

A composite image featuring a satellite in the foreground with solar panels, set against a background of Earth from space. A large white stylized letter 'F' is positioned on the left side of the image.

# **TELEDETEKCJA W PLANOWANIU PRZESTRZENNYM**

---

## **Zespół Autorski**

dr hab. arch. Maciej Borsa

dr hab. Bogdan Zagajewski

mgr Bartosz Kulawik

## **Redakcja:**

mgr Antoni Łabaj

mgr inż. Sandra Jedlińska

mgr inż. Anna Pulak

Copyright© Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa

Warszawa 2017 r

Wszelkie prawa zastrzeżone

Wykonano na zlecenie Ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa w ramach projektu pn.:  
**„Zainspiruj naszą przestrzeń – programy szkoleniowe i publikacje dla planistów – etap I”**,  
współfinansowanego ze środków Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020

Wykonawca: SmallGIS sp. z o.o.



**Fundusze Europejskie**

Wiedza Edukacja Rozwój



MINISTERSTWO  
INFRASTRUKTURY  
I BUDOWNICTWA

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



<b>WPROWADZENIE</b>	5
<b>ROZDZIAŁ 2</b>	11
<b>ROLA INFORMACJI PRZESTRZENNEJ W PROCESIE PLANOWANIA PRZESTRZENNEGO</b>	
2.1 Planowanie przestrzenne jako usługa informacyjna	12
2.2 Ewolucja systemu planowania	13
2.3 Dostępność informacji przestrzennej	15
2.4 Potrzeba standaryzacji	17
2.5 Harmonizacja danych przestrzennych	19
<b>ROZDZIAŁ 3</b>	23
<b>ZASTOSOWANIE TECHNIK TELEDETEKCYJNYCH W PLANOWANIU PRZESTRZENNYM</b>	
3.1 Uwarunkowania wykorzystania technik teledetekcyjnych w planowaniu przestrzennym	24
3.2 Przykładowe zastosowania technik teledetekcyjnych w planowaniu i monitoringu przestrzeni	26
3.3 Możliwości i ograniczenia wykorzystania danych teledetekcyjnych w planowaniu przestrzennym	38
3.4 Możliwości bezpośredniego wykorzystania technik teledetekcyjnych do sporządzania dokumentacji planistycznej	43
<b>ROZDZIAŁ 4</b>	45
<b>CHARAKTERYSTYKA DANYCH TELEDETEKCYJNYCH I METODY ICH PRZETWARZANIA</b>	
4.1 Właściwości danych teledetekcyjnych	46
4.2 Podstawowe produkty teledetekcyjne wykorzystywane na potrzeby gospodarki przestrzennej	50
4.3 Podstawowe techniki przetwarzania danych teledetekcyjnych	57
4.4 Wskaźniki teledetekcyjne	62
<b>ROZDZIAŁ 5</b>	69
<b>Teledetekcyjne źródła danych przestrzennych dla potrzeb planowania przestrzennego i zarządzania przestrzenią</b>	
5.1 Komponenty systemów teledetekcyjnych	70
5.2 Naziemne techniki teledetekcyjne	70
5.3 Lotnicze źródła danych teledetekcyjnych	71
5.4 Charakterystyka satelitarnych źródeł danych obrazowych	72
<b>ROZDZIAŁ 6</b>	85
<b>Otwarte dane programu Copernicus i Landsat</b>	
6.1 Idea otwartych danych w programach Copernicus i Landsat	86
6.2 Polska Strategia Kosmiczna	87
6.3 Program COPERNICUS	88
6.4 Program LANDSAT	98
6.5 Serwisy udostępniające dane satelitarne	105
6.6 Oprogramowania teledetekcyjne	106
6.7 Zastosowania otwartych danych w badaniach	108
<b>ROZDZIAŁ 7</b>	111
<b>Międzynarodowe i krajowe projekty badawczo rozwojowe</b>	
7.1 Potrzeby prowadzenia projektów badawczych w obszarze Systemów Obserwacji Ziemi	112
7.2 Projekt MOLAND	114
7.3 Projekt GEOLAND-2	117
7.4 URBAN ATLAS	120
7.5 URBANSAT	125

7.6	Porównanie produktów projektów badawczych	133
<b>ROZDZIAŁ 8</b>		135
<b>Aktualizacja baz danych przestrzennych w oparciu o teledetekcyjne źródła danych na przykładzie EGİB</b>		
8.1	Uwarunkowania formalne użycia danych teledetekcyjnych w aktualizacji EGİB	136
8.2	Pomiar stereoskopowy – geodezyjne pomiary fotogrametryczne	140
8.3	Pomiary na ortofotomapie	142
8.4	Skaning laserowy, modelowanie 3D	143
8.5	Aktualizacja rejestrów bazy EGİB z użyciem ALS	144
8.6	Możliwość zastosowania skaningu laserowego w katastrze 3D	147
<b>ROZDZIAŁ 9</b>		149
<b>Przykłady „dobrych praktyk” - zastosowań teledetekcji w jednostkach samorządu terytorialnego</b>		
9.1	Metody identyfikacji „dobrych praktyk” w zakresie stosowania Teledetekcji w jednostkach samorządu terytorialnego	150
9.2	MONIT-AIR	152
9.3	Cyfrowa Łódź 3D	157
9.4	G-SIP Konstancin-Jeziorna	161
9.5	Monitoring sytuacyjno-wysokościowy szkód górniczych na terenie Bytomia w ramach BIIP	165
9.6	Analiza zieleni miejskiej - Biuro Rozwoju Wrocławia	169
<b>ROZDZIAŁ 10</b>		174
<b>Współczesne potrzeby planowania przestrzennego i zarządzania przestrzenią</b>		
10.1	Sprawność zarządzania	175
10.2	Poszerzenie bazy wiedzy	178
10.3	Nowe pola poznawcze	180
10.4	Wyzwania i dylematy	182
10.5	Przemiany form pracy	185
10.6	Aspekt społeczny	188
10.7	Kierunki przemian	190
<b>WYKAZ SKRÓTÓW I OZNACZEŃ ORAZ WYKAZ ILUSTRACJI</b>		202
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		211
<b>STRESZCZENIA</b>		219

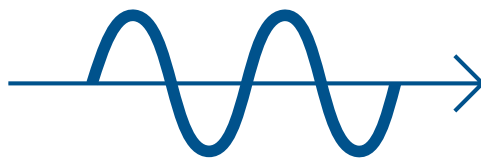


# WPROWADZENIE

**Teledetekcja i planowanie przestrzenne** to z pozoru dwie skrajnie odległe dziedziny nauki. Specjalista z dziedziny teledetekcji nie musi znać podstaw planowania przestrzennego, podobnie jak urbanista nie musi posiadać wiedzy z zakresu technik teledetekcyjnych. Jednak aktualne dane a także archiwalne zbiory, pozwalają na stały monitoring zachodzących zmian i podejmowanie właściwych decyzji oraz budowanie wiedzy pragmatycznej. Rolą autorów niniejszego opracowania jest przeprowadzenie czytelnika przez kluczowe zagadnienia i wskazanie przydatności teledetekcji w podejmowaniu decyzji w kierunku kształtowania wizji, projektowania przyszłości i tworzenia regulacji. Kolejne rozdziały traktujące szczegółowo o technikach prowadzenia obserwacji teledetekcyjnych, metodach analiz i zastosowaniach wyników wnioskowania oraz ich przykładów wiążą źródło informacji z jego przeznaczeniem.

Zanim zdefiniujemy pojęcia i stan techniki posłużymy się uproszczonym cybernetycznym opisem rzeczywistości, aby uzmysłowić prawidłowości leżące u podstaw technologii informacji i funkcjonowania organizmów/organizacji złożonych, do jakich niewątpliwie należy zaliczyć chociażby organizm miejski czy państwowy.

Organizm ludzki zdobywa ponad 80% informacji o otoczeniu w sposób zdalny, czyli teledetekcyjnie (bez kontaktu z wykrywanym obiektem). Promieniowanie elektromagnetyczne w określonych długościach fal odbija się od otaczających nas obiektów i trafia do oczu wzbudzając impulsy nerwowe budujące obrazy. Sygnały



te w większości są ignorowane, a tylko istotne są przetwarzane w celu wyciągnięcia wniosków o koniecznych reakcjach podejmowania uświadomionych bądź odruchowych decyzji, działaniach i strategiach. Ze względu na rozmiar postrzeganej informacji organizm ludzki nie przechowuje w pełni zarejestrowanej informacji, a jedynie jej szczątki. Najistotniejsze, wzmocnione emocjami wnioski z obserwacji wzrokowych, połączone z innymi informacjami o efektach i skutkach, zapisywane są w biologicznej pamięci i stanowią bazę wiedzy – decydują o doświadczeniu i mądrości, budują model świata służący do planowania i predykcji zdarzeń. Wzrok ludzki korzysta z pasma promieniowania elektromagnetycznego w zakresie ok. 400-700 nm, które to pasma są bardzo nośne informacyjnie w ziemskich warunkach. Inne gatunki, jak np. nietoperze czy niektóre węże korzystające życiowo z niszowego okresu nocnego pozbawionego albedo światła słonecznego, do budowania swojego modelu świata i realizacji celów życiowych wykorzystują echolokację (sonar oparty o falę akustyczną), lub promieniowanie innych zakresów, np. promieniowanie w zakresie podczerwieni termalnej emitowanej przez rozgrzane ciało istoty żywej. W przypadku istot żywych teledetekcyjne postrzeganie jest istotnym warunkiem zachowania życia i reakcji na zmieniające się otoczenie, ale sama obserwacja jest bezużyteczna jeżeli nie zostanie szybko i w mądry sposób zinterpretowana oraz wykorzystana do podjęcia właściwej decyzji – np. ominięcia przeszkody lub wykorzystania okazji. W organizmie musi istnieć zatem komponent interpretacyjny (rozpoznający i klasyfikujący) i komponent wartościujący (kojarzący obserwację z doświadczeniem i przyporządkowujący zidentyfikowanemu obiektowi czy zjawisku wartość), komponent decyzyjny (uruchamiający celowe

działania) oraz mechanizm wykonawczy (realizujący możliwie dokładnie zaplanowane decyzją działanie) i mechanizm kontrolny (sprawdzający stopień osiągniętego celu).

Innym, bardzo obrazotwórczym przykładem relacji teledetekcji z podejmowaniem decyzji są tworzone współcześnie dzieła człowieka - roboty i maszyny bezzałogowe np. autonomiczne pojazdy. Autonomiczne samochody wyposażone w szereg sensorów teledetekcyjnych o wiele szerszym spektrum obserwacji niż zmysły człowieka (kamery, sonary, lidar, radar) identyfikują w swoim cybernetycznym „mózgu” pojęcia i położenie wykrytych w swoim otoczeniu obiektów. Najistotniejsze nie jest samo obrazowanie, ale procedury rozpoznające obiekty, np. znaki pionowe i poziome, sygnalizację świetlną, innych uczestników ruchu oraz dalsze etapy przetwarzania informacji. Algorytmy klasyfikują pomiary i rozpoznają obiekty, oraz nadają im znaczenie w celu podjęcia decyzji wykonawczych - swoistych odruchów w celu uniknięcia kolizji i realizacji celu, w którym zostały stworzone. Z uwagi na aktywne kreowanie rzeczywistości i zdarzeń, mogące wpływać na zdrowie i życie człowieka, maszyny te wyposażane są w systemy podejmowania decyzji również o charakterze etycznym i ekonomicznym. Podobnie jak w przypadku organizmów żywych organizacja procesu pełnego wykorzystania informacji musi zawierać oprócz komponentu teledetekcyjnego komponent interpretacyjny, wartościujący, decyzyjny, wykonawczy i monitorujący.



Rys. 2.1 Robot Boston Dynamics dzięki teledetekcji i technikom GNSS zachowuje orientację w przestrzeni i porusza się wśród przeszkód (źródło Boston Dynamics).

Po przykładach organizmów wykorzystujących teledetekcję do wywoływania reakcji w czasie rzeczywistym, przychodzi pora na właściwą analogię z organizmem miejskim i społecznym, którego dotyczy planowanie przestrzenne, a w którym procesy przebiegają o kilka rzędów wielkości wolniej i które to procesy są przedmiotem rozważań w niniejszej publikacji. Umiejscawiając teledetekcję



w jej faktycznym położeniu, czyli jako zestaw sensorów informujących o fizycznym stanie organizmu miejskiego i jego otoczeniu oraz planowanie przestrzenne jako element decyzyjny, należy wskazać, że aby wykorzystać obserwacje fizyczne muszą istnieć inne komponenty informatyczne takie jak: komponent interpretujący, komponent kojarzący, komponent wykonawczy i monitorujący. Współdziałanie tych komponentów ostatecznie kształtuje proces świadomego planowania i zarządzania przestrzenią i daje możliwość pełnego skutecznego działania.

Analizowane w podręczniku w rozdziale 10 niniejszego opracowania „dobre praktyki” wykorzystujące produkty teledetekcji zawsze rozpatrywane są w kontekście innych danych, w kontekście celu i w kontekście konkretnego rozwiązania informatycznego, które pozwala na właściwe wnioskowanie i tworzenie produktów informacyjnych służących do podejmowania decyzji. Wydaje się, że systemy GIS/SIP, zwłaszcza w dużych ośrodkach miejskich staną się swoistym centrum dowodzenia miastem i centrum podejmowania decyzji, również tych związanych z planowaną przyszłością i ładem przestrzennym. Idea SmartCity spinająca informatycznie i logicznie całokształt funkcjonowania miasta staje się swoistym „systemem nerwowym” organizmu miejskiego, a zasilanie tego systemu danymi teledetekcyjnymi będzie nieodłącznym elementem sprawnego jego funkcjonowania. Dziś wyróżniane oddzielnie dziedziny staną się komponentami jednego ciągłego procesu, z którego już nie da się już bez upośledzenia wyłączyć któregośkolwiek z nich.

Idea cybernetycznego zarządzania organizmem miejskim zostanie przeniesiona również na inne obszary, między innymi na obszar zarządzania państwem, gdyż złożoność struktur organizacyjnych przekracza bezpośrednie zarządcze i interpretacyjne możliwości ludzkiego umysłu, a techniczna możliwość informatyzacji wielu procesów jest realna i co więcej opłacalna ekonomicznie.

*Pojęcie teledetekcja (ang. remote sensing) zostało wprowadzone na początku lat 60 ubiegłego wieku przez Evelyn L. Pruitt z Office of Naval Research. Początkowo oznaczało ono obserwację i pomiar obiektów odfotografowanych na zdjęciach lotniczych. Z czasem określeniem tym zaczęto obejmować pozyskiwanie danych o środowisku geograficznym za pomocą urządzeń rejestrujących różne zakresy promieniowania elektromagnetycznego w celu ich przetworzenia na użyteczne informacje. Słowo teledetekcja zostało utworzone w wyniku połączenia greckiego tele - daleko i łacińskiego detectio - wykrywać, ujawniać (Ciołkosz, 1989).*

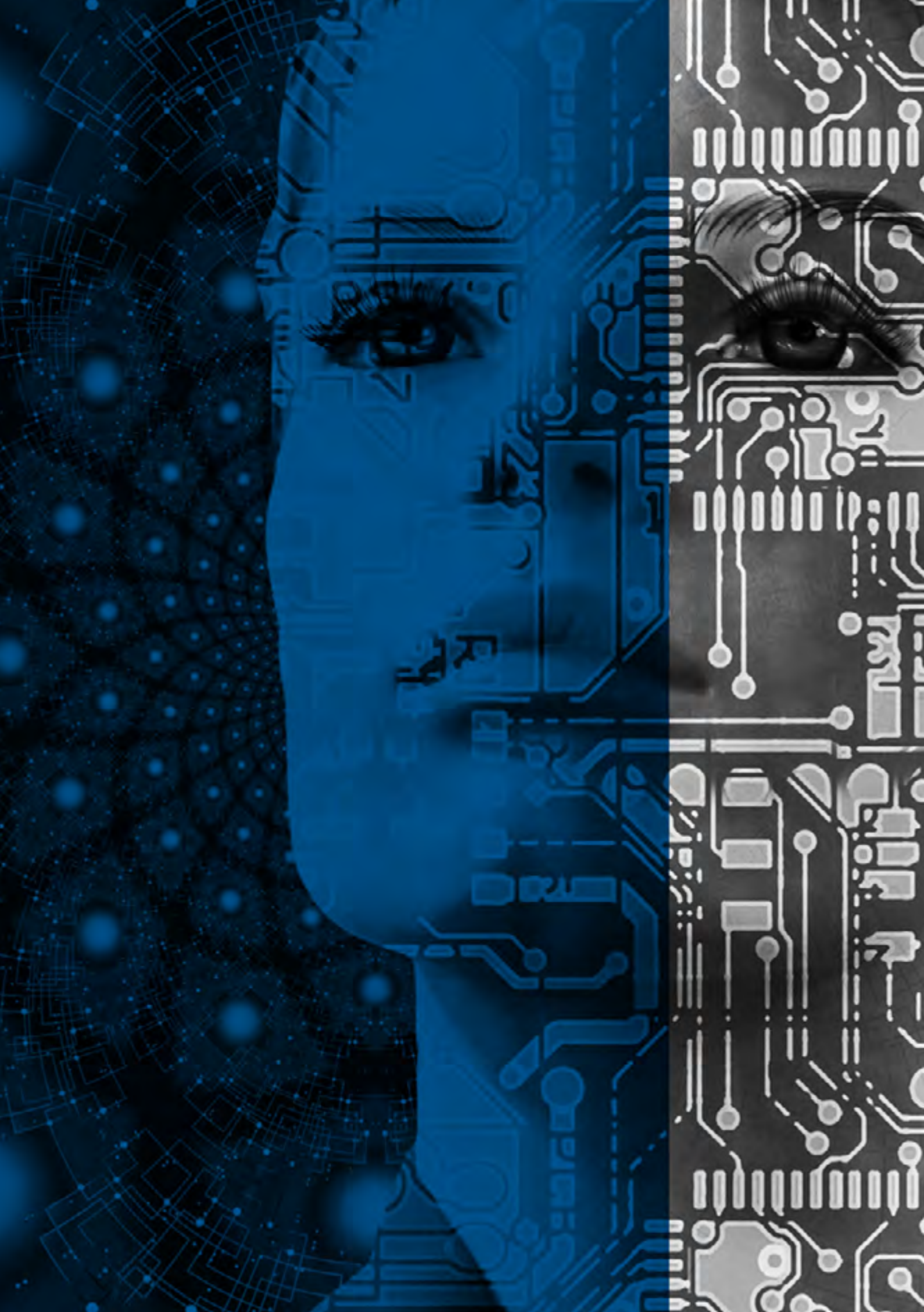
Obecnie używa się dość obszernej definicji, którą dla precyzji należy przytoczyć w całości za różnymi źródłami. W roku 1988 Międzynarodowe Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS) zdefiniowało teledetekcję wspólnie z fotogrametrią jako „dział nauk technicznych zajmujących się pozyskiwaniem wiarygodnych informacji o obiektach fizycznych i ich otoczeniu drogą rejestracji, pomiaru i interpretacji obrazów lub ich reprezentacji cyfrowych uzyskiwanych dzięki sensorom nie będącym w bezpośrednim kontakcie z tymi obiektami” (za Sitek, 1992, 2000). Identyczną definicję



teledetekcji przyjmuje PAU w swoim Słowniku Geoinformatycznym. (Słownik Geoinformatyczny PAU, 2001). Obecnie ISPRS rekomenduje ogólną definicję określającą teledetekcję jako „pomiar lub pozyskanie informacji poprzez instrument, który nie ma bezpośredniego kontaktu z badanym obiektem lub zjawiskiem” (Committee on Earth Observations Satellites CNES (CEOS, 2000).

