

## Od aerofotografii do teledetekcji – czyli jak sięgnąć po kosmiczne informacje

**Magdalena Gabinecka**

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii  
E-mail: magdalena.gabinecka@gmail.com

**Tutor: dr Marcin Paszkuta**

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii,  
Zakład Oceanografii Fizycznej

**Słowa kluczowe** – aerofotografia, dane satelitarne, teledetekcja satelitarna

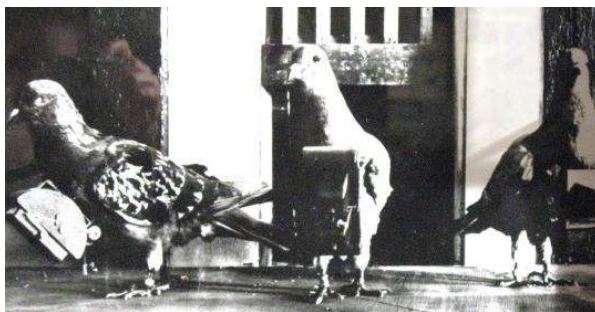
Termin teledetekcji satelitarnej funkcjonuje na świecie od 57 lat, a dokładnie od 1 maja 1960 roku – kiedy to Związek Radziecki zestrzelił niewykrywalny dotąd samolot wysokościowy Lockheed U-2 i tym samym zmusił Stany Zjednoczone do szukania alternatywnych metod pozyskiwania informacji o działaniach nieprzyjaciela. Wydarzenie to symbolizuje początek kosmicznej ery w wyścigu zbrojeń czyli wykorzystania satelitów do monitoringu warunków panujących na Ziemi. Od tej pory satelity zaczęto „uzbrajać” w urządzenia do szeroko pojętego pozyskiwania informacji i systematycznie zwiększać ich zdolności w kierunku obserwacji coraz większych obszarów i regularnego monitoringu. Nastąpiła zmiana formatu obrazów z analogowego na cyfrowy, co pozwoliło na analizy przy użyciu komputerów. Ostatecznie, dzięki gwałtownemu rozwojowi technologii kosmicznej, a zwłaszcza jej dziedziny teledetekcji satelitarnej, jesteśmy w stanie wykrywać i obserwować zmiany zachodzące na naszej planecie.

Obecnie do dyspozycji badaczy, zajmujących się zmianami na powierzchni Ziemi, jest ponad setka satelitów naukowych. Dane satelitarne znajdują szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach życia codziennego. Jako przykład można wymienić m.in. rolnictwo, budownictwo, ochronę zdrowia, bezpieczeństwo wewnętrzne, zarządzanie kryzysowe, monitoring środowiska, gospodarkę morską czy zmiany klimatu [1]. W efekcie dotychczasowych badań udało się zaobserwować ruch płyt tektonicznych, skutki erupcji wulkanicznych, zmiany klimatyczne, a także określić rzeźbę dna mórz i oceanów. Ze względu na szerokie zastosowanie i możliwość monitoringu dużej przestrzeni teledetekcja satelitarna pozostaje najbardziej kompleksową metodą pozyskiwania informacji o Ziemi. Jednak rozwój dziedziny nie byłby możliwy gdyby nie ryzyko jakiego podejmowali się pionierzy aerofotografii, którzy w celu uzyskania pierwszych zdjęć z przestrzeni powietrznej ryzykowali zdrowie i życie. To ich niezwykła ciekawość świata i upór wyniosły człowieka wysoko w przestworza. Żeby w pełni docenić powszechnie wykorzystywaną dziedzinę teledetekcji satelitarnej warto sięgnąć do jej początków, czyli aerofotografii.

Za autora pierwszego zdjęcia wykonanego z powietrza (według źródeł uległo zniszczeniu) uważa się Gasparda Felixa Tournachona, który w 1858 roku wznosił się balonem nad Bievre Valley. Tournachon znany wówczas jako „Nadar” kontynuując starania mające na celu doskonalenie fotografii

powietrznej ponownie spróbował swoich sił uwieczniając w 1868 roku Paryż (zdjęcie przetrwało do naszych czasów). Kolejną, kluczową dla rozwoju dziedziny postacią jest Arthur Batut będący autorem pierwszej fotografii wykonanej z latawca. Idea wypracowana przez młodego fotografa została wykorzystana w 1906 roku przez Georga R. Lawrence'a do udokumentowania zniszczeń powstałych w wyniku trzęsienia ziemi na obszarze San Francisco. W tym przypadku aparat ważący niecałe 23 kilogramy zamocowano pomiędzy ogromnymi płatowcami i podniesiono na wysokość około 610 metrów. Urządzenie wyposażone w metalowy drut uruchamiający migawkę z możliwością wykonywania zdjęć panoramicznych stanowiło element systemu o nazwie "Captive Airships".

