geoforum.pl
www.geoportal.gov.pl
www.oldaerialphotos.com

Streszczenie

Artykuł przedstawia w zarysie problematykę nowoczesnych metod i narzędzi badawczych służących pozyskiwaniu informacji geograficznej. Odkryte w XX wieku nowe metody pozyskiwania i przetwarzania danych zainicjowały rewolucję w badaniach środowiska geograficznego. Można do nich zaliczyć: zdjęcia lotnicze i satelitarne, globalny system pozycjonowania (GPS) oraz systemy informacji geograficznej (GIS). W pierwszej dekadzie XXI wieku dokonano także dalszego rozwoju tych technologii oraz upowszechnia dostępu do produktów tej rejestracji.

Słowa kluczowe: informacja geograficzna, zdjęcia lotnicze, zobrazowania satelitarne, GPS, GIS, INSPIRE

MODERN METHODS AND TOOLS FOR ACQUISITION OF GEOGRAPHICAL INFORMATION

Summary

The paper presents an overview of the problems of modern research methods and tools which are applied for obtain geographical information. New methods of data acquisition and processing discovered in XX century started the revolution in studies of geographical environment research. These are aerial photographs and satellite imageries, global positioning system (GPS) and geographical information systems (GIS). Further development of these technologies and their promotes access took place in the first decade of XXI century.

Key words: geographical information, aerial photographs, satellite imageries, GPS, GIS, INSPIRE

Mieczysław Kunz

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Nauk o Ziemi
met@umk.pl