W roku 1989 geografowie, A. Ciołkosz oraz A. Kęsik teledetekcję zdefiniowali jako „teorię i metody pozyskiwania i interpretowania danych będących wynikiem rejestracji promieniowania elektromagnetycznego odbitego lub emitowanego przez różnego rodzaju obiekty” (Ciołkosz, Kęsik, 1989). Najistotniejszą cechą teledetekcji jest zatem pozyskiwanie, przetwarzanie i analizowanie informacji o badanych obiektach lub zjawiskach za pomocą promieniowania elektromagnetycznego, magnetycznego lub fal akustycznych. Fale te mogą być emitowane lub odbijane od badanych obiektów. Istotnym faktem, jest to, że całość procesu odbywa się w sposób zdalny, czyli detektor sygnału, nie ma fizycznego kontaktu z obiektem lub zjawiskiem będącym przedmiotem zainteresowania (de Jong, van der Meer, 2004). Tak ogólna definicja teledetekcji pociąga za sobą szereg klasyfikacji. Najbardziej podstawowy, to podział wynikający z poziomu pozyskania informacji. Jeśli detektor rejestrujący promieniowanie umieszczony jest na satelicie, to taki poziom nazywany jest satelitarnym. Inne poziomy to lotniczy lub naziemny. Każdy z poziomów dostarcza innej informacji i wymaga zastosowania specjalnych procedur w pozyskaniu i przetworzeniu informacji (Zagajewski et al., 2010).

Należy zauważyć, że definicja teledetekcji jest szeroka i współcześnie nie może być kojarzona wyłącznie z obserwacjami Ziemi, zwłaszcza z pułapu satelitarnego czy lotniczego, jak to czyniono w momencie zdefiniowania pojęcia. Zbyt zawęża to obszar stosowanych współcześnie technik teledetekcyjnych. W czasach tworzenia pojęcia nie istniały systemy obrazowania i przetwarzania, które dziś dają produkty, o których mogli jedynie pomarzyć ojcowie teledetekcji. Ponadto, duża część istotnej gospodarczo informacji dla planowania przestrzennego zbierana jest z pułapu naziemnego i służy chociażby automatycznej lub półautomatycznej inwentaryzacji terenowej, jak technologie MMS inwentaryzacji pasa drogowego, metody inwentaryzacji reklam i treści umieszczanych w przestrzeni publicznej, stanu budynków i audyt termiczny, fotografia naziemna służąca określaniu pojemności widokowej środowiska, metody szacowania ilościowego i jakościowego surowców w przemyśle czy miejski monitoring wizualny i rozpoznawanie osób po stylu poruszania się, - wymykają się pierwotnej definicji teledetekcji. Uległy również zmianom metody wnioskowania z danych teledetekcyjnych. Dużą rolę odgrywa klasyfikacji obiektowa, metody sztucznej inteligencji i rekombinacja wielu źródeł informacji, etc. Powyższe czynniki sprawiają, że definicję teledetekcji należy pozostawić lekko niedomkniętą gdyż wydaje się, że wchodzi ona w fazę jeszcze gwałtowniejszego imaćo przewidywalnego rozwoju.





# ROZDZIAŁ 2

ROLA INFORMACJI  
PRZESTRZENNEJ  
W PROCESIE PLANOWANIA  
PRZESTRZENNEGO

# 2.1

## Planowanie przestrzenne jako usługa informacyjna

Planowanie przestrzenne jest usługą informacyjną – polega na pobieraniu, selekcji, ocenie, przetwarzaniu i wytwarzaniu informacji. Zarówno surowcem jak i produktem w procesie planowania są wartości niematerialne: informacje. Materialny charakter ma jedynie nośnik informacji, ale i to nie w każdym przypadku. To, jakie informacje i w jaki sposób są przetwarzane, decyduje o jakości produktów, które proces planowania przestrzennego wytwarza. Jeśli chcemy dbać o jakość otaczającej przestrzeni to zależy nam na poprawie jakości planowania przestrzennego, jako systemu który steruje lub co najmniej w istotny sposób wpływa na fizyczny stan przestrzeni. Powinniśmy zatem poszukiwać instrumentów poprawiających jakość przetwarzanych i wytwarzanych w procesie planowania informacji oraz płynność jej obiegu. Planowanie „*po ciemku*”, bez właściwej informacji, w dzisiejszych czasach jest z wielu powodów nieskuteczne.

Przez wiele lat informacja traktowana była jako istotna składowa głównie wstępnej fazy działań, związanych z planowaniem rozwoju. Na podstawie zbieranych informacji (inventaryzacja, kwerenda itp.) budowano zręby analityczne i koncepcyjne a następnie uszczegóławiano założenia kierunków rozwoju lub zagospodarowania przestrzennego. Oczywiście istotna też była faza końcowa, gdy ustalenia poczynione w ramach czynności planistycznych „*podawano do publicznej informacji*” i upowszechniano. W takim modelu informacja była narzędziem procesu planistycznego, stąd kwestie jej obiegu, były w zasadzie wewnętrzną sprawą organizacyjną służb podejmujących działania planistyczne.



Rys. 2.1 Gołębie pocztowe z aparatem fotograficznym wykonującym zdjęcia co 30s. Rozwiązanie teledetekcyjne objęte ochroną patentową z roku 1903 i współczesny dron (źródło Geoforum.pl\Navigate sp. z o.o.).

Zdzisiejszego punktu widzenia taki stan rzeczy uznać należy za miniony, wynikający z niedoszacowania roli informacji w procesie rozwoju. W sferze zagadnień rozwoju gospodarczego zainteresowanie istotą i rolą informacji wzrosło po światowym uznaniu prac

G. Akerlof'a, M. Spence'a i J. Stiglitz'a, zajmujących się tzw. „ekonomią informacji”, czyli badaniem w jaki sposób informacja wpływa na gospodarkę i decyzje gospodarcze. W świetle tych badań należy uznać, że informacja przestrzenna, czyli informacja o zasobach przestrzeni, posiadająca silny komponent geograficzny (lokalizacyjny), nie tylko decyduje o zachowaniu podmiotów publicznych, ale może też wpływać na decyzje podmiotów gospodarczych, czy też decyzje obywateli.

Wraz z erą informacji zmienia się więc sposób dochodzenia do decyzji lokalizacyjnych, a rola informacji w procesie planowania rozwoju ulega znaczącym przewartościowaniom. Dziś nie jest ona głównie podstawą decyzji projektowych urbanisty, a wpisuje się w procesowy model systemu decyzyjnego gospodarki przestrzennej, w którym istotne funkcje pełnić ma monitoring przestrzenny. W ten sposób realizuje się w praktyczny sposób idea planowania zintegrowanego. Ilość i pochodzenie informacji stanowią jeden z istotnych wyznaczników zmian w procesie planowania. Tworzenie infrastruktury informacji przestrzennej jest zaawansowanym przejawem tego typu działań (Borsa M. et al., 2011; Borsa M., 2011).

Skrótowo ujmując, rola informacji w procesie planowania rozwoju ewoluuje z tradycyjnego ujęcia, gdzie była podstawą decyzji projektowych urbanisty, w kierunku ujęcia procesowego, w którym stanowi jedną z najważniejszych składowych systemu decyzyjnego – w którym istotne funkcje pełni monitoring przestrzenny, wspierając realizację idei planowania zintegrowanego, ciągłego, czy też „*kroczącego*”. Ilość i pochodzenie informacji stanowią jeden z istotnych wyznaczników zmian w procesie planowania. Pozornemu nadmiarowi informacji towarzyszy jej niedosyt, jeśli chodzi o kompletność i wiarygodność. Techniczna łatwość dostępu do informacji powoduje paradoksalnie wysoki koszt jej pozyskania ze względu na konieczność selekcji. Przełamanie tych ograniczeń wymaga działań ze strony władz. Elementem tych działań jest tworzenie infrastruktury informacji przestrzennej.

## 2.2

### **Ewolucja systemu planowania**

Społeczeństwo postindustrialne zaczyna w większym stopniu niż niegdyś interesować się jakością środowiska swojego życia. Demokracja i model społeczeństwa obywatelskiego wymagają urzeczywistnienia większego wpływu obywatela na decyzje. Tak więc system prawny, obejmujący m.in. planowanie przestrzenne, nie jest w stanie zapewnić oczekiwanej jakości przestrzeni bez aktywnego udziału społeczeństwa. Kluczowym czynnikiem przemian w tym zakresie staje się upowszechnianie dostępu do informacji o przestrzeni. Pojawia się coraz powszechniejsze oczekiwanie, aby informacje z zakresu polityki przestrzennej władz oraz dane pochodzące ze stałego monitoringu przestrzeni były znane szerokiej publiczności. Ma to ułatwić zrozumienie zagadnień przestrzennych, zapewnić współudział w decydowaniu o kierunkach rozwoju, ale przede wszystkim powinno przyczynić się

do racjonalizacji decyzji przestrzennych. Dostęp do rzetelnej informacji może stać się w praktyce najważniejszym i najskuteczniejszym z instrumentów polityki publicznej w tym zakresie. Szczególną rolę mogą odegrać systemy geoinformacyjne, umożliwiające bezpośredni dostęp do informacji przestrzennych za pośrednictwem Internetu.

Polski system planowania przestrzennego jest od wielu lat w stanie permanentnego kryzysu, którego nie da się pokonać modyfikując recepty skuteczne w przeszłości. Czasy się zdecydowanie zmieniły, i nawet jeśli wiele rzeczy w międzyczasie zaniedbano, także w legislacji, to i tak kryzys systemu planowania by nastąpił. Wynika on z ewolucji cywilizacji, społeczeństwa, systemu wartości, no i także, ale na końcu - samej dyscypliny gospodarki przestrzennej. Planowanie przestrzenne w gospodarce „socjalistycznej” miało inne miejsce niż w gospodarce rynkowej. Obok funkcji normatywnej i regulacyjnej a często represyjnej wobec właścicieli gruntów, było miejscem formułowania roszczeniowych programów inwestycyjnych wobec centralnego dystrybutora środków inwestycyjnych. W reformach ustrojowych tej zmiany roli nie zauważono, osłabiono regulacyjną funkcję planowania przestrzennego, przekształcając w fakultatywny instrument polityki przestrzennej władz, mało skuteczny i słabo powiązany z innymi instrumentami ekonomicznymi i prawnymi regulującymi sferę gospodarki przestrzennej. Te „dodatkowe” instrumenty często się zaniedbuje lub omija, natomiast próbuje wzmacniać metodę strefowania funkcjonalnego, którą za granicą poddano krytyce już przed ponad pół wiekiem. W Polsce sprawdzała się ona dłużej, z uwagi na ustrój polityczny i specyficzny okres wzmożonej urbanizacji – do końca lat 70-tych (Borsa M., 2015; Markowski T., Borsa M., 2017).



Generalnie polityka przestrzenna ma na celu nakłonienie obywateli i inwestorów do określonych zachowań przestrzennych. Planowanie przestrzenne jest instrumentem, dzięki któremu można wprowadzić ograniczenia w sposobie użytkowania terenu. Jest to instrument skuteczny ale długotrwały proceduralnie, nienadążający za dynamicznymi zmianami w sferze gospodarczej i społecznej a ponadto kosztowny, dlatego władze niechętnie go stosują. Brak spójnego regulacyjnego systemu planowania przestrzennego na wszystkich poziomach władz publicznych próbuje się pokonać różnorodnymi trikami. Nie są one skuteczne wobec 2,5 tysiąca samorządów, więc przynoszą także kryzys w fizycznej przestrzeni, zwiększając chaos i niekontrolowane rozlewanie się urbanizacji. Wykorzystując „furtki” do zabudowy terenów nie objętych planem, samorządy, właściciele gruntów i deweloperzy odnieśli „pyrrusowe” zwycięstwo nad restryktywnym planowaniem - niby wygrywali kolejne bitwy legislacyjne, ale w efekcie przegrali wiele własnych cennych zasobów, część z nich na trwałe.

W obecnym polskim systemie prawnym państwo i społeczeństwo mają do wyboru szeroką gamę instrumentów i typów interwencji dla wdrażania polityk publicznych. Można stosować dość szeroką gamę różnych narzędzi, w różnych proporcjach, formach i nasileniu. Ale państwo może



działać także na rzecz zwiększania skali wyboru, które ma przed sobą obywatel lub nakłaniać go do unikania określonych wyborów. Może utrudniać dostęp do niektórych potencjalnych możliwości lub nakierowywać na dokonanie określonego wyboru lub zmianę przyzwyczajeń, na



przykład poprzez zwolnienia podatkowe. Dlatego tak ważne jest uspołecznienie polityk i wsparcie udziałem społecznym, partycypacją czy podnoszeniem odpowiedzialności grup zawodowych zaangażowanych w ich realizację. Często więc tworzenie „dobrej” i skutecznej polityki zależy od udostępnienia informacji, pochodzącej z różnorodnych źródeł – wiedzy ekspertów, dostępnych badań, istniejącej statystyki, konsultacji interesariuszy polityk, ewaluacji poprzednich polityk itp.

Równolegle występuje też kryzys tradycyjnych instrumentów sterowania rozwojem. Realizacja integracyjnej funkcji planowania przestrzennego napotyka na trudności, ze względu na niską świadomość korzyści z takiej integracji wśród podmiotów zaangażowanych w procesy rozwoju lub zagospodarowania przestrzeni. Nawet w warunkach bardzo ograniczonego przepływu informacji przestrzennej, decyzje podmiotów publicznych, podejmowane przez nie na podstawie rozpoznania cech przestrzeni, a polegające na określonym zakresie i lokalizacji inwestycji publicznych (najczęściej infrastrukturalnych) powodują, że informacja przestrzenna, nawet nieudostępniana publicznie, pośrednio wpływa na zachowania podmiotów gospodarczych.

## 2.3

### Dostępność informacji przestrzennej

Informacja może też być instrumentem polityki przestrzennej, co nie jest tożsame z „*nie robieniem niczego*”. Wymaga od władz monitorowania sytuacji, np. zmian w przestrzeni i innych skutków własnej polityki przestrzennej, działań różnych podmiotów w przestrzeni, a także dynamiki warunków, w jakich te działania przebiegają. Procesy te są często słabo rozpoznane, zwłaszcza w bardziej złożonych strukturach przestrzennych. Oczywiście do instrumentów informacyjnych zaliczyć należy nie tylko działania zmierzające do pozyskiwania informacji, ale także do jej gromadzenia, harmonizacji i udostępniania, gdyż tylko informacje będące w obiegu i docierające do zainteresowanych adresatów można uważać za część systemu polityki przestrzennej.

W ostatnich latach zrobiono wiele dla usprawnienia dostępu społeczeństwa do informacji o środowisku, rozumianym nie tylko jako przyroda, ale środowisko życia, czyli to co możemy nazwać „przestrzenią” w języku planowania przestrzennego. Inicjatywa Unii Europejskiej INSPIRE otwarła obiecujące możliwości także przed planowaniem przestrzennym, dając narzędzia „inspirowania” właściwych zachowań w społeczeństwie obywatelskim. Ale musi temu towarzyszyć klarowna



polityka przestrzenna, wspomagana przez planowanie przestrzenne, inne niż mamy je dzisiaj, wspierające osiąganie celów społecznych czy politycznych, nie bez wpływu na gospodarkę. Takiego podejścia należałoby oczekiwać także od nowych rozwiązań legislacyjnych.

Jeśli publiczny dostęp do informacji przestrzennej ulegnie zwiększeniu – wpływ tej informacji na zachowania podmiotów gospodarczych będzie jeszcze silniejszy i bardziej bezpośredni. Z tego typu procesami intensyfikacji dostępu do informacji mamy do czynienia obecnie. Wynika to z jednej strony z rozwoju możliwości technicznych, przy jednoczesnej zmianie wzorca zachowań czy oczekiwań społecznych, traktujących dostęp do informacji jako istotne prawo obywatela. W tych warunkach można zatem informację przestrzenną traktować jako jeden z istotnych czynników rozwoju, którego znaczenie będzie rosło wraz z postępem technicznym i społecznym.

Upowszechnienie geoinformacji i wprowadzenie wymogów infrastruktury informacji przestrzennej do procedur planowania przestrzennego, spowodować może uporządkowanie i racjonalizację istniejącego, nisko wydajnego systemu, m.in. poprzez jaśniejsze precyzowanie zadań i odpowiedzialności.