Zastosowanie w fotografii powietrznej znalazły również gołębie pocztowe, których natura została wykorzystana przez Juliusa Neubrannera. W 1903 roku fotograf entuzjasta opatentował aparat o wadze 70 gram przyczepiany do klatki piersiowej zwierzęcia (Ryc. 1). Urządzenie wykonywało zdjęcie z automatyczną ekspozycją co 30 sekund, natomiast same zwierzęta poruszały się szybciej niż wykorzystywane do tej pory balony. Aby gołębie mogły przenosić tak małe aparaty robiące kilka ujęć w trakcie jednego lotu konieczne było opracowanie nowego rodzaju kliszy oraz mniejszego od tradycyjnego mechanizmu naświetlającego. Takiego przełomu w 1879 roku dokonał George Eastman wynajdując rolowaną kliszę fotograficzną. Dzięki temu zaczęto otrzymywać ostre, wyraźne, pozbawione fakturalnych zniekształceń projekcje. W 1889 roku firma Eastmana (później Kodak) wprowadziła kompaktowy aparat Brownie wyposażony w pojedynczy obiektyw i system obsługujący kliszę nawiniętą na rolkę. Osiągnięcia Eastmana zrewolucjonizowały dziedzinę fotografii i stanowiły podstawę rozwoju aerofotografii. Człowiekiem, którego innowacyjne rozwiązania bez wątpienia dały początek teledetekcji oraz umożliwiły rozwój fotografii raketowej był Alfred Maul. Do jego zasług można zaliczyć możliwość wielokrotnego wykorzystania kadłuba rakiety i stabilizację lotu poprzez zastosowanie żyroskopu. Innowacyjne rozwiązania sprawiły, że niemiecki inżynier zapisał się na kartach historii jako pionier fotografii raketowej, który urzeczywistnił i poświęcił się całkowicie tej idei.

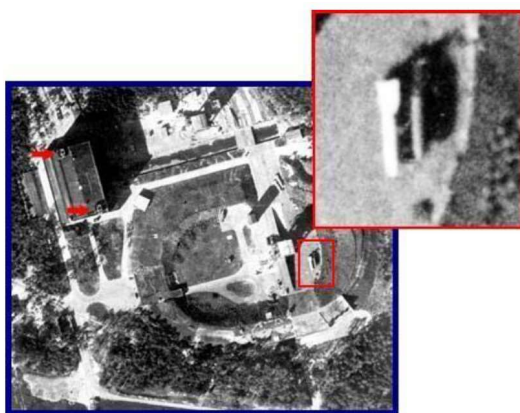


Ryc. 1. Gołębie pocztowe z miniaturowymi aparatami  
(źródło: Campbell, 2014)

W czasie I wojny światowej zaczęto używać aparatów by zapisywać pozycję wroga przekonując się, że aerofotografia stanowi łatwiejszą i dokładniejszą metodę niż szkicowanie czy obserwowanie. Wojna spowodowała głównie usprawnienia w jakości aparatów - fotografie wykonywane z wysokości 4,5 km mogły być powiększane tak, by pokazywać ślady pozostawione przez wroga np. w błocie. Mimo, że od czasów I wojny światowej samoloty zostały bardzo dobrze przystosowane do celów zwiadowczych zdjęcia lotnicze często cechowały się licznymi zniekształceniami. Taka jakość obrazu była efektem zbyt wolnej prędkości migawki w stosunku do prędkości samolotu. Zaradził temu Sherman M. Fairchild, który pod koniec wojny zaprojektował aparat z migawką umieszczoną wewnątrz obiektywu i wynalazł interwałometr umożliwiającą robienie

zdjęć w dowolnych odstępach czasowych. Wraz z końcem wojny Fairchild zwrócił się w stronę komercyjnego wykorzystania opracowanego przez niego systemu. W 1921 roku wykonał serię stu nakładających się fotografii by stworzyć mapę przedstawiającą Manhattan widziany z lotu ptaka. Wykonując mapy dla różnych zleceniodawców Fairchild demonstrował mnogość cywilnych zastosowań aerofotografii, przedstawiając ją jako udane przedsięwzięcie biznesowe.

W podobny sposób II wojna światowa przyczyniła się do olbrzymiego i trwającego do dziś rozwoju aerofotografii. Jednym z ważniejszych osiągnięć z tego okresu było wybudowanie przez Niemcy testowej stacji dla rakiet i odrzutowców. Początkowo stacja zlokalizowana na wybrzeżu Morza Bałtyckiego została w 1937 roku przeniesiona do Pennemünde (Niemcy). W tym miejscu Wernher von Braun wraz z zespołem naukowców skonstruował pierwszą w historii rakietę balistyczną A-4 (Ryc. 2). 3 października 1942 roku A-4 została wyprowadzona w powietrze osiągając wysokość 96 kilometrów. Komendant wojskowy ośrodka badań rakietowych w Pennemünde - Walter Dornberger wyraził swój zachwyt stwierdzając, że „*Jest to pierwszy dzień kosmicznej ery*”.