*Można oczekiwać, że nastąpią następujące podstawowe zmiany:*

- *Nowo sporządzane dokumenty planistyczne (plany) będą oparte o zupełnie nowy typ danych referencyjnych, oczywiste będzie więc ich sporządzanie przy użyciu technologii GIS, z użyciem dostępnych danych referencyjnych.*
- *Nastąpi stopniowe wydzielenie części analitycznej procedur planistycznych w formie stałego monitoringu stanu przestrzeni; dostawcy danych do tego monitoringu będą zdywersyfikowani, a dostęp do informacji przestrzennej będzie szybszy i tańszy.*
- *Główne dokumenty planistyczne zawierać będą odwołania do informacji i ustaleń pochodzących ze zdywersyfikowanych źródeł; nastąpi wydzielenie warstwy podstawowych informacji planistycznych, określających obecne i przyszłe zagospodarowanie przestrzenne obszarów objętych planami w sposób zestandaryzowany.*
- *W oparciu o tak zarysowany model zapisu nastąpi cyfryzacja „starych” dokumentów planistycznych.*
- *Nastąpi rozwój form dyskusji publicznej nad rozwiązaniami w zakresie kształtowania przestrzeni, z użyciem Internetu. Będzie to miało również wpływ na formułę procedury zatwierdzania dokumentów planistycznych, z preferencją dla technologii cyfrowych.*
- *Nastąpi racjonalizacja zapisu planistycznego w kierunku jego standaryzacji i precyzji przestrzennej (dziedziczenia granic, ścisłych delimitacji, nieskomplikowanej kategoryzacji). Wiele ustaleń zostanie współdzielonych z innymi podmiotami, nastąpi zatem przejmowanie ich słownictwa, a własne nazewnictwo ulegnie uproszczeniu, dla ułatwienia współdziałania i prezentacji w sieci.*

- *Także stosowane w tym zapisie symbole graficzne ulegną uproszczeniu, gdyż nie będzie konieczne jednocześnie oglądanie zbyt wielu warstw tematycznych. Mogą pojawić się indywidualne palety do specyficznych zobrazowań, które będą zastępować użytkownikowi palety standardowe.*
- *Sposób dokumentowania prac planistycznych będzie polegał na właściwym opracowaniu metadanych do poszczególnych typów i faz wykonywania dokumentów planistycznych.*
- *Stopniowo udostępniane będą kolejne usługi danych przestrzennych, przewidziane przez INSPIRE. Mogą pojawiać się propozycje nowych usług, wyszukujących tereny o określonych cechach. Nie będą to jednak raczej aplikacje przeznaczone dla szerokiej publiczności a dla specjalistów z zakresu gospodarki przestrzennej i inwestorów.*
- *Rozwiązania techniczne będą coraz częściej bazowały na dzierżawie danych i oprogramowania poprzez odpowiednie usługi sieciowe. (Borsa M., et al., 2007)*

Jest wielce prawdopodobne, że nowy sposób dostępu do informacji przestrzennej wpłynie przede wszystkim na zawartość dokumentów planistycznych. Rewolucją jest już sam fakt wycofania mapy zasadniczej, jako tradycyjnego „podkładu” dla opracowań planów zagospodarowania przestrzennego i oparciu rysunku planów na graficznych danych referencyjnych, dostępnych za pomocą Internetu. Ale w dłuższej perspektywie wymusi to drastyczną zmianę całego warsztatu planistycznego, nakazując wręcz, choć nie wprost, stosowanie cyfrowych narzędzi przy sporządzaniu graficznych części dokumentów planistycznych. Inny sposób pracy „planisty” nie będzie już możliwy, gdyż nie zapewni odpowiedniego poziomu zgodności danych, niezbędnego dla wpisania w obowiązujący układ georeferencyjny.

## 2.4

### Potrzeba standaryzacji

Inną kwestią wymagającą rozwiązania będzie standard tworzenia danych w procesie planowania. Oczywiście trudno jest dokładnie przewidzieć w jakim kierunku ostatecznie podążą zmiany, ale nie wydaje się, aby system zapisu planów zagospodarowania przestrzennego uległ jakiejś rewolucyjnej przebudowie. Będzie trochę bardziej usystematyzowany, ale w swej istocie nie będzie się wiele różnił od obecnego. Jednak prawdopodobnie pojawi się konieczność wydzielenia ograniczonego zestawu podstawowych ustaleń dokumentów planistycznych, który sprawiłby, że informacja na temat zagospodarowania przestrzennego w Polsce będzie w sposób skuteczny dostępna dla każdego obywatela. Można się spodziewać, że zapis dokumentów planistycznych zostanie podzielony na dwie warstwy: obligatoryjną, standaryzowaną w przekroju europejskim, lecz zawierającą bardzo ograniczony zakres informacji i indywidualną, wypełniającą pozostałe zadania, wynikające z funkcji dokumentu w systemie planowania przestrzennego danego obszaru – kraju, regionu, miasta, obszaru funkcjonalnego.

Należy rozróżniać „*obecny*” lub „*przyszły*” wymiar funkcjonalny zagospodarowania przestrzennego. W praktyce są to dwa zupełnie odmienne zagadnienia, kierujące się odmiennymi procedurami administracyjnymi i definiowane przy użyciu całkowicie odmiennych metod i instrumentów. O ile bowiem obecny kształt funkcjonalny możliwy jest do określenia na podstawie obiektywnych analiz, to przyszły może być co najwyżej domniemany i zależy przede wszystkim od sprawności samego systemu planowania przestrzennego i stosowanych w nim narzędzi. To, co różni polski system planowania przestrzennego od większości systemów europejskich to brak pokrycia planami całego obszaru, a więc nieciągłość danych przestrzennych w tej sferze.

Jedną z kluczowych kwestii metodologicznych planowania przestrzennego jest jednoznaczność opisu planistycznego, która ogranicza często praktykowane w Polsce kompromisy typu „*usługi w zieleni*”. Warunek jednoznaczności może istotnie zmodyfikować stosowaną w kraju metodologię planistyczną, a w konsekwencji także regulacje prawne. Dla harmonizacji wskazane jest bowiem słownikowanie stosowanych pojęć, co zmusza do uproszczeń. Może rodzić to trudności w akceptacji samej idei słownika przez profesjonalistów. Chodzi tu nie o słowniki lingwistyczne dla tłumaczy, a o praktyczną listę terminów używanych w dokumentach planistycznych. Znając drażliwość „*środowiska planistycznego*” we wszelkich kwestiach reformy metodologii, należy spodziewać się tu dużego oporu. Planowanie przestrzenne to jednak nie jedyna dziedzina, która przeżywa takie „*wstrząsy*” – podobnie było np. w geologii: na szczęblu międzynarodowym zestandaryzowano podstawowe terminy oraz wskazano na sposób tworzenia własnych rozszerzeń.

Rozwiązania standaryzacyjne w planowaniu przestrzennym bazować będą prawdopodobnie na słowniku HILUCS – Hierarchical INSPIRE Land Use Classification System (Hierarchiczny System Klasyfikacji Użytkowania Terenu dla INSPIRE). Poddaje on standaryzacji podstawowe terminy związane z zagospodarowaniem przestrzennym oraz wyznacza ramy tworzenia własnych rozszerzeń. Katalog słownikowy HILUCS ma strukturę hierarchiczną, zbudowaną na trzech poziomach. Poziom pierwszy zawiera jedynie

13 kategorii i tylko one prawdopodobnie będą harmonizowane na poziomie „*europejskim*”. Rolą HILUCS-a jest skatalogowanie pojęć a nie ich tłumaczenie na poszczególne języki Unii Europejskiej, funkcja ta też jest realizowana, lecz jakby „przy okazji”. Bardziej jednak istotne są nie tyle kwestie językowe, co metodologiczne – katalog słownikowy powinien obejmować wszystkie pojęcia używane w praktyce planowania przestrzennego. Ponieważ metodologie różnią się w przekroju poszczególnych krajów, to wykonanie takiego uniwersalnego słownika dla całej Unii Europejskiej jest zadaniem niezwykle trudnym. Należy zaznaczyć, że kompetencje organów wspólnotowych nie obejmują zagadnień planowania przestrzennego, w związku z tym dziedzina ta nie była nigdy przedmiotem działań standaryzacyjnych ani prób koordynacji metodologicznej w wymiarze ponadnarodowym.

# HILUCS

Przez ostatnie dwie dekady zrobiono zadziwiająco dużo, jeśli chodzi o informatyzację zagadnień przestrzennych i cyfryzację planowania przestrzennego, nie wspominając szerszego tła dynamicznego rozwoju geoinformacji. Plany zagospodarowania przestrzennego, a także Studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, cyfryzuje się od około 15 lat. Wydano na ten cel dość dużo pieniędzy, ale uzyskano też poważny dorobek merytoryczny. Niestety za podstawowy



błąd można uważać przede wszystkim brak dbałości o zasady aktualizacji zasobów oraz o harmonizację z innymi zasobami – dane „planistyczne” traktowano najczęściej autonomicznie, bez powiązania z innymi danymi. Ale nawet w tym niedoskonałym dorobku praktycznym, powstałym w wyniku rozporoszonych indywidualnych doświadczeń, obnażone zostały niektóre słabości polskiego systemu planowania przestrzennego. Przede wszystkim zagubiona została w nim jasność podstawowego celu regulacyjnego tj. określanie w miarę

jednoznacznego sposobu użytkowania terenu. Przy rozmyciu tego celu zagubiona została także, wynikająca z niego, skuteczność systemu. Można przypuszczać z dużym prawdopodobieństwem, że rozmycie celu wynika m.in. z faktu, że nie stosuje się ujednoliconej terminologii w zakresie sposobów użytkowania terenu, a pozostawia to do indywidualnej „twórczej” decyzji osoby przygotowującej plan. Tak więc używana terminologia jest zróżnicowana, bywa przypadkowa, obszerna a często nieprecyzyjna lub wręcz znaczeniowo niepoprawna. W związku z tym cały system planowania jest słaby – zarówno od strony „podażowej” (od strony jakości wytwarzania dokumentów), jak i nieskuteczny w praktyce (we wdrażaniu).

## 2.5

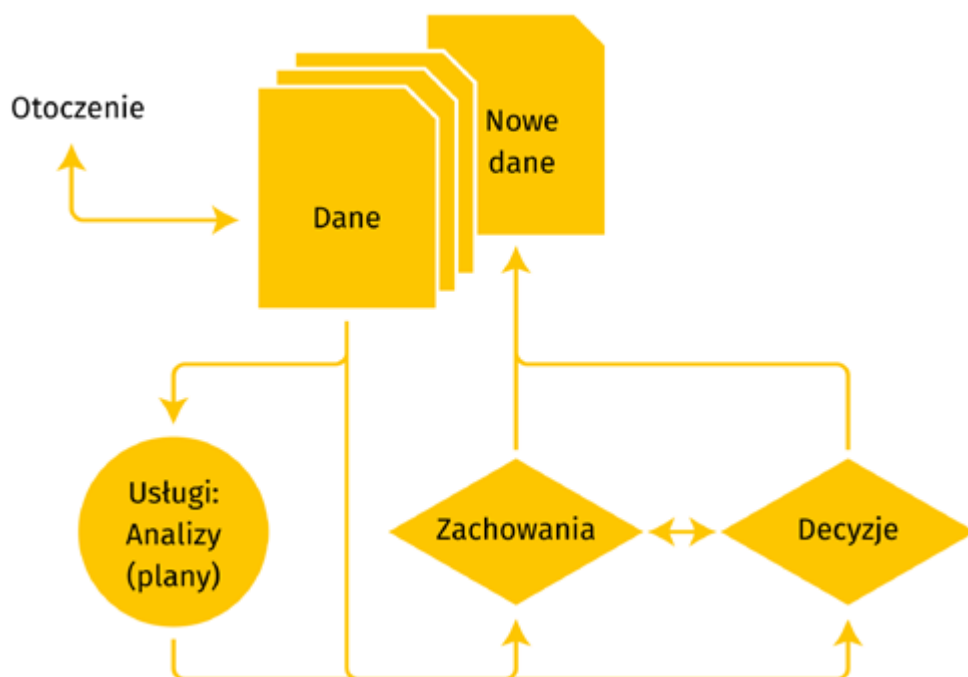
### Harmonizacja danych przestrzennych

Standaryzacja danych tworzy nową jakość danych przestrzennych i otwiera zupełnie nowe możliwości, wynikające z interoperacyjności danych i związanych z nimi usług informacyjnych. Pod tym terminem rozumie się możliwość łączenia zbiorów danych przestrzennych z różnych źródeł oraz współdziałania szerokiej oferty usług danych przestrzennych, w taki sposób, aby wynik był spójny. Zwiększa to praktyczną wartość zgromadzonych zbiorów i podwyższa efektywność usług danych przestrzennych. Tworzą one „infrastrukturę informacji przestrzennej”.

Warunkiem interoperacyjności jest harmonizacja danych. Termin „harmonizacja” oznacza doprowadzenie do zgodności, wzajemnego dopełniania się, zgodnego współdziałania. Harmonizacja danych przestrzennych zapewnia dostęp oraz umożliwia łączenie danych przestrzennych w sposób

spójny z innymi danymi, korzystając z usług sieciowych oraz stosując wspólne specyfikacje danych. Harmonizacja jest więc warunkiem interoperacyjności.

Harmonizacja danych przestrzennych tworzy nowe warunki dla obiegu informacji przestrzennej, poszerzając zakres dostępnych źródeł danych. W tym nowym modelu system planowania przestrzennego przestaje być jedynym a staje się jednym z wielu „producentów danych”, podobnie jak jest jednym z wielu ich „konsumentów”. Staje się częścią szerszego systemu obiegu informacji o środowisku. Działając w szerszym otoczeniu, pozostaje ważnym uczestnikiem obiegu informacji, ale już nie autonomicznym i nie samym dla siebie. Sposób obiegu informacji w takim zintegrowanym i zharmonizowanym systemie ukazuje załączony schemat (Borsa M., 2012).



Rys. 2.2. Schemat obiegu informacji przestrzennej w warunkach harmonizacji zbiorów danych. (źródło:(Borsa M., 2012)).

Dane dostępne w sieci pozyskiwane są nie tylko z wewnętrznych procedur planistycznych (analiz czy decyzji) ale przede wszystkim z „otoczenia” procesu planowania, dostarczającego różnorodnych danych, m.in. referencyjnych dla procesu monitoringu przestrzeni. Głównie będą to dane dotyczące środowiska, ale stopniowo będą dochodzić do nich inne dane o przestrzeni. Wszystkie te dane muszą być zharmonizowane, co tworzy podstawę systemu monitoringu przestrzennego. Usługi

dostępne w sieci, z których korzystanie zależy od jednostkowego wyboru, będą umożliwiać dobór i interpretację danych przestrzennych pod kątem zainteresowań (dylematów, problemów) indywidualnego użytkownika.

*Dzięki tym usługom informacja staje się wiedzą, a ta przerodzić się może w:*

- *świadomość i odpowiedzialność dotyczącą przestrzeni u obywateli,*
- *pożądane, kierujące się szerszym spojrzeniem (prospołecznym) zachowania inwestorów,*
- *wyższą jakość w zarządzaniu przestrzenią przez władze publiczne.*

Należy zaznaczyć, że dzięki technologii „**big data**” zachowania przestrzenne obywateli i inwestorów mogą być rejestrowane a następnie przetwarzane na dane, dostępne w ramach sieci. Da to możliwość zobrazowania zjawisk społecznych i gospodarczych w przestrzeni, inwestycji lub preferencji w wyborze lokalizacji dla różnorodnych innych działań. Rejestracji mogą dokonywać władze w ramach monitoringu lub inne podmioty, dostarczające danych przestrzennych. Oczywiście także decyzje podejmowane przez władze, w tym ustalenia planów rozwoju przestrzennego, powinny być powszechnie dostępne w sieci.

Podstawowym celem infrastruktury danych przestrzennych jest więc ułatwienie dostępu do danych przestrzennych obywatelom, jednostkom administracji publicznej, firmom komercyjnym, wyższym uczelniom itd. Zadanie to realizowane jest od strony technicznej poprzez zapewnienie dostępu do usług geoinformacyjnych w sieci, a od strony organizacyjno-prawnej – poprzez opracowanie odpowiednich zapisów prawnych, struktur organizacyjnych, porozumień pomiędzy różnymi organizacjami. Jednym z głównych powodów budowy infrastruktury informacji przestrzennej jest chęć ograniczenia wielokrotnego pozyskiwania tych samych danych geograficznych. Zarówno systemy GIS opracowane dla potrzeb planowania przestrzennego, jak i dla badań marketingowych potrzebują danych, w stosunku do których można zlokalizować przedstawiane obiekty lub zjawiska.

Istotnym aspektem budowy systemów infrastruktury informacji przestrzennej jest więc interoperacyjność, która ściśle wiąże się ze standaryzacją. Fizycznie infrastruktura tworzona jest przez sieć internet/intranet i komputery udostępniające szeroki wachlarz usług geoprzestrzennych. Dla ułatwienia korzystania z nich, istnieją specjalne strony internetowe – „**geoportale**”, z których dostępna jest większość usług w danym kraju. Geoportal jest rodzajem interfejsu, który pozwala na wyszukiwanie, przeglądanie, skopiowanie, zamówienie i nabywanie danych przestrzennych. Dobry geoportal jest punktem startowym dla użytkownika infrastruktury informacji przestrzennej.







# ROZDZIAŁ 3

ZASTOSOWANIE TECHNIK  
TELEDETEKCYJNYCH  
W PLANOWANIU PRZESTRZENNYM

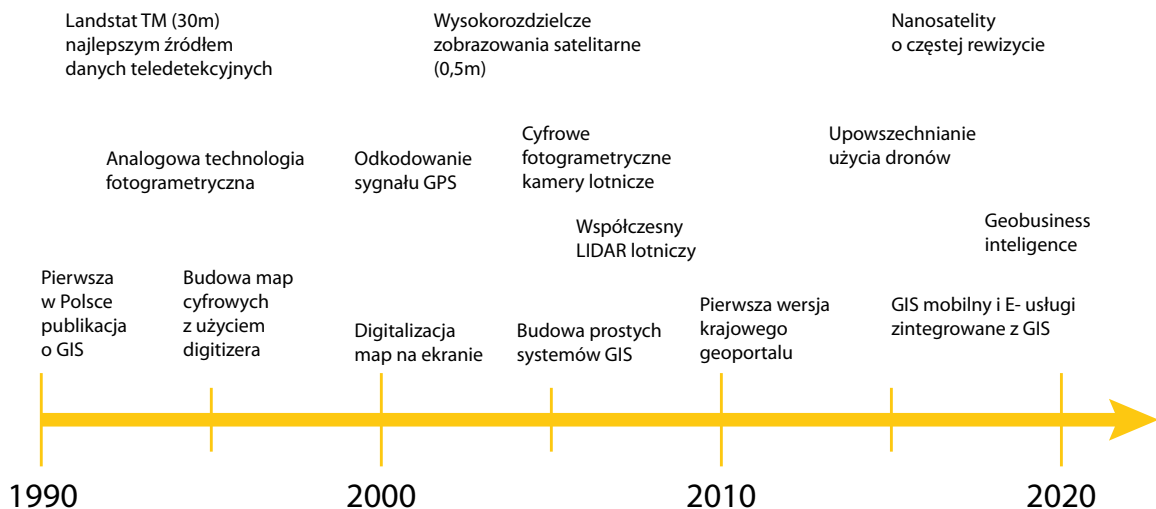
# 3.1

## Uwarunkowania wykorzystania technik teledetekcyjnych w planowaniu przestrzennym

Obecnie przeważająca ilość danych przestrzennych posiada pochodzenie teledetekcyjne. O ile to tylko możliwe technicznie, kosztowne i czasochłonne pomiary bezpośrednie będące podstawą sporządzania map w przeszłości zastępuje się różnymi technikami automatycznego pozyskiwania kartometrycznej informacji. Rozwojowi teledetekcji sprzyja rewolucja informatyczna, która po pierwsze zamieniła techniki analogowe na cyfrowe, np. w fotografii, po drugie pozwala na automatyzację i przyspieszenie przetwarzania informacji, po trzecie umożliwia wirtualizację i modelowanie rzeczywistości w środowisku informatycznym.



Synergiczne wykorzystanie wielu różnych technologii daje niespotykane dotąd możliwości techniczne, jednak chłonność innowacji w praktyce, w szczególności w instytucjach, jest opóźniona niemal o dekadę (Tomlinson, 2008). Oznacza to, że opracowane nowe technologie, które są dziś już gotowe do użycia staną się powszechne dopiero za około 10 lat. Istotny jest tu czynnik ludzki i instytucjonalny będący główną siłą hamulcową dla nowych technologii nie tylko w Polsce. Zrozumiała skądinąd bezwładność dużych instytucji, w których proces decyzyjny trwa bardzo długo i trudno jest elastycznie zmieniać procedury, sposoby zarządzania oraz w sposób ciągły reformować struktury zatrudnienia, nie pozwala na szybkie wchłonięcie innowacji. Do zmniejszenia chłonności technologicznej przyczyniają się paradoksalnie również szybkie zmiany w samej technologii. W ostatnich dwóch dekadach niezwykle trudno jest przyjąć i utrwalić w instytucji ścieżkę technologiczną, gdyż nowe techniki zastępowane są kolejnymi, a czas życia rozwiązań technicznych jest krótki. Prawdą staje się powiedzenie, że lepsze jest wrogiem dobrego. Wystarczy tu wspomnieć technologie skanowania laserowego LIDAR, które błyskawicznie wypierają inne formy pomiarów. Dodatkowo, wprowadzanie nowości zawsze wiąże się z ponoszeniem ryzyka, a to w przypadku eksperymentu na „żywym organizmie” jakim jest, np. planowanie przestrzenne, rodzi uzasadnione obawy. Na schemacie na rys. 3.1, na osi czasu przedstawiono pojawiające się przełomowe technologie geomatyczne zmieniające trend i redukujące wartość poprzednich. Przełom w jednej technologii umożliwia rozwój innych dziedzin i osłabia rolę niektórych poprzednich.



Rys. 3.1: Przykładowe przełomowe wydarzenia w rozwoju technologii GIS i teledetekcji (geomatyce) na przełomie dwóch ostatnich dekad.

Istotą rozwoju technologii jest wprowadzanie nowych możliwości w jednej dziedzinie z uwagi na przełamanie barier w innej. Przykładowo, bez odkodowania sygnału GPS oraz wprowadzenia systemów referencyjnych dla pomiarów oraz upowszechnienia technologii GNSS niemożliwym byłoby wykorzystanie systemów lotniczych LIDAR oraz nawigacja dronami z taką skutecznością i łatwością stosowania jak obecnie. Bez rozwoju informatyki i wzrostu mocy obliczeniowych niewydajne byłoby wykorzystanie technologii LIDAR czy zdjęć lotniczych bardzo wysokiej rozdzielczości, a bez upowszechnienia Internetu i wzrostu jego przepustowości budowane geoportale nie spełniałyby swojej roli - bezwartościowe byłoby tworzenie e-usług. Należy podkreślić, że u podstawy wykorzystania wszelkich technik teledetekcyjnych leży zbudowanie spójnego systemu informatycznego, przy pomocy którego można wykorzystać informację przestrzenną, a w szczególności wnioskować z danych przestrzennych i podejmować decyzje w zakresie zarządzania przestrzenią.

Na przestrzeni historii, w której dokonuje się geomatyczny przełom technologiczny planowanie przestrzenne w Polsce zachowywało się bardzo konserwatywnie. Dominującą formą opracowania studiów i planów miejscowych były formaty PDF na podkładzie map topograficznych lub ewidencyjnych. Opracowania wykonywane komputerowo miały najczęściej formę rysunków w programach graficznych (np. CorelDraw) lub CAD bez geograficznego układu współrzędnych. Do dziś większość opracowań ma właśnie taką formę. Użycie technologii GIS, a zwłaszcza technik teledetekcyjnych staje się niemożliwe w takich systemach. Dodatkowo brak standaryzacji opracowań, duża zmienność w sposobie opisywania pojęć planistycznych spowodowały, że nie wykształcił się żaden spójny system informatyczny, który mógłby wykorzystywać zdobycze techniki. Do chwili obecnej dziedzina planowania przestrzennego pozostaje jedną z najgorzej z informatyzowanych dziedzin w administracji publicznej, a zatem mocno hermetyczną na wykorzystanie teledetekcji.

Inicjatywa cyfryzacji planów miejscowych rodziła się w latach 2007 – 2012 w firmach komercyjnych poszukujących nowych rynków zbytu dla produktów informatycznych. Pierwsze inicjatywy

wykazywały firmy tworząc otwarte standardy MPZP w powiecie wrocławskim, województwie mazowieckim i warmińsko-mazurskim. W chwili obecnej firmy komercyjne prowadząc intensywną działalność marketingową, wspólnie z JST budują bazę zamówień dla szeregu innowacyjnych produktów wspomagających planowanie przestrzenne, a licznie powstające systemy informacji przestrzennej w samorządach nie pomijają już kwestii informatyzacji planowania przestrzennego. Wydaje się, że w ciągu najbliższych lat złożone zagadnienia planistyczne znajdą dobre podłoże informatyczne do przyjęcia i wykorzystania technik teledetekcyjnych. Należy zatem przyjąć, że miejskie, gminne i wojewódzkie systemy GIS/SIP gromadzące wszelaką informację o terenie staną się podstawowym systemem wspomagającym realizację polityki przestrzennej na poziomie lokalnym i regionalnym.

Poniżej przedstawiono kilka przykładów dostępnych technik teledetekcyjnych oraz ich możliwości wykorzystania w szeroko rozumianym planowaniu przestrzennym, monitoringu zmian przestrzeni oraz definiowaniu kierunków rozwoju. Ponieważ dotychczas nie istnieje spójny system informatyczny dla planowania przestrzennego, w kontekście technik można mówić jedynie o zagadnieniach, a nie elementach metodyki obliczeniowej. Taka bowiem metodyka wymagała by przyjęcia konkretnych założeń technicznych, np. odniesienia do konkretnych standardów, wytycznych czy aplikacji, co w obecnym stanie rozwoju dziedziny wymaga dopiero ukształtowania i wdrożenia.

## 3.2

### **Przykładowe zastosowania technik teledetekcyjnych w planowaniu i monitoringu przestrzeni**

#### **3.2.1**

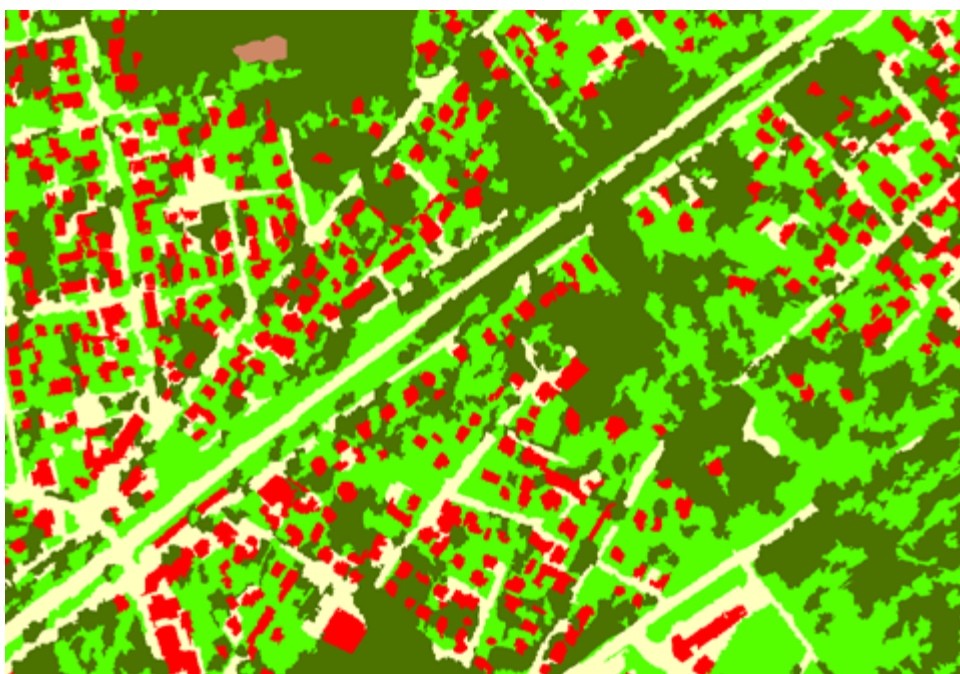
#### **Monitoring zmian i wskaźniki stanu zagospodarowania przestrzeni**

##### **3.2.1.1**

##### **Ekstrakcja użytkowania terenu**

Jedną z najpowszechniejszych i najprzydatniejszych technik analizy teledetekcyjnej jest określenie sposobu użytkowania terenu na podstawie danych obrazowych (ortofotomapa satelitarna bądź lotnicza, zobrazowania LIDAR lub SAR). Polega ona na podjęciu decyzji, który obszar mapy - a informatycznie które piksele - należy zaliczyć do danej klasy użytkowania terenu. Finalnym produktem powinna być mapa wartości dyskretnych (wektorowa bądź rastrowa) konieczna do późniejszych obliczeń lub generalizacji informacji. W najprostszej formie techniką analityczną jest wektoryzacja na ekranie granic różnych obszarów użytkowania i przypisania im informacji o rodzaju użytkowania na podstawie interpretacji wizualnej. Trudniejszą metodą jest automatyczna forma ekstrakcji użytkowania terenu, wymagającą wiedzy specjalistycznej i posiadania specjalistycznego

oprogramowania. Polega na klasyfikacji zdjęcia jedną z dostępnych technik omówionych w rozdziale 5, w celu automatycznego wyodrębnienia klas pokrycia terenu. Niezależnie od rodzaju przyjętej techniki (klasyfikacja pikselowa, klasyfikacja obiektowa, klasyfikacja rozmyta) do komputera należy wprowadzić arbitralnie przyjęte parametry klasyfikacyjne (tzw. pola testowe, klucze spektralne, liczbę wyodrębnianych klas i ich nazwy, progi tolerancji różnic, etc.) charakteryzujące wyodrębniane klasy. Na podstawie podanych parametrów algorytm posegreguje wszystkie piksele obrazu i przyporządkuje je do zadanych przez operatora klas. Automatyczna ekstrakcja zawsze będzie obciążona pewnym poziomem błędów klasyfikacji, jednak z uwagi na szybkość jej wykonania w stosunku do wektoryzacji jest powszechnie wykorzystywana. Jakość automatycznej klasyfikacji podlega weryfikacji i ewentualnej korekcie przez człowieka. W przykładzie na rys. 3.2 zilustrowano wynik klasyfikacji obiektowej terenu gminy Wołomin. Na uwagę zasługuje fakt nieregularności uzyskanych kształtów w klasyfikacji obiektów antropogenicznych, takich jak budynki (kolor czerwony) oraz drogi i place (kolor jasnożółty). Klasa zieleni leśnej (ciemna zieleń) nakłada się na inne obiekty, np. na drogi w miejscach gdzie korony drzew pokrywają inne formy użytkowania. Technika klasyfikacji nie uda się uzyskać wyników równoważnych z tymi gromadzonymi w rejestrach publicznych, np. z regularnym kształtem budynków zachowujących kąty proste obrysu, zatem takiej jakości dane muszą zostać zaakceptowane i przyjęte do dalszych obliczeń bądź poprawione przy wykorzystaniu technik uzupełniających, w praktyce najczęściej poddane obróbce „ręcznej”.

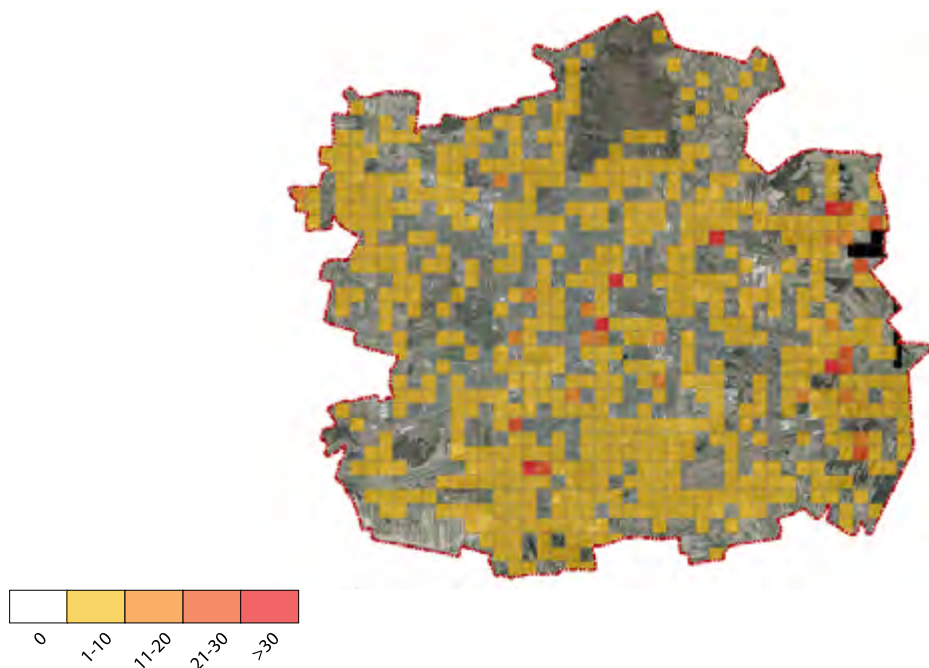


Rys. 3.2: Przykład klasyfikacji obiektowej fragmentu ortofotomapy satelitarnej z roku 2002 gminy Wołomin w celu wykrycia form użytkowania terenu. Przykład wykorzystany w projekcie UrbanSAT. (Źródło: archiwum SmallGIS).

### 3.2.1.2

#### Wykrywanie zmian użytkowania terenu (detekcja zmian)

Jest to stosunkowo prosta technika porównania dwóch lub większej liczby map pochodzących z różnego okresu, w celu określenia lokalizacji wystąpienia zmian użytkowania terenu. Jedną z technik pozyskania map do porównań jest opisana wyżej ekstrakcja użytkowania terenu. Porównania dokonuje się poprzez wirtualne nałożenie map i wskazanie miejsc różniących się. Te miejsca należy zbadać oraz przyjąć bądź odrzucić hipotezę o powstałej zmianie. Do weryfikacji służą doskonale ortofotomapy z początku i końca badanego okresu, na których można potwierdzić lub odrzucić zmianę. W przypadkach spornych należy użyć trzeciego źródła informacji. Wynikiem analizy jest macierz zmian. Zmiany użytkowania terenu były wykonywane dla JST w latach 2009 – 2014 na zamówienie miast Zabrze, Gliwice, Łódź, Radom, Ruda Śląska, Żory, Tychy, Rybnik i innych. Detekcja dotyczyła głównie zmian w rozwoju budownictwa a wykrywane zmiany analizowane były na podstawie map satelitarnych lub lotniczych, pozyskanych w różnych okresach czasu, oraz obecnego stanu rejestru EGiB. Główną użytecznością wykonywanych analiz było zwiększenie wpływów budżetowych z podatków lokalnych od nieujawnionych w ewidencji budynków.



Rys. 3.3: Kartogram miasta Łodzi obrazujący rozwój budownictwa w latach 2009-2011 (źródło – archiwum SmallGIS).

Detekcja zmian jest jedną z najprzydatniejszych form wykorzystania ortofotomap do celów monitorowania stanu rozwoju zagospodarowania przestrzennego. Wykonywana powinna być w interwałach czasowych, 1 do 5 lat w celu uzyskania regularności obserwacji. Ubocznym skutkiem



detekcji zmian jest również możliwość sprawdzenia stanu aktualności rejestrów publicznych takich jak EGİB czy BDOT, które później są wykorzystywane jako obligatoryjne źródła informacji w procesie sporządzania dokumentów planistycznych i wydawanych decyzji.