Ryc. 2. Testowa wyrzutnia rakiet A-4 pod zmienioną nazwą V-2 w Pennemünde  
(źródło: Baumann, 2014)

Napięcie między Stanami Zjednoczonymi, a Związkiem Radzieckim wzrosło podczas Zimnej Wojny w latach 50-tych. Stany Zjednoczone potrzebowały informacji o militarnym wyposażeniu nieprzyjaciela i lokalizacji sprzętu wojskowego. Ponieważ tradycyjne samoloty wojskowe nie były w stanie latać nad terytorium ZSRR, w połowie lat 50-tych Clarence „Kelly” Johnson skonstruował dla CIA wysokościowy samolot rozpoznawczy o nazwie Lockheed U-2. Przez 5 lat samoloty typu U-2 wznosząc się na wysokość ponad 20 000 metrów pozostawały niewykrywalne i mogły dostarczać zdjęcia dokumentujące m.in. testowe wyrzutnie rakiet oraz bazy powietrzne wroga. Rozwój nowych technologii takich jak czujniki mogące rejestrować powierzchnię Ziemi w różnych zasięgach widma elektromagnetycznego, który nastąpił w latach 1960 – 1970, umożliwił obserwację zjawisk, których nie dało się wychwycić korzystając z fotografii lotniczych.

Dzisiejsze satelity monitorujące biorą swój początek z programów CORONA i Landsat. CORONA to tajny, wywiadowczy program wojskowy realizowany do dzisiaj dzięki wykorzystaniu zaawansowanych platform Keyhole, natomiast Landsat jest projektem otwartym kontynuowanym po dziś dzień, skupiającym się na pozyskiwaniu informacji o lądach. Program CORONA pojawił się między rokiem 1959 a 1972 wraz z pierwszym, udanym przechwyceniem kapsuły, ze zdjęciami wykonanymi przez satelitę. Satelita wykonał 7 przelotów nad terytorium ZSRR i ogółem 17 okrążeń wokół Ziemi. Wraz z wprowadzeniem systemu satelitarnego CORONA nastąpił przełom w dziedzinie

teledetekcji satelitarnej. Oficjalnie program był znany jako DISCOVERER - rzekomy eksperyment naukowy, a jego pierwsze cztery wersje: KH - 1, KH - 2, KH - 3 i KH - 4 były zaprojektowane tak, by wypuszczać kapsuły (w nich znajdowały się pojemniki z kliszą fotograficzną) przechwytywane w powietrzu przez specjalnie przystosowany samolot. Pomimo zakończenia w 1972 roku programu CORONA satelity wywiadowcze znane pod kryptonimem Keyhole rozwijane są po dziś dzień. Nowe wersje potrafią rejestrować obrazy w nocy, przysyłać wykonane zdjęcia drogą elektroniczną oraz dostarczać obrazy bez względu na położenie.

Idea cywilnego satelity do prowadzenia naukowych badań powierzchni Ziemi stanowiła rezultat fotografii wykonanych na misjach Merkury, Gemini i Apollo. W roku 1965 dyrektor USGS (United States Geological Survey) William Pecora przedstawił pomysł realizacji programu teledetekcji satelitarnej służącego gromadzeniu informacji o naturalnych zasobach planety. Uruchomiony 23 lipca 1972 roku Landsat 1 był pierwszym satelitą stworzonym do badania i obserwacji powierzchni Ziemi, a zwłaszcza łądów. NASA aktywnie rozpowszechniała dane pochodzące z programu Landsat, szkoliła ludzi oraz agencje w sposobie korzystania z nowej technologii. Wydruki oraz zbiory danych były łatwo dostępne i cechowały się przystępną ceną. W 1975 roku na orbicie umieszczono następnego satelitę Landsat 2, który pozostawał operacyjny przez 7 lat. Trzy lata później do użytku oddany został Landsat 3, a z uwagi na sukces naukowo – techniczny przekazano go agencji zarządzającej satelitami pogodowymi NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). W wyniku uchwalenia przez Kongres Stanów Zjednoczonych, w 1984 roku ustawy o komercjalizacji teledetekcji NOAA musiała przekazać sprawowanie kontroli nad Landsat 4 i Landsat 5 firmie EOAST (The Earth Observation Satellite Company). EOSAT podwyższyła ceny zdjęć i ograniczyła ich redystrybucję w efekcie czego użytkownicy uprawnieni przez NASA postanowili korzystać z tańszych alternatyw. Prywatyzacja programu zakończyła się niepowodzeniem, dlatego zgodnie z ustawą, z 1992 roku (The Land Remote Sensing Policy Act of 1992) kolejny satelita Landsat 7 miał należeć do rządu. W 2001 roku Space Imaging, dawniej EOSAT (Earth Observation Satellite Company) przekazał nadzór nad Landsat 4 i Landsat 5 oraz zrzekł się wszelkich komercyjnych praw do wykorzystania pozyskanych danych. Zmiana, która nastąpiła przywróciła konkurencyjne ceny i lepsze zarządzanie satelitami.