Rys. 3.4: Wizualizacja różnic w użytkowaniu terenu zawartych pomiędzy rejestrem EGİB a stanem faktycznym w mieście Tychy w roku 2012 wykrytym na podstawie aktualnej ortofotomapy. (Źródło: archiwum SmallGIS).

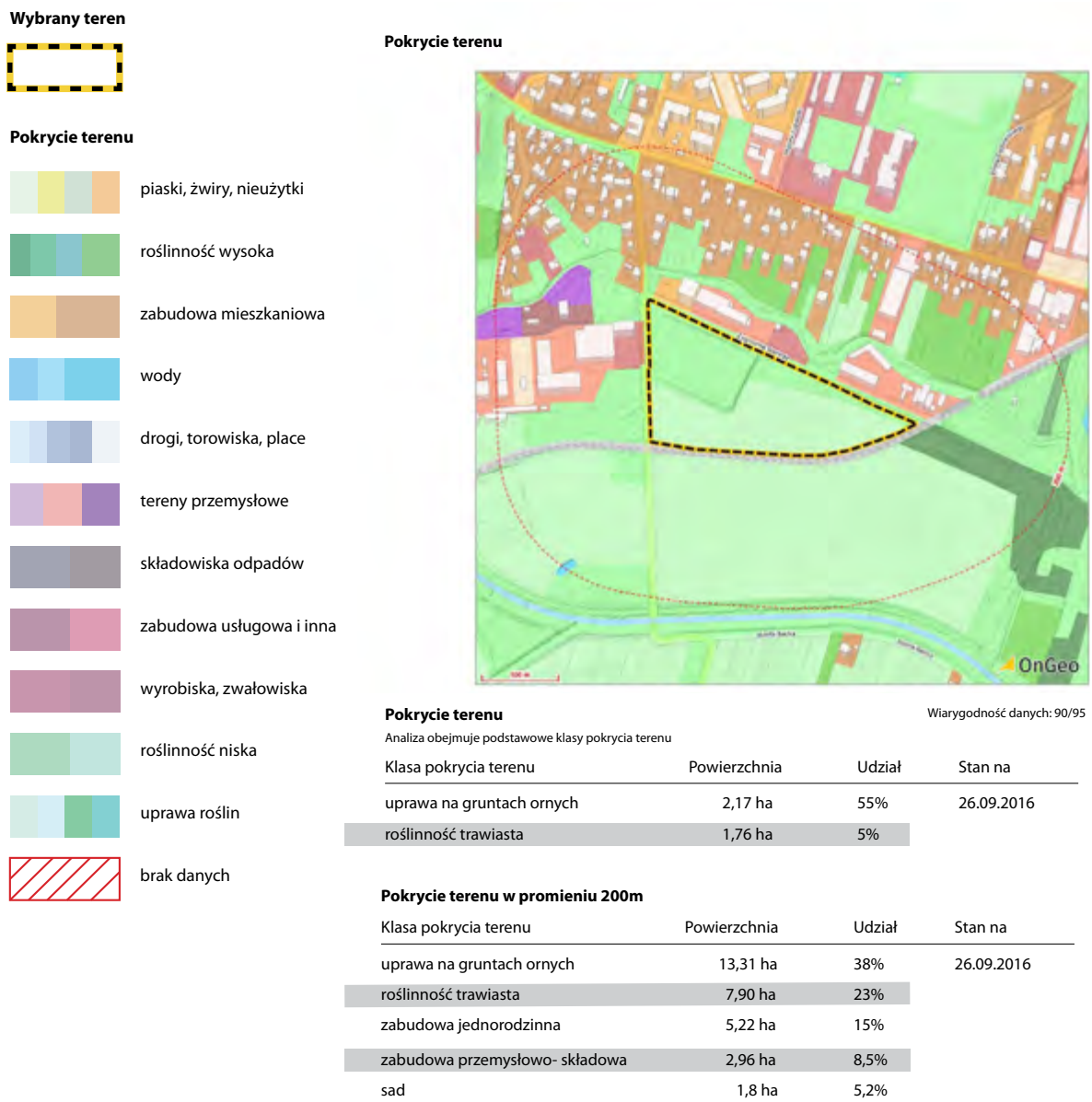
### 3.2.1.3

#### Wskaźniki oceniające stan rozwoju przestrzennego (pojemności przestrzennej)

Celem zastosowania wskaźników pojemności przestrzennej jest usprawnienie i zobiektywizowanie procesów zarządzania przestrzenią i planowania przestrzennego, w szczególności na szczeblu miasta / gminy, a także ocena jakości planowania przestrzennego oraz przestrzennych, ekonomicznych, społecznych i ekologicznych skutków podejmowania decyzji z zakresu gospodarki przestrzennej w odniesieniu do celów rozwoju zrównoważonego (Fogel, 2017). W zależności od celu analizy wskaźniki dotyczą różnych cech, w ujęciu teledetekcyjnym dotyczą zwykle użytkowania terenu i są miarą proporcji danego typu użytkowania w wybranej jednostce statystycznej, np. 1 km<sup>2</sup>, obręb ewidencyjny, dzielnica czy miasto. Wskaźniki mogą być wykorzystane, np. do obliczania chłonności obszarów w trakcie sporządzania SUIKZP, o których mowa w ustawie o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, art.10(Dz.U. z 2017 r. poz.1073).



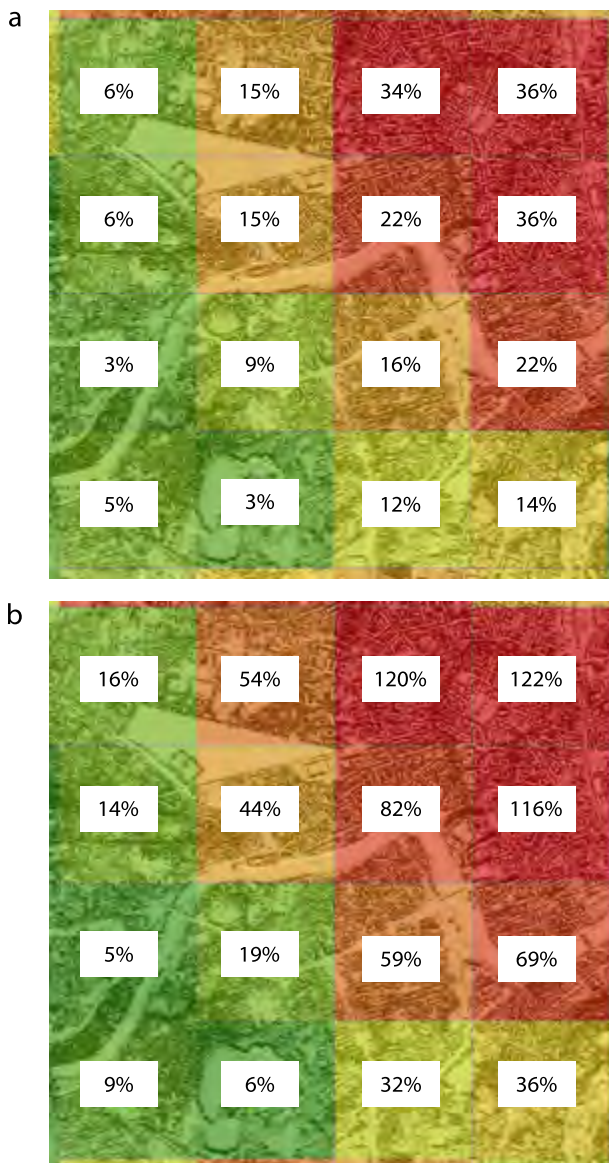
Do obliczenia wskaźników należy przyjąć dane uprzednio pozyskane w procesie ekstrakcji użytkowania terenu lub pozyskać odpowiednie zaktualizowane mapy wektorowe. Dobrym przykładem map są warstwy pokrycia terenu z BDOT10k, które posiadają pokrycie dla całego kraju i są bezpłatnie dostępne dla administracji publicznej. Wadą rejestru BDOT10k jest jego sukcesywne starzenie się i nieregularny akcyjny sposób aktualizacji. W analizie natomiast należy mieć pewność jaki stan czasowy prezentuje mapa. Wskaźniki stanu rozwoju przestrzennego mają prostą formę. Wskazują na procentowy udział danej klasy pokrycia terenu w działce ewidencyjnej lub innej jednostce powierzchniowej. Przykład kompletnego zestawu wskaźników pokazano na rysunku 3.5.



Rys 3.5: Wskaźniki zagospodarowania terenu uzyskane w oparciu o mapy pokrycia terenu wykonane dla wskazanej działki oraz otoczenia 200m. Raport powstaje automatycznie w systemie informatycznym geoportalu OnGeo.pl.

Istotne z urbanistycznego punktu widzenia wskaźniki rozwoju terenu, takie jak powierzchnia biologicznie czynna, intensywność zabudowy, czy zasklepienie gleb obliczane są w identyczny sposób jak w przykładzie na rys. 3.5, jednak obliczenie jest poprzedzone generalizacją klas, zwykle do dwóch kategorii, np. powierzchnia biologicznie czynna i biologicznie nieczynna. W przypadku intensywności zabudowy wagą określającą może być zarówno powierzchnia zabudowy (obrys przyziemia budynku) jak i powierzchni całkowita kondygnacji (iloczyn liczby kondygnacji i powierzchni zabudowy). Pierwszy wskaźnik obrazuje zajętość terenu, drugi pojemność użytkową budynków w jednostce statystycznej. Przykład podano na rysunku. 4.6

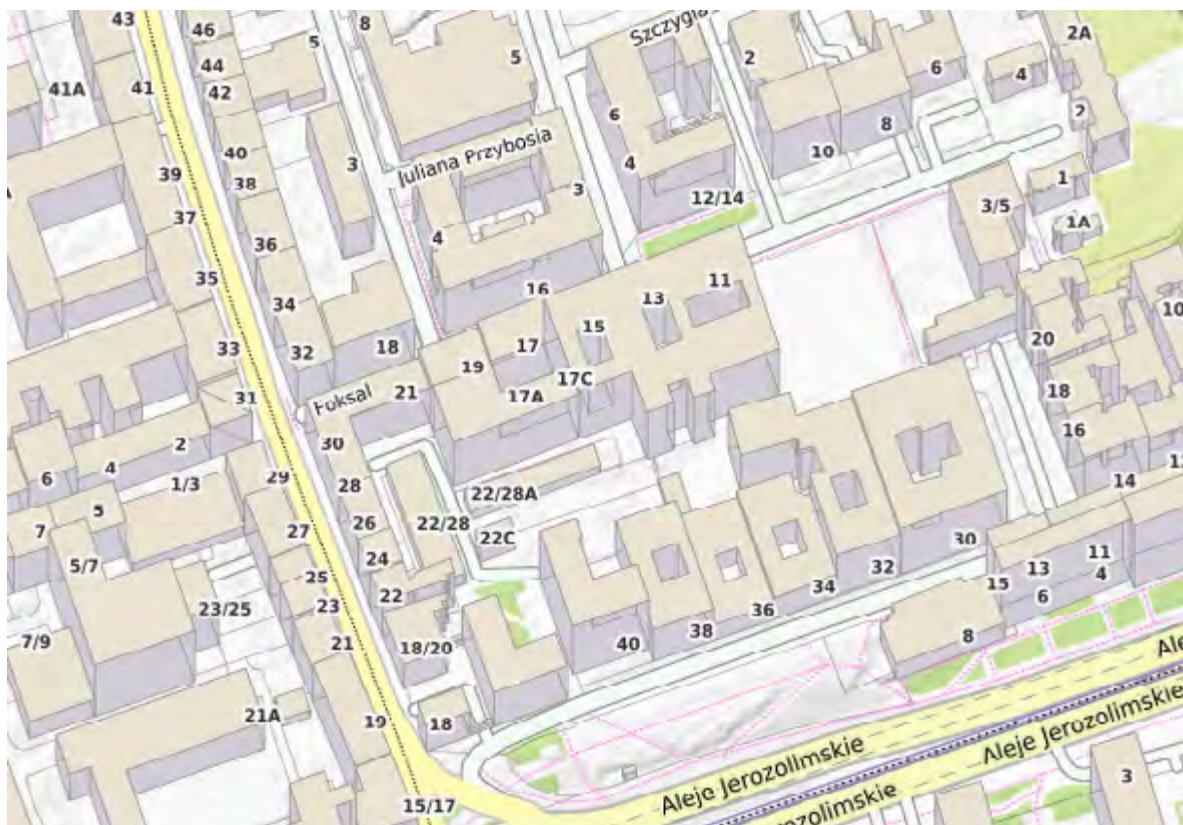
Rys. 3.6: Fragment mapy Krakowa z obliczonym wskaźniki intensywności zabudowy wyrażony w % w stosunku do jednostki statystycznej, w tym przypadku 1 km<sup>2</sup>: a) powierzchnia zabudowy, b) powierzchnia całkowita kondygnacji. (Źródło: OnGeo.pl).



### 3.2.1.4

#### Badanie wysokości zabudowy

Jedną z najprostszych metod obliczenia wysokości zabudowy jest wykonanie operacji arytmetycznej na modelu terenu (NMT) i modelu pokrycia terenu (NMPT), np. pozyskanych z zasobów PZGiK, np. CODGiK. Powstała mapa różnic wysokości w obrębie budynków obrazuje wysokość obiektów w naziemnej ich części. Efekt określenia wysokości zabudowy z porównania NMT i NMPT przedstawiono na rysunku. 3.7. Ta metoda jest czuła na błędy klasyfikacji, np. błędnie zdefiniowane położenie budynków, brak budynków na mapie, etc.



Rys. 3.7: Obliczona i zwizualizowana wysokość zabudowy na podstawie modeli terenu. Liczbowo przedstawiono dodatkowo numer porządkowy nieruchomości (Źródło OnGeo.pl).

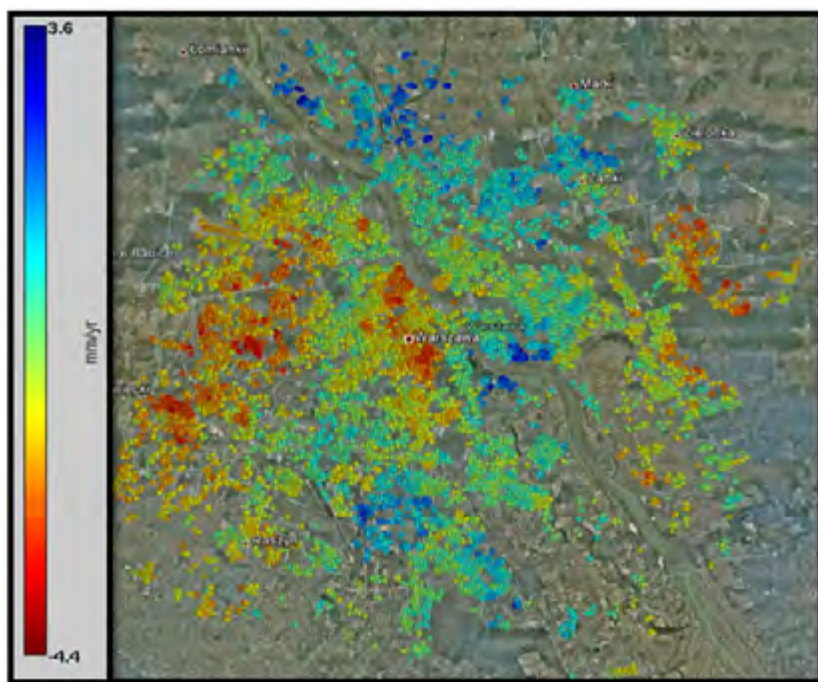
Inną często wykorzystywaną metodą obliczania wysokości budynków jest ich pomiar w aplikacji wizualizującej model miasta w 3D, budowany na podstawie zdjęć ukośnych lub gęstego skaningu laserowego. W niedalekiej przyszłości można się również spodziewać udostępniania przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii produktu o nazwie Budynki 3D, których wykonanie zostało zlecone w roku 2017 dla obszaru całej Polski. W wyniku realizacji tego produktu realizowanego w ramach projektu CAPAP (Centrum Analiz Przestrzennych Administracji Publicznej) każdy z ok. 15 mln budynków będzie posiadał swój model informatyczny zapisany w schemacie XML. Mankamentem tego produktu będzie jednak aktualność, gdyż prace zostaną wykonane na materiałach powstałych w latach 2010-2017 a zatem już na chwilę sporządzenia będzie on częściowo nieaktualny. Biorąc jednak pod uwagę rzadkie zmiany wysokości budynków, nieaktualność będzie dotyczyć budynków nowych, przebudowanych lub usuniętych.



### 3.2.1.5

#### Określanie deformacji terenu w czasie

Najlepszym sposobem określania powolnych deformacji terenu jest technika interferometrii radarowej. Technika wykorzystuje czasową serię obrazów satelitów radarowych pochodzących z tej samej konstelacji. W tej technice badane są powolne deformacje pionowe w zakresach od kilku milimetrów do kilku centymetrów, mniejsze niż długość fali mikrofalowej używanej do obrazowania. Inne techniki teledetekcyjne nie są już tak skuteczne w zakresie monitoringu powolnych zmian. Technika interferometrii radarowej wykorzystuje się do monitoringu terenów kopalnianych, wpływu wydobywania i szczelinowania, oraz naturalnych ruchów skorupy ziemskiej. Czułość techniki może wykrywać małe zmiany i powolne trendy oraz dawać ostrzeżenia co do kierunku możliwych konsekwencji. W przykładzie wykonanym w projekcie UrbanSAT dla miasta Warszawy zobrazowanym na rys. 3.8 wykazano zmiany wysokości budynków wyrażane w milimetrach na rok. W przypadku zmian gwałtownych takich jak zapadanie, osuwiska, sztuczne podniesienie terenu, technika interferometrii radarowej jest mało przydatna, nie określi wielkości tej gwałtownej deformacji. W tym zakresie najlepiej jest wykorzystać modele terenu stworzone bądź to techniką LIDAR bądź techniką fotogrametryczną. Obliczenie deformacji następuje poprzez odjęcie od siebie modeli terenu pochodzących z różnych okresów.



Rys. 3.8: Badanie deformacji terenu (osiadania budynków) techniką interferometrii radarowej w projekcie UrbanSat dla Miasta Warszawy.  
(Źródło: archiwum SmallGIS).

### 3.2.2

#### **Analiza stanu, potencjału i zagrożeń środowiska**

##### 3.2.2.1

##### **Badanie zdrowotności roślinności miejskiej**

Zieleń miejska, zarówno ta urządzona, jak i nieurządzona stanowi wartość środowiskotwórczą i estetyczną w mieście. Warunki miejskie nie stanowią przyjaznego biotopu dla roślinności. Głównymi czynnikami stresotwórczymi dla roślinności są zasklepienia gleby powodujące spływ powierzchniowy wody oraz zwięzłość gleby skutkująca brakiem przestrzeni do rozwoju systemu korzeniowego, narażenie na pyły zasklepiające aparat asymilacyjny, w mniejszym stopniu dziś zanieczyszczenia gazowe powietrza i stres temperaturowy w rozgrzanych skupiskach zabudowy. Często zdarzają się też choroby grzybowe lub żery owadzie powodujące obniżenie lub nawet zamieranie drzew w mieście. Przykładem jest chociażby masowe uszkodzenie kasztanowców w miastach przez żerszrotówkę (*Cameraria ohridella*) jakie ma miejsce od kilkunastu lat w polskich miastach. Ponieważ utrzymanie zieleni w mieście, zwłaszcza tej urządzonej, jest bardzo kosztowne, istotne jest należyte monitorowanie stanów stresowych roślin i badanie kondycji vegetacji. W przypadku konieczności monitoringu zieleni na dużym obszarze, techniki teledetekcyjne są wyjątkowo skuteczne. Wykorzystuje się tu obrazowanie w bliskiej podczerwieni i świetle widzialnym, a podstawą oceny kondycji roślin jest jeden ze wskaźników vegetacji, np. VI, NDVI, o których mowa w rozdziale 4. Wskaźniki te, czułe na ilość energii pochłanianej przez barwniki fotosyntetyczne i odbicie fal w zakresie podczerwieni przez miękisz palisadowy są doskonałym deskryptorem kondycji aparatu asymilacyjnego roślin.

Istotnym, wartym uwagi elementem przy badaniu roślinności jest jej przestrzenne nałożenie z innymi rodzajami użytkowania terenu. Roślinność wysoka zwykle pokrywa swym zasięgiem koron infrastrukturę i niższe obiekty naziemne, a w wyniku klasyfikacji klasa pokrycia terenu będzie wskazywała większy udział powierzchniowy kosztem innych elementów krajobrazu, jak zilustrowano w przykładzie na rys. 5.2.

##### 3.2.2.2

##### **Miejska wyspa ciepła**

Synergiczne działanie wielu czynników, takich jak: brak chłodzenia powodowany niską transpiracją i niewielkim odparowaniem wody, która w miastach jest natychmiastowo odprowadzana, wysoka pojemność cieplna obiektów budowlanych, zmiana właściwości radiacyjnych i względnie niskie albedo obiektów budowlanych, spadek prędkości wiatru i mniejsza konwekcyjna utrata ciepła, wysoka aktywność w zakresie spalania paliw, ogrzewania i produkcji gazów cieplarnianych, których stężenie jest wyższe w miastach, powodują, że w dużych aglomeracjach miejskich temperatura powietrza jest wyższa od kilku do kilkunastu stopni Celsjusza. Zjawisko rozgrzewania się miast jest

i pozostanie faktem, natomiast badanie wielkości wyspy ciepła można prowadzić badając rozkład przestrzenny pomiarów stacji meteorologicznych oraz technikami teledetekcyjnymi, używając obrazowań satelitarnych wykonanych w pasmach podczerwieni termalnej. Odpowiednimi sensorami satelitarnymi są sensory Landsat 7 (kanał 6) Landsat 8 (kanał 10 i 11) oraz bardzo wysokiej rozdzielczości satelita WorldView3 obrazujący w pasmach SWIR (kanał SWIR 1). Badania miejskich wysp ciepła nie należą do obowiązków administracji publicznej w zakresie planowania przestrzennego jednak stanowią istotne uzupełnienie opisu warunków środowiskowych będących skutkiem rozwój miast. Badania wysp ciepła wystarczy wykonać w interwale czasowym 5-10 lat.

### **3.2.2.3**

#### **Korytarze przewietrzania miasta**

Koncepcja korytarzy przewietrzania miast jest zagadnieniem definiowanym w SUIKZP. Koncepcja ta uwzględnia w pierwszym względzie naturalne ukształtowanie terenu i warunki klimatyczne, w szczególności kierunki przeważających wiatrów. Dane powstałe z przetworzenia pomiarów teledetekcyjnych takie jak Numeryczny Model Pokrycia Terenu (NMPT) są w tym przypadku niezbędne do prowadzenia symulacji i analiz meteorologicznych. Modelowanie rozprzestrzeniania się gazów w przestrzeni miejskiej jest zagadnieniem specjalistycznym i może być wspomagane pomiarami teledetekcyjnymi przy użyciu instrumentu jakim jest sodar. Poprawnie opracowana koncepcja korytarzy przewietrzania miasta powinna być trwała w czasie i niezmienna w długim okresie dlatego nie wymaga częstej aktualizacji. Opis zastosowania technik teledetekcyjnych w zakresie modelowania przewietrzania miasta, obejmujący zarówno teledetekcyjne badania stanu atmosfery sodarem oraz teledetekcyjne badania szorstkości terenu zamieszczono w rozdziale 10, w przykładzie „dobrej praktyki” gdzie opisano projekt MONIT-AIR zrealizowany w Krakowie.

### **3.2.2.4**

#### **Korytarze ekologiczne**

Zgodnie z Ustawą z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, korytarz ekologiczny to obszar umożliwiający migrację zwierząt, roślin lub grzybów. Na zachowanie i zabezpieczenie korytarzy ekologicznych wpływ wywiera planowanie przestrzenne. Łatwo jest bowiem bezpowrotnie przekształcić środowisko tworząc bariery przemieszczania się puli genowych gatunków. Podstawowym aktem prawnym regulującym zagadnienia związane z planowaniem przestrzennym jest ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U.2017 r. poz.1073). W ustawie tej, oprócz przypadku sporządzania ramowego studium metropolitarne uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego (art. 37o ust.2 pkt 2), brak jest bezpośrednich odniesień do sposobu uwzględniania korytarzy ekologicznych. Techniki teledetekcyjne dostarczają podstawowych materiałów kartograficznych do planowania korytarzy, jednak kluczowa jest znajomość biologii gatunków i mechanizmów migracji. Wizualne wyznaczanie korytarzy tylko na podstawie „przebiegu

terenów zielonych” jest czystą iluzją projektanta na temat faktycznego zachowania populacji. W sposób faktyczny korytarze są definiowane przez zachowania tych populacji. Dobrą metodą wyznaczenia korytarzy jest badanie kolizji osobników gatunku z infrastrukturą i strukturami antropogenicznymi. Istnienie faktycznych korytarzy mogą potwierdzić jedynie badania populacyjne w szczególności obserwacje telemetryczne, nie należące do dziedziny teledetekcji. W dobie technologii cyfrowych mapa korytarzy ekologicznych dla większości gatunków została wyznaczona przez zespół przyrodników i naukowców oraz opublikowana w geoportalu Stowarzyszenia „Pracownia Na Rzecz Wszystkich Istot” <http://korytarze.pl/mapa/mapa-korytarzy-ekologicznych-w-polsce>.

### 3.2.2.5

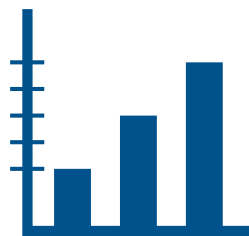
#### Dezagraryzacja i zasklepianie gleb

Dezagraryzacja w odniesieniu do czynnika ziemi oznacza ogólny spadek powierzchni i udziału ziemi uprawnej, a także ekstensyfikację i porzucanie (odłogowanie) (Famielec et al, 2007). Przyczyną dezagraryzacji są głównie czynniki ekonomiczne, niekoniecznie zajęcie ziemi rolnej pod budownictwo. W Polsce do dezagraryzacji przyczynia się głównie odłogowanie ziemi i sukcesja leśna zmieniająca w trwały sposób użytkowanie. W badaniach teledetekcyjnych połączonych z badaniem wybranych publicznych i instytucjonalnych rejestrów danych przestrzennych przeprowadzonych przez IGiKw ramach projektu „*Lesistość rzeczywista kraju*”, opracowana została mapa rzeczywistej powierzchni lasów w Polsce. Przyjęto kryteria klasyfikacji lasu według krajowej definicji lasu oraz według ustaleń Protokołu z Kioto, nie zaś jak to ma miejsce w statystyce publicznej wg definicji w rejestrze EGiB. Z badań wynika, że faktyczna lesistość Polski jest o 1,6% (ok. 800 tys. ha) wyższa niż sprawozdana przez Główny Urząd Statystyczny (Hościło et al, 2016). Techniki teledetekcyjne, w szczególności wspomniane wcześniej techniki ekstrakcji użytkowania terenu pozwalają na ustalenie stopnia odrolnienia terenu, ekstensyfikacji produkcji rolnej i sukcesji leśnej na terenach uprzednio rolniczych.

Zasklepianie gleb natomiast definiuje się jako jej separację od innych składowych ekosystemu takich jak: biosfera, atmosfera, hydrosfera i antroposfera oraz innych części pedosfery, przez sztuczne warstwy wytworzone z materiału zupełnie bądź częściowo nieprzepuszczalnego (Famielec et al, 2007). Należy podkreślić, że nie ma jednolitej przyjętej w skali międzynarodowej definicji zasklepienia gleby. W ujęciu strategii europejskiej zasklepienie rozpatruje się jako najistotniejszy problem degradacji gleb miejskich, których funkcjonowanie stanowi warunek utrzymania równowagi ekosystemów zurbanizowanych (Famielec et al, 2007). Z punktu widzenia zarządzania istotnym jest fakt, że zmiana właściwości gleb może być rejestrowana w ujęciu dla pojedynczych jednostek - wydzieleni przestrzennych wyznaczonych granicami użytkowania bądź własności (np. działki ewidencyjne) bądź w ujęciu jednostek statystycznych, np. miasta. W przedstawionym poniżej przykładzie, (Famielec et al, 2007) analizę zmian użytkowania ziemi przeprowadzono dla całego województwa dolnośląskiego na podstawie map topograficznych z początku lat 80-tych oraz klasyfikacji obrazów satelitarnych ASTER o rozdzielczości 15 m z 2002 roku. Z analizy tych danych wynika, że w okresie



ok 20 lat przyrost powierzchni gleb zasklepionych w wyniku zabudowy osiągnął poziom 30% w stosunku do stanu wyjściowego. Analiza zmian powierzchni poszczególnych kompleksów glebowych przeznaczonych pod zabudowę wskazuje, że mimo istnienia instrumentów ochrony gleb najlepszych, wprowadzonych przez ustawę o ochronie gruntów rolnych i leśnych, znacząca ich część uległa zasklepieniu. Zasklepienia gleb najlepszych kompleksów (pszennego, bardzo dobrego pszennego, dobrego pszennego wadliwego oraz żytniego bardzo dobrego) stanowiły blisko 23% ogółu wydzieleń. Zasklepieniu podlegały również gleby użytków zielonych, często położone w dolinach rzek, łączny ich udział w wydzieleniach stanowił ponad 20%.



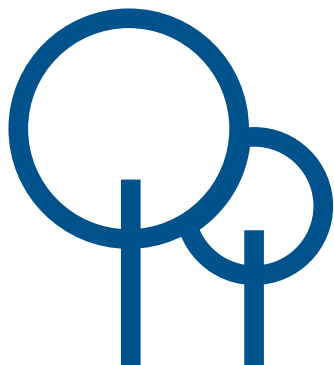
### 3.2.2.6

#### Modelowanie krajobrazu

Krajobraz powszechnie uznany jest za dobro publiczne. W pojęciu krajobrazu mieszczą się zarówno elementy przyrodnicze, jak i kulturowe będące przedmiotem ochrony w ujęciu ustawy o ochronie przyrody oraz ustawy o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami. Badania biologiczne i socjologiczne potwierdzają tezę o istnieniu powszechnego i wspólnego dla większości osób, sposobu postrzegania atrakcyjności widokowej otoczenia człowieka (Rygiel, 2010). W projektowaniu zmian w przestrzeni istotnym zagadnieniem jest, tzw. wrażliwość widokowa (ang. visual sensitivity) tłumaczona również jako „*odporność wizualna na zmiany*” (Rygiel, 2010) lub „*chłonność krajobrazu*” mierzona współczynnikiem VAC (ang. visual absorption capacity) (Ozimek et al, 2010). Pozwala ona ocenić przy zadanych parametrach lokalizacji, oświetlenia, widoczności, ukształtowania terenu zdolność krajobrazu do przyjęcia nowych elementów bez utraty swojej tożsamości i utraty walorów estetycznych. Powyższe terminy odnoszą się do tego samego zjawiska, jednak ocenianego z różnych perspektyw – możliwości naruszenia harmonii, możliwości upakowania nowych elementów czy odporności na zmiany. Modelowanie chłonności czy wrażliwości krajobrazu jest złożonym procesem informatycznym z użyciem danych przestrzennych i komputerowych technik wizualizacji. Najważniejszymi elementami modelowania są: ukształtowanie terenu, topografia i pokrycie terenu, szczególnie wyróżniające takie jak dominanty i akcenty oraz planowane obiekty (Rygiel, 2010). Najważniejszym zbiorem danych dla modelowania jest cyfrowy model terenu i cyfrowy model pokrycia terenu a techniką analityczną modelowanie widoczności (Ozimek et al, 2010). Przydatne są zdjęcia wykonywane z perspektywy kilkudziesięciu metrów nad ziemią, które najlepiej wykonywać z drona lub naziemnego punktu obserwacyjnego. Przykładowe dane wykorzystywane do modelowania chłonności krajobrazu przedstawiono na rysunku 10.1.

W ramach wdrażania Europejskiej Konwencji Krajobrazowej w 2015 r. weszły w życie przepisy nakładające na zarząd województwa obowiązek sporządzenia audytu krajobrazowego. Celem audytu ma być identyfikacja krajobrazów występujących na całym obszarze województwa, określenie ich cech charakterystycznych oraz ocenę ich wartości. W ramach audytu powinny też

zostać wyznaczone tzw. krajobrazy priorytetowe, czyli obszary szczególnie cenne dla społeczeństwa ze względu na swoje wartości przyrodnicze, kulturowe, historyczne, architektoniczne, urbanistyczne, ruralistyczne lub estetyczno-widokowe (Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska <http://www.gdos.gov.pl/metodyka-identyfikacji-i-oceny-krajobrazu>).



W pracy „Sporządzenie audytu krajobrazowego – testowanie metodyki identyfikacji i oceny krajobrazu” wykonanej na zlecenie Ministerstwa Środowiska w roku 2015 autorzy rekomendują aktualną ortofotomapę jako najistotniejszy materiał do wykonania audytu krajobrazowego (Myga-Piątek et al, 2015r). Pozostałe źródła informacji geograficznej, pochodzące z rejestrów publicznych zostały ocenione jako mniej przydatne, głównie ze względu na ich niekompletność lub nieaktualność.



## 3.3

### **Możliwości i ograniczenia wykorzystania danych teledetekcyjnych w planowaniu przestrzennym**

Planowanie przestrzenne to wysokopoziomowa forma wykorzystania informacji przestrzennej. Informacja jest tu jedynie tłem podejmowanych kompromisowych decyzji. Liczba czynników wpływających na pojedyncze decyzje sięga kilkudziesięciu a czynniki te mają pochodzenie

heterogeniczne. Podejmowanie decyzji kształtujących przestrzeń publiczną następuje zarówno w oparciu o te przesłanki „widzialne” (możliwe do obserwacji teledetekcyjnej), jak i te „niewidzialne” (polityki, prognozy, regulacje prawne, etc.). W planowaniu przestrzennym nie można zatem ograniczyć się do wąskiej grupy źródeł informacyjnych.



Rysunek. 3.9: Typowy schemat przepływu informacji poprzez różne poziomy organizacji danych przestrzennych – od pomiaru do podejmowania decyzji.

Dane teledetekcyjne należą do niskopoziomowych grup informacji (szczegółowych i niejednoznacznych). Wymagają interpretacji, klasyfikacji i generalizacji. Jak wspomniano na wstępie większość współcześnie powstających danych przestrzennych ma swój teledetekcyjny rodowód, jednak w procesach technologicznych budowania baz wiedzy przestrzennej (ang. spatial data knowledge) niezbędnych do planowania przestrzennego dochodzi do rekombinacji danych z różnych źródeł, teledetekcyjnych jak i rejestrowych, np. obiekt bazodanowy typu budynek może być wyodrębniony i zbudowany na podstawie danych teledetekcyjnych, ale jego atrybuty takie jak: data budowy, numer porządkowy, liczba kondygnacji podziemnych, liczba osób zameldowanych i inne, muszą pochodzić z źródeł rejestrowych.

Tak więc pomiędzy pozyskaniem danych teledetekcyjnych a planowaniem przestrzennym istnieje przestrzeń zagospodarowywana przez systemy pośrednie służące porządkowaniu informacji, jej rekombinacji i uzupełnieniu, dopasowaniu do spójności pojęciowej z dziedzinami życia gospodarczego i ekonomicznego oraz wymogami prawnymi. Bez tego ogniwa pośredniczącego skuteczność technik teledetekcyjnych w planowaniu przestrzennym nie będzie znacząca.

Rozpatrując słabe i mocne strony danych teledetekcyjnych i możliwości użycia ich w procesach planowania przestrzennego, należy stwierdzić, że zdecydowaną przewagą danych teledetekcyjnych jest szybkość pozyskiwania aktualnej informacji, duża pojemność informacyjna, wiarygodność, zgodność ze stanem faktycznym i możliwość obserwacji zjawisk w zakresach spoza obszaru ludzkich zmysłów (widzenie w zakresach spektralnych szerszych niż możliwości ludzkiego oka, separacja wąskich zakresów spektralnych, obrazowania mikrofalowe i radiowe) i inne. W tabeli 3.1 przedstawiono porównanie danych teledetekcyjnych i rejestrowych w aspekcie ich walorów jakościowych.