Gwałtowny postęp gospodarczy i cywilizacyjny spowodował szereg konsekwencji w środowisku – wzrost zapotrzebowania na większe ilości surowców, zmniejszanie powierzchni lasów, zwiększenie ilości zanieczyszczeń prowadzące również do zmian klimatycznych. Do monitoringu wymienionych procesów o charakterze globalnym niezbędne są właściwe narzędzia. Spośród wszystkich dedykowanych instrumentów najbardziej wartościowe okazały się informacje dostarczane z orbity. Uniwersalność metod teledetekcji satelitarnej, docenianych dzisiaj przez ludzkość, stanowiących fundament działalności wielu dyscyplin, została dostrzeżona już ponad sto lat temu. Działania podejmowane przez wizjonerskie umysły wprowadziły tę metodę w fazę pełnej dojrzałości i pozwoliły sięgnąć po kosmiczne zasoby danych. Jednak według statystyk podanych przez Biuro ONZ do Spraw Przestrzeni Kosmicznej (UNOOSA) obecnie na orbicie naszej planety znajduje się 4 256 satelitów, z czego tylko 1 419 jest sprawnych [2], reszta stanowi bezużyteczne i niebezpieczne odpady. Dlatego oprócz rozwoju istotne jest właściwe zarządzanie i koordynacja nowoczesnymi technologiami satelitarnymi.

## Literatura

Bauman P., 2014. *History of Remote Sensing, Aerial Photography* [online], Oneonta, State University of New York College at Oneonta, [dostęp: 04.03.2017], <http://www.oneonta.edu/faculty/baumanpr/geosat2/geosat2.htm>.

- Bauman P., 2009. *History of Remote Sensing, Satellite Imagery* [online], Oneonta, State University of New York College at Oneonta, [dostęp: 04.03.2017], <http://www.oneonta.edu/faculty/baumanpr/geosat2/geosat2.htm>.
- Ciołkosz A., 2005. Teledetekcja satelitarna źródłem informacji o obiektach, zjawiskach i procesach zachodzących na Ziemi, *Nauka*, 4, s. 51–70.
- Rietz F., 1997. *Alfred Maul: A Pioneer of Camera Rockets. History of Rocketry and Astronautics*, Drezno, 1990. San Diego, Univelt, s. 261–274. [dostęp: 04.03.2017], [http://epizodsspace.no-ip.org/bibl/inostr\\_yazyki/iaa/1997/24/Rietz\\_Alfred\\_Maul\\_A\\_Pioneer\\_of\\_Camera\\_Rockets.pdf](http://epizodsspace.no-ip.org/bibl/inostr_yazyki/iaa/1997/24/Rietz_Alfred_Maul_A_Pioneer_of_Camera_Rockets.pdf).
- Spangenburg R., Moser D. K., 2008. *Wernher von Braum: Rocket Visionary*, Nowy Jork, Chelsea House Publishers, s. 56. ISBN: 0-8160-6179-2.
- Turner Ch., 2008. *George R. Lawrence, Aeronaut Photographer* [online]. Cabinet. 32. [dostęp: 04.03.2017], <http://cabinetmagazine.org/issues/32/turner.php>.

### **Źródła internetowe**

- [1] <http://www.gdansk.uw.gov.pl/component/k2/item/1310-ankieta-dane-satelitarne-w-sektorze-publicznym> [dostęp: 04.03.2017]
- [2] <http://www.pixalytics.com/sats-orbiting-earth-2016/> [dostęp: 04.03.2017]

**Krótką notką o autorze:** *Studentka III roku oceanografii studiów I stopnia na Uniwersytecie Gdańskim, uczestniczka programu MOST na Uniwersytecie Warszawskim. Pracę dyplomową pisze z zakresu teledetekcji satelitarnej. Wolne chwile poświęca na czytanie książek i aktywność fizyczną. Interesują ją technologie kosmiczne, historia ekspedycji polarnych oraz grafika komputerowa.*