Cecha danych	Dane teledetekcyjne	Dane rejestrowe
Sposób pozyskania (dokładność czasowa)	pozyskanie na daną chwilę w sprzyjających warunkach obserwacyjnych	aktualizacja ciągła (EGiB) lub akcyjna (BDOT10k), bez względu na warunki zewnętrzne. Dane reprezentują niejednoznaczny czasowo okres
Aktualność (dokładność czasowa)	na chwilę wykonania rejestracji	na chwilę wykonania aktualizacji
Wiarygodność	w zakresie możliwym do obserwacji przedstawiają stan fizyczny na chwilę rejestracji	przedstawiają aktualny stan, zwykle stan formalno-prawny lub stan fizyczny na moment aktualizacji - jeżeli są prowadzone systematycznie
Dokładność tematyczna	rozmyta, wymagająca interpretacji i klasyfikacji	jednoznaczna, uporządkowana semantycznie i strukturalnie, zgodna z regulacjami formalno –prawnymi.
Dokładność geometryczna	zależna od rozdzielczości przestrzennej i dokładności pomiarów georeferencyjnych	zależna od przyjętej dla danego rejestru dokładności pomiarów.
Spójność zbioru	uporządkowany strukturalnie zbiór informatyczny bez zdefiniowanych zależności merytorycznych między elementami zbioru	uporządkowany strukturalnie zbiór informatyczny posiadający zdefiniowane zależności merytoryczne między elementami zbioru
Spójność semantyczna zbioru	brak definicji semantycznej elementów zbioru	określone definicje semantyczne elementów zbioru

Tabela 3.1: Porównanie wartości danych teledetekcyjnych i danych z rejestrów publicznych w kontekście miar jakości danych przestrzennych opisanych w normie ISO: EN ISO 19 157 Geographic information — Data quality.”

Słabą stroną teledetekcji są z pewnością koszty pozyskania danych i ich przetworzenia, wymagające zaawansowanej aparatury pomiarowej złożonej zarówno z nośnika sensorów (satelita, samolot, dron, samochód, statek) jak i z sensorów oraz systemów pozycjonowania oraz złożonego systemu informatycznego. Przy przetwarzaniu informacji teledetekcyjnej ograniczeniem jest konieczność stosowania wydajnych systemów informatycznych, ale przede wszystkim wiedza ekspercka operatora. Dane teledetekcyjne nie są zwykle jednoznaczne, należą do grupy zbiorów rozmytych informacyjnie, dlatego wymagają klasyfikacji i uzupełnienia oraz szczegółowej weryfikacji. Ten proces jest ciągle słabym ogniwem teledetekcji, aczkolwiek obserwując rozwój chociażby autonomicznych samochodów, które zamieniają obserwacje teledetekcyjne w czasie rzeczywistym na decyzje, to w nadchodzących dekadach należy spodziewać się znaczącego postępu w zakresie interpretacji surowej informacji teledetekcyjnej. Podsumowując, głównym ograniczeniem wykorzystywania danych teledetekcyjnych w planowaniu przestrzennym jest konieczność ich przetworzenia do postaci jednoznacznej pojęciowo w celu rekombinacji z innymi informacjami, wnioskowania i podejmowania decyzji. Wymaga to tworzenia spójnego systemu informatycznego działającego sprawnie, jednoznacznie i niezawodnie. Zatem same dane teledetekcyjne, oderwane od innych elementów informatycznych nie pozwolą na wykorzystanie ich faktycznego potencjału.





# 3.4

## Możliwości bezpośredniego wykorzystania technik teledetekcyjnych do sporządzania dokumentacji planistycznej

Przeglądając kolejne zastosowania teledetekcji oraz przykłady użycia różnego rodzaju produktów teledetekcji w zarządzaniu przestrzenią należy zauważyć, że w większości analiz wykorzystywane są usystematyzowane dane przestrzenne zebrane w konkretny zdefiniowany zbiór. Nie jest to zatem typowy, surowy produkt teledetekcji, a jego zweryfikowana i usystematyzowana pochodna. Dodatkowo, w trakcie sporządzania dokumentów planistycznych urbanista zobowiązany jest do wykorzystania danych potwierdzonych instytucjonalnie przez jednostki ustawowo umocowane do



prowadzenia rejestrów tematycznych, np. przez: PODGiK, PIG, KZGW, GIOŚ, GDOŚ, GUGiK, UG i inne, a własne opracowania teledetekcyjne mogą być jedynie formą kontroli i uzupełnienia informacji. Niestety, główne składniki opracowań planistycznych jak ekofizjografia czy prognoza oddziaływania na środowisko obligują projektanta do wykorzystania informacji autoryzowanych przez różne urzędy, zatem użycie dowolnych danych przestrzennych, w tym danych teledetekcyjnych nie jest bezpośrednio możliwe. Przykładowo do sporządzenia dokumentacji ekofizjograficznej jako źródła informacji przestrzennych wymienia się mapy sozologiczne, glebowo-rolne, geologiczno-gospodarcze i geośrodowiskowe (Papińska, 2007)

czyli zbiory przetworzone i usystematyzowane pojęciowo. Przystępując do sporządzania dokumentacji urbanista powinien zbudować bazę wiedzy przestrzennej poprzez zgromadzenie danych z wiarygodnych rejestrów i na ich podstawie dokonać właściwej decyzji o kierunkach zagospodarowania przestrzennego. Z uwagi jednak na różną aktualność, wiarygodność i formę prowadzenia rejestrów urbanista jest skazany na weryfikację z natury części informacji oraz jej uzupełnienie. W tym celu często sięga po aktualne dane teledetekcyjne i aktualizuje część map stanowiących podstawę podejmowania uzgodnień i decyzji.

W praktyce, spośród produktów bezpośredniego pochodzenia teledetekcyjnego największą przydatność do sporządzania dokumentacji planistycznej posiadają dane 3D, w postaci modeli budynków i modeli terenu oraz mapy pokrycia (użytkowania) terenu. Stanowią one doskonałe tło do projektowania nowych obiektów, analizy chłonności krajobrazu, analizy przewietrzania miasta, potencjalnych kolizji w strefach oddziaływania lotnisk, etc. Techniki teledetekcyjne mogą bezpośrednio wspierać opisane powyżej analizy chłonności krajobrazu oraz waloryzację terenu i badania predyspozycji terenu do pełnienia określonych funkcji. Najbardziej przydatne do planowania dane wysokościowe, np. modele 3D, są stosunkowo młodymi produktami w pełni uzależnionymi od stosowania technik cyfrowych. Jako nowe produkty cyfrowe pojawiły się na

przestrzeni ostatnich kilkunastu lat, a ich powstawanie z produktów teledetekcyjnych jest mocno zautomatyzowane. Podobnie, duże znaczenie na wszystkich etapach procesu planowania i wielu analizach urbanistycznych ma opisane wyżej tworzenie map pokrycia terenu oraz detekcja zmian. Te dwa produkty, tj. dane wysokościowe i mapy pokrycia terenu (użytkowania terenu) są niezbędne i większościowo wykorzystywane w planowaniu przestrzennym a techniki teledetekcyjne są najlepszym i najbardziej wiarygodnym źródłem informacji w zakresie powstawania tych produktów.



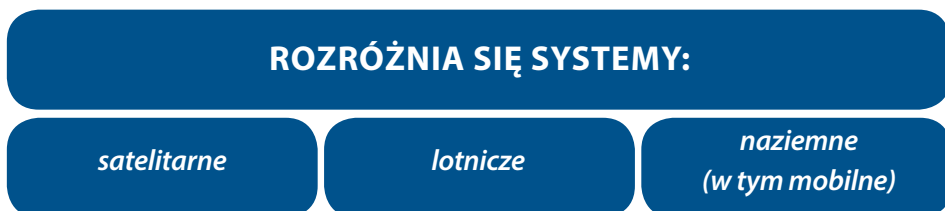
# ROZDZIAŁ 4

CHARAKTERYSTYKA DANYCH  
TELEDETEKCYJNYCH  
I METODY ICH PRZETWARZANIA.

# 4.1

## Właściwości danych teledetekcyjnych

Dane teledetekcyjne mogą być pozyskiwane z różnych pułapów wysokościowych, stąd też ich podział ze względu na rodzaj platformy pomiarowej.

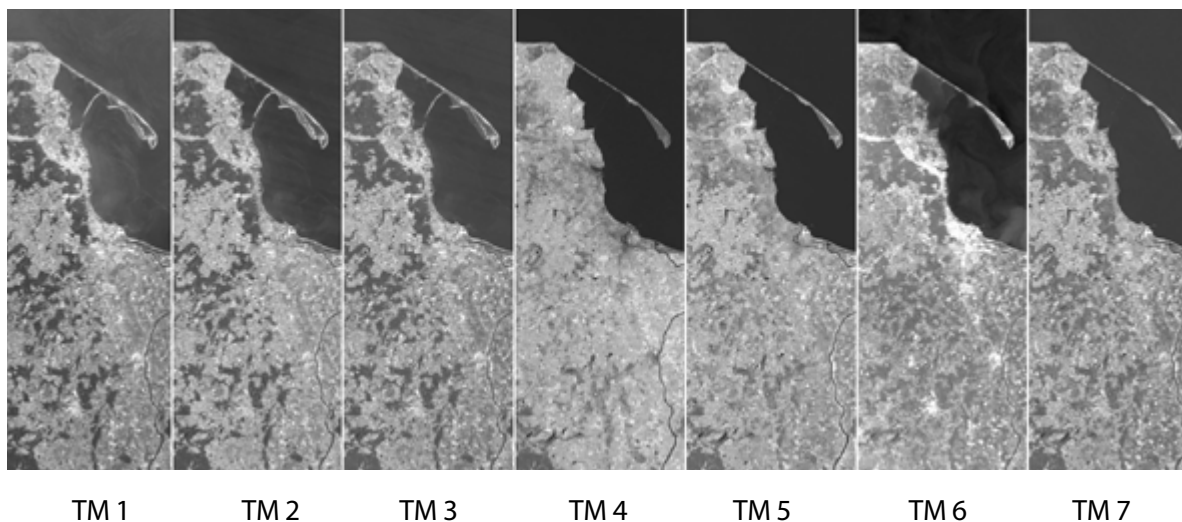


Wysokość platformy pomiarowej powinna być dostosowana do wielkości obszaru badań oraz do wymaganej rozdzielczości przestrzennej zobrazowania.

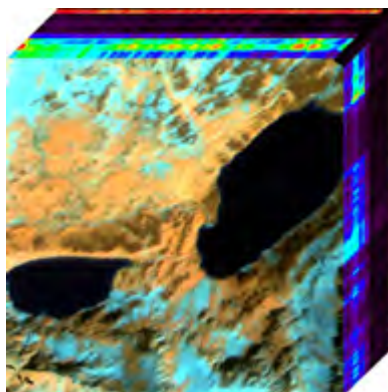
Rozdzielczość zobrazowań jest szczególnie istotna w kontekście oceny jakości danych teledetekcyjnych. W teledetekcji wyróżniono cztery rodzaje rozdzielczości, które należy wziąć pod uwagę przy ocenie przydatności danych do wykonywanych analiz przestrzennych i innych opracowań z wykorzystaniem tych danych. Są to:

- **Rozdzielczość przestrzenna** – określona jest przez wymiar terenowy piksela, będącego podstawową, najmniejszą jednostką powierzchni obrazu cyfrowego. Rozdzielczość ta jest zależna od pola widzenia detektora oraz wysokości lotu platformy oraz wymiaru podstawowego elementu światłoczułego. Dobór rozdzielczości przestrzennej zobrazowania musi być podyktowany celem opracowania i wielkością badanego obszaru. Do badań związanych z przestrzenią miejską zazwyczaj używa się opracowań o wysokiej rozdzielczości. W przypadku analiz o większym zasięgu – w skali województwa czy kraju, można z powodzeniem użyć zobrazowań o niższej rozdzielczości. W przypadku niektórych badań środowiskowych niższa rozdzielczość może być wręcz pożądana, ze względu na potrzebę generalizacji rejestrowanych obiektów. Współcześnie wykonuje się zobrazowania w rozdzielczości przestrzennej od milimetrowej do kilometrowej – najczęściej w przedziale 5 do 100 centymetrów.
- **Rozdzielczość spektralna** – określa liczbę zakresów częstotliwości (długości fali) promieniowania elektromagnetycznego rejestrowanych jako odrębne zbiory informacyjne. Zależna jest od szerokości połówkowej filtrów zastosowanych w instrumencie rejestrującym promieniowanie (Zagajewski, 2010) co oznacza że rejestrowane w zbiorze widmo wnosi ponad połowę informacji (jasności piksela). Determinuje ona liczbę kanałów spektralnych zobrazowania. Sensory multispektralne (kilka kanałów spektralnych) cechują się rozdzielczością spektralną

kilkuset nanometrów, superspektralne (kilkadziesiąt kanałów) – rozdzielczością kilkudziesięciu nanometrów, natomiast sensory hiperspektralne (powyżej stu kanałów) rozdzielczością kilku nanometrów. Jako przykład może służyć QuickBird, który posiada jeden kanał panchromatyczny o szerokości pasma 450 nm oraz 4 kanały wielospektralne rejestrujące promieniowanie w rozpiętości od 60 do 140 nm; Landsat ETM+: kanał panchromatyczny: 380 nm, 7 kanałów wielospektralnych o szerokości pasma: 60-2080nm. Natomiast planowany system hiperspektralny EnMAP ma mieć 228 kanałów o rozdzielczości 5-10 nm.



Rys. 4.1. Zakresy spektralne skanera Landsat Thematic Mapper.



Rys. 4.2. Wizualizacja data-cube zobrazowania hiperspektralnego DAIS7915. Na pierwszym planie przedstawiona jest kompozycja RGB, natomiast, na górnej i prawej krawędzi przedstawione zostały w postaci linii składającej się z jednego piksela kolejne wyciągi spektralne zobrazowania (79 kanałów). (źródło: (Zagajewski, 2010).

- **Rozdzielczość radiometryczna** – Rozdzielczość radiometryczna oznacza czułość detektora na różnicowanie wielkości energii docierającej do niego od poszczególnych obiektów terenowych (Ciołkosz, Jakomulska, 2004). Oznacza także ilość energii potrzebnej do podniesienia sygnału obrazu o jeden poziom (Glossary of remote sensing technology, 2000). Standardowo dane satelitarne zapisane są w kilku-kilkudziesięciu tysiącach stopni szarości (Landsat ETM+: 256 poziomów, QuickBird: 2048, Hyperion: 4096). Rozdzielczość radiometryczna określona jest przez liczbę poziomów szarości, na jakich może zostać zapisany sygnał wyrażana jest liczbą bitów przeznaczonych na liczbowy zapis jasności piksela. Przykładowo obraz 8-bitowy pozwala zapisać 256 poziomów jasności a 11 bitowy -2048. Należy dodać, że pojęcie rozdzielczości spektralnej dotyczy pojedynczego kanału spektralnego, a najczęściej używane kompozycje barwne obrazów do celów prezentacyjnych komponowane są z trzech kanałów spektralnych, zwykle zapisywanych w 256 poziomach jasności dla każdego z kanałów. Obecnie rozdzielczość radiometryczna zobrazowań teledetekcyjnych przekracza możliwości percepcji ludzkiego oka. Większa liczba poziomów może być jednak z powodzeniem interpretowana przez oprogramowanie, dzięki czemu zwiększone zostają możliwości automatycznego przetwarzania obrazów.
- **Rozdzielczość czasowa** – określona jest odstępem czasowym między kolejnymi zobrazowaniami tego samego obszaru. W systemach satelitarnych określona jest przez czas rewizyty satelity nad danym obszarem. Dla satelitów meteorologicznych jest on bardzo krótki (MSG – 15 min, Meteosat - 30 min), natomiast dla satelitów środowiskowych wynosi kilkanaście dni (Ikonos – 11 dni, Landsat i Hyperion – 16 dni).

Ze względu na tryb rejestracji sygnału, systemy teledetekcyjne dzielą się na dwie grupy:

- systemy pasywne,
- systemy aktywne.



Rys. 4.3: Podział pomiarów teledetekcyjnych ze względu na tryb rejestracji sygnału.



W **systemach pasywnych** rejestracji podlega sygnał, którego źródło jest zewnętrzne dla sensora tj. sygnał jest wysyłany przez obserwowany obiekt bądź od niego odbity. Systemy pasywne najczęściej rejestrują promieniowanie słoneczne odbite od obiektów napowierzchni Ziemi. Do systemów pasywnych zalicza się kamery fotogrametryczne oraz satelitarne systemy obrazowania o różnej rozdzielczości spektralnej (Rys. 4.3).

W przypadku lotniczych kamer fotogrametrycznych rejestracja odbywa się wzdłuż toru lotu platformy (samolotu bądź, bezałogowego statku powietrznego (UAV, ang. Unmanned Aerial Vehicle) w tzw. szeregach zdjęć lotniczych. Podczas rejestracji zdjęć zachowana powinna być właściwa wartość pokrycia podłużnego, najczęściej wynosi ona 60%. Istotne są również parametry platformy, tak aby zapewnić stabilność toru lotu (Bernasik, 2008).

**Proces rejestracji promieniowania dla satelitarnych systemów pasywnych może odbywać się w dwóch trybach:**

- **whiskbroom** (skanery poprzecznie zbierające) – skanowanie odbywa się za pomocą obrotowego lustra, które rejestruje obraz poprzecznie do toru lotu platformy. Promieniowanie zostaje odbite do pojedynczego detektora, który zbiera dane o pojedynczych pikselach. Skanery te charakteryzują się większą rozdzielczością, jednakże sam system ze względu na swoją konstrukcję jest dużo droższy niż skanery typu pushbroom.
- **pushbroom** (skanery podłużnie zbierające) – sensor ma postać linijki detektorów, która jest nieruchoma względem platformy (satelity). Rejestracja odbywa się wzdłuż toru lotu platformy.

W **systemach aktywnych** rejestracji podlega sygnał odbity, wysłany wcześniej przez sam system. Przykładem systemu aktywnego jest RADAR. Systemy radarowe wykorzystują podobne jak znane w przyrodzie zjawisko echolokacji. Nadajnik wysyła przez antenę kierunkowy sygnał w postaci fal mikrofalowych, który odbity od powierzchni terenu jest następnie przechwycony przez odbiornik. Odległość od rejestrowanego obiektu jest określana na podstawie różnicy czasu między wysłaniem, a zarejestrowaniem odbitego sygnału (tzw. echa radarowego). Pierwszą generację systemów radarowych stanowiły systemy SLAR. Zasadniczą wadą tych systemów był brak możliwości rejestracji obrazów o wysokiej rozdzielczości w obu kierunkach – rozdzielczość w kierunku równoległym do toru lotu platformy była determinowana wielkością anteny, co w przypadku mobilnych rozwiązań stanowi duże utrudnienie. Ten techniczny problem został rozwiązany poprzez zastosowanie SAR – radaru z syntetyczną aperturą. Określenie „Syntetyczna Apertura” polega na „zastąpieniu” wymaganego dużego fizycznego wymiaru anteny rozwiązaniem wirtualnie zwiększającym wymiar fizyczny, wykorzystując ruch anteny wraz z platformą lotniczą lub satelitarną. Wykorzystuje się pomiar zespolonej formy amplitudy i fazy odbitej fali elektromagnetycznej w trakcie ruchu platformy. Skanery radarowe obserwują teren pod kątem, aby wykorzystać do obrazowania różnice odległości pomiędzy obiektami obserwowanymi ukośnie. W przypadku pionowej obserwacji nie otrzymuje się znaczących różnic odległości, a uzyskany kontrast jest znikomy. W przypadku radaru definiuje się rozdzielczość w kierunku zasięgu i w kierunku azymutu. Intensywność rejestrowanego odbicia

zależy głównie od rozpraszania fali przez powierzchnię, w szczególności przez obiekty o rozmiarze zbliżonym do długości wykorzystywanej fali, odbicie lustrzane i właściwości dielektryczne materiału odbijającego. Istotną składową obrazu radarowego jest również polaryzacja fali emitowanej i rejestrowanej. Surowe obrazy radarowe mają postać hologramu, a wnioskowanie z nich wymaga zaawansowanej wiedzy fachowej.

Na podobnej zasadzie funkcjonują systemy LIDAR, również należące do systemów aktywnych – urządzenie wysyła wiązkę światła laserowego w zakresie podczerwieni lub światła zielonego, która po odbiciu i zarejestrowaniu przez detektor pozwala na określenie odległości między platformą, a miejscem odbicia - tzw. plamką lasera. Część plamek ulega odbiciu lub częściowemu odbiciu, np. od roślinności i powraca do detektora w postaci tzw. echa. Położenie platformy określane jest na podstawie urządzeń GNSS/INS dzięki czemu ustalana jest dokładna pozycja XYZ każdej odbitej plamki lasera. Utworzona w ten sposób chmura punktów może być wykorzystana do utworzenia trójwymiarowego modelu terenu lub pokrycia terenu.

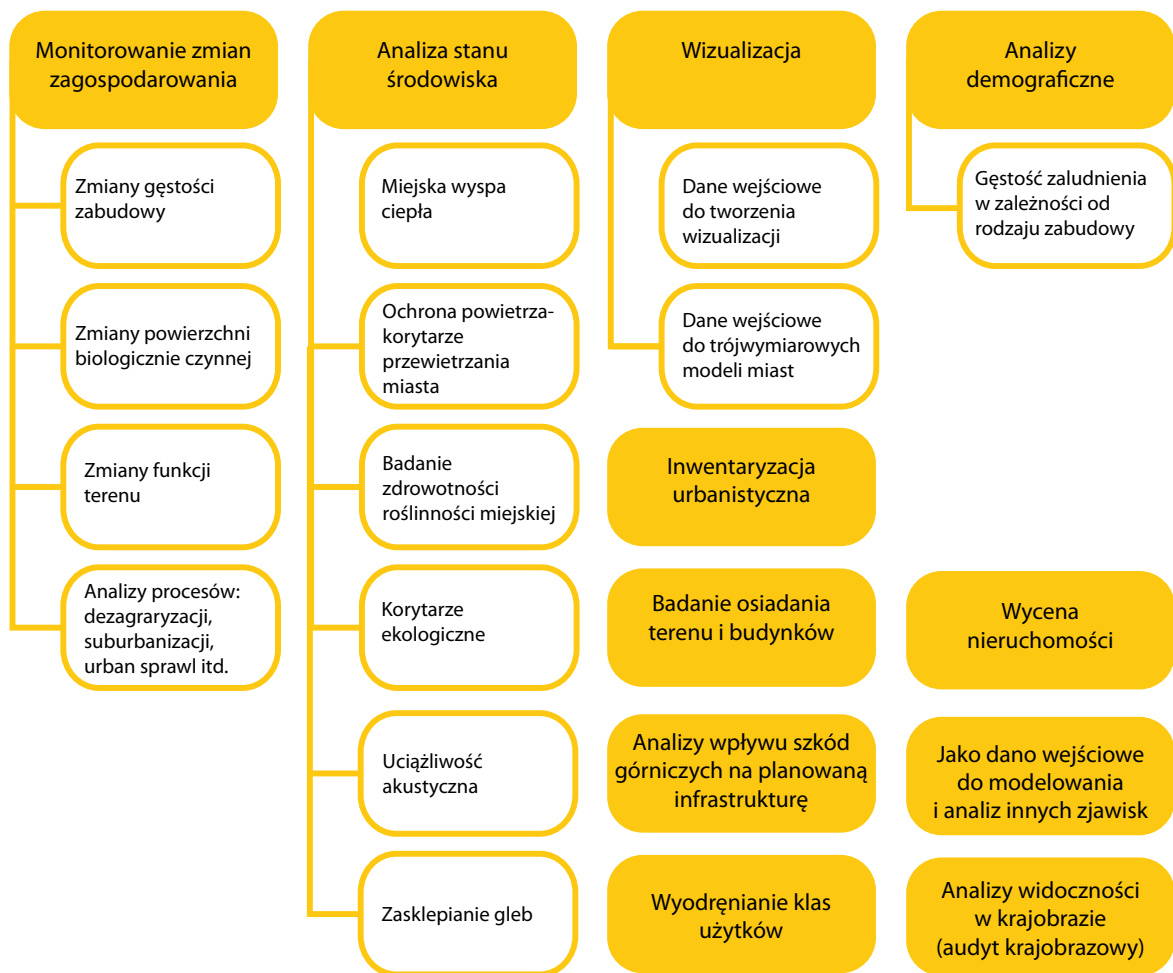
# LIDAR

Do aktywnych systemów teledetekcyjnych zalicza się również sonary i sodary, wykorzystujące odbicie fali dźwiękowej.

## 4.2

### **Podstawowe produkty teledetekcyjne wykorzystywane na potrzeby gospodarki przestrzennej**

Materiały teledetekcyjne i produkty pochodne teledetekcji stanowią coraz istotniejszą grupę danych geoprzestrzennych wykorzystywanych w gospodarce przestrzennej. Główną zaletą tych danych jest szybkość ich pozyskania – nie zachodzi potrzeba wyjścia „w teren”, a pozyskane dane prezentują zazwyczaj całość obszaru zainteresowania. Jest to szczególnie ważne w przypadku mapowania większych obszarów (obszar kraju, region) bądź ośrodków miejskich o wysokim stopniu zurbanizowania. W przypadku obszarów o zwartej zabudowie klasyczne metody pomiaru terenowego mogą okazać się mało wydajne i mniej opłacalne w konfrontacji z metodami teledetekcyjnymi.

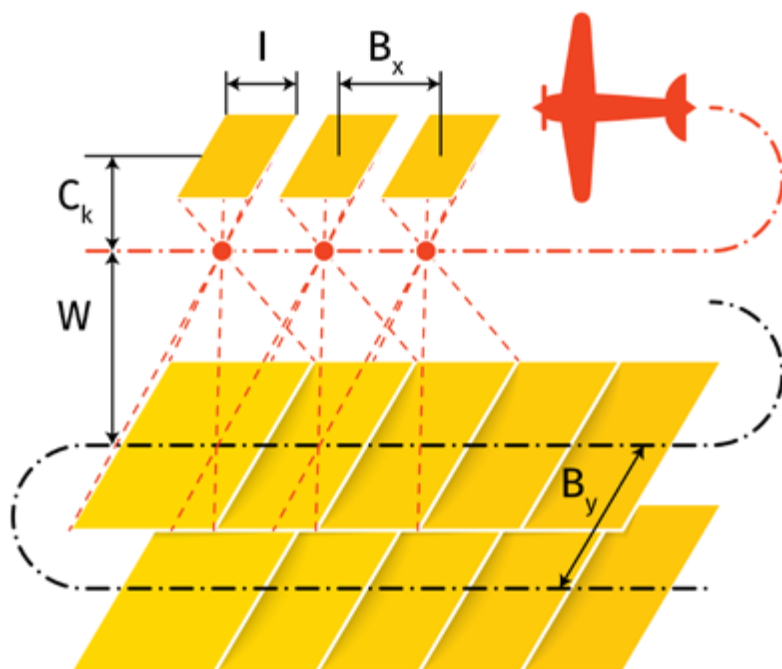


Rys. 4.4: Potencjalne zastosowania metod teledetekcyjnych w planowaniu przestrzennym.

**Ortofotomapa lotnicza** jest mapą fotograficzną, powstałą w wyniku przekształcenia zdjęć lotniczych, tak, jakby zostały one wykonane w rzucie ortogonalnym. Pierwszym etapem przy tworzeniu tego typu opracowań jest pozyskanie danych. Wymaga ono opracowania tzw. projektu nalogu fotogrametrycznego, najczęściej w postaci szeregów fotogrametrycznych (Rys. 4.5). Wysokość



lotu powinna być dostosowana do wyjściowych parametrów produktu, w szczególności skali opracowania oraz finalnej rozdzielczości przestrzennej. Na tym etapie projektowana jest także odległość między kolejnymi szeregami nalogu, determinująca wartość pokrycia poprzecznego (By). W trakcie nalogu kamera fotogrametryczna wykonuje zdjęcia ze stałą częstotliwością tak, aby zapewnić odpowiednie pokrycie podłużne (Bx). Szczególnie istotne są również warunki pogodowe i oświetleniowe w trakcie nalogu.

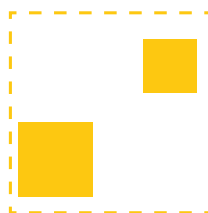


Rys. 4.5: Schemat wykonywania lotniczych zdjęć szeregowych.

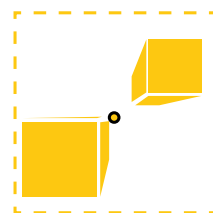
„Surowe” zdjęcia są zawsze wykonane w rzucie środkowym, co oznacza, że widoczny jest na nich efekt perspektywy, z którym związane jest niejednorodne skalowanie obiektów widocznych na fotografii. Obiekty znajdujące się bliżej obiektywu będą miały zwiększoną skalę w stosunku do obiektów oddalonych od środka rzutu.

Zdjęcia lotnicze w nieprzetworzonej postaci nie są zatem kartometryczne, a różnice skali w poszczególnych punktach zdjęcia będą tym większe, im większa będzie różnica wysokości między tymi punktami.

Rzut ortograficzny



Rzut perspektywiczny



Płaszczyzna odniesienia



Rys. 4.6: Zasada tworzenia odwzorowań powierzchni w rzutach: ortograficznym i środkowym, utożsamianym z widokiem perspektywicznym. (na podst.: en.wikipedia.org).





Dodatkowo na fotografiach obserwuje się tzw. dystorsję radialną – doskonale jest to widoczne na zdjęciach terenów o wysokiej zabudowie, gdy w miarę oddalania się od punktu głównego zdjęcia odsłania się coraz większa część ścian budynków. W procesie przetwarzania zdjęć lotniczych do postaci ortofotomapy uwzględnia się również parametry obiektywu kamery lotniczej czy informacje o wychyleniach i torze lotu platformy (najczęściej samolotu). Istotną cechą charakterystyczną ortofotomapy jest jednolita skala dla powierzchni odwzorowanego terenu – ortofotomapa jest opracowaniem kartometrycznym. Celem zapewnienia kartometryczności opracowania zdjęcia zostają przekształcone w ten sposób, jak gdyby zostały wykonane w rzucie ortogonalnym, tj. takim, gdzie równoległe do siebie promienie rzutujące przecinają płaszczyznę odniesienia pod kątem prostym. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że w praktyce przetworzenie obrazu zdjęć lotniczych do rzutu ortogonalnego odnosi się zazwyczaj jedynie do punktów na powierzchni terenu. Wszelkie wysokie obiekty wystające ponad powierzchnię terenu nie zachowują skali, stąd na ortofotomapie obserwuje się przesunięcia radialne obiektów takich jak słupy, drzewa czy budynki. Wyjątkiem są ortofotomapy TrueOrthophoto, jednak metoda ta jest czasochłonna i dość kosztowna. Co więcej, przesunięcia radialne budynków niekoniecznie stanowią wadę klasycznej ortofotomapy, a w niektórych przypadkach stanowią jej atut. Obecnie ortofotomapa lotnicza powstaje ze zdjęć lotniczych w procesie fotogrametrii cyfrowej. Wykorzystywane jest specjalistyczne oprogramowanie realizujące w zautomatyzowany sposób wiele etapów przetworzenia. Coraz bardziej oprogramowanie fotogrametryczne ma charakter „czarnej skrzynki” i wymaga jedynie prawidłowego zdefiniowania zestawu danych wejściowych i parametrów wynikowych. W szczególności dotyczy to oprogramowania do przetwarzania zdjęć małoobrazkowych z dronów. Niestety takie zamknięte procesy często utrudniają poprawę jakości uzyskiwanego produktu.

Dzięki przedstawieniu rzeczywistego stanu pokrycia i zagospodarowania terenu, ortofotomapa stanowi jeden z głównych zasobów wykorzystywanych do analiz zmian pokrycia terenu na danym obszarze (Wojkowski, 2011). Ponadto, często widoczny jest na niej rzeczywisty przebieg granic posesji, jak i granic użytków. Wysoka rozdzielczość zdjęć wykorzystanych do opracowania ortofotomap lotniczych umożliwia precyzyjną identyfikację obiektów na powierzchni Ziemi. Ortofotomapa jest coraz powszechniej wykorzystywana do opracowywania i aktualizacji studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego czy planów miejscowych, zastępując często nieaktualne mapy topograficzne (Fogel, 2017). Ze względu na kompleksowy charakter treści ortofotomapy często stanowi ona podkład do wizualizacji innych warstw tematycznych (najczęściej wektorowych), jak również jest najchętniej wybieraną mapą podkładową w rozwiązaniach typu geoportal. Z powodu łatwości w interpretacji ortofotomapa nadaje się również jako materiał kartograficzny wykorzystywany w konsultacjach społecznych związanych z procedurami planistycznymi.

Treść ortofotomapy może być przedstawiona w skali szarości (ortofotomapa B/W). Współcześnie dużo częściej spotyka się jednak barwne ortofotomapy, pozyskane ze zdjęć lotniczych zarejestrowanych w trzech kanałach spektralnych pokrywających się z zakresem światła widzialnego (ortofotomapa RGB) lub z użyciem dodatkowego kanału podczerwieni (ortofotomapa CIR). Ostatnia ze



wspomnianych ortofotomap znalazła szczególne zastosowanie we wszystkich zadaniach związanych z analizą stanu pokrywy roślinnej (np. przy opracowaniach ekofizjograficznych poprzedzających przystąpienie do procedur planistycznych). Nowym rozwiązaniem na platformach lotniczych jest zastosowanie kamer hyperspektralnych, dzięki którym rozpoznawanie roślinności może być jeszcze bardziej precyzyjne. Zobrazowania hyperspektralne, dostępne jeszcze niedawno tylko z pułapu satelitarnego, pozwalają na wykrywanie konkretnych gatunków, identyfikację rodzaju uszkodzeń i wykrywania zmian w pokrywie roślinnej.

**W ostatnim czasie obserwuje się również zwiększenie zapotrzebowania na lotnicze zdjęcia ukośne.** Zmiana perspektywy pozwala na bardziej szczegółową analizę obiektów napowierzchni terenu, w szczególności pomiar elementów budynków w tym powierzchni fasad i dachów budynków oraz ich wysokości. Rejestracja zdjęć ukośnych zazwyczaj odbywa się z jednoczesną rejestracją zdjęć pionowych. Dzięki wysokiej rozdzielczości obrazowań użycie tej metody pozwala m.in. na wykrycie istniejących powierzchni reklamowych na fasadach budynków czy uszkodzeń infrastruktury drogowej.

Współcześnie fotogrametria lotnicza często wspomagana jest jednoczesnym skanowaniem laserowym, co umożliwia zautomatyzowanie procesu modelowania 3D, a przy zastosowaniu zdjęć ukośnych umożliwia również automatyzację tekstuowania modelu.

**Numeryczny model terenu i numeryczny model powierzchni terenu** – są to modele niosące informację o ukształtowaniu powierzchni terenu (NMT) oraz o obiektach znajdujących się na tej powierzchni (NMPT). Przez numeryczny model terenu należy rozumieć zbiór punktów o znanych współrzędnych w przestrzeni trójwymiarowej (X, Y, H) wraz z algorytmami interpolacyjnymi umożliwiającymi odtworzenie powierzchni terenu.

**Ze względu na sposób zapisu danych wyróżnia się modele w postaci:**

- nieregularnej siatki trójkątów (TIN – Triangular Irregular Network),
- siatki kwadratów (GRID),
- modele warstwiczne (warstwy zapisane w postaci wektorowej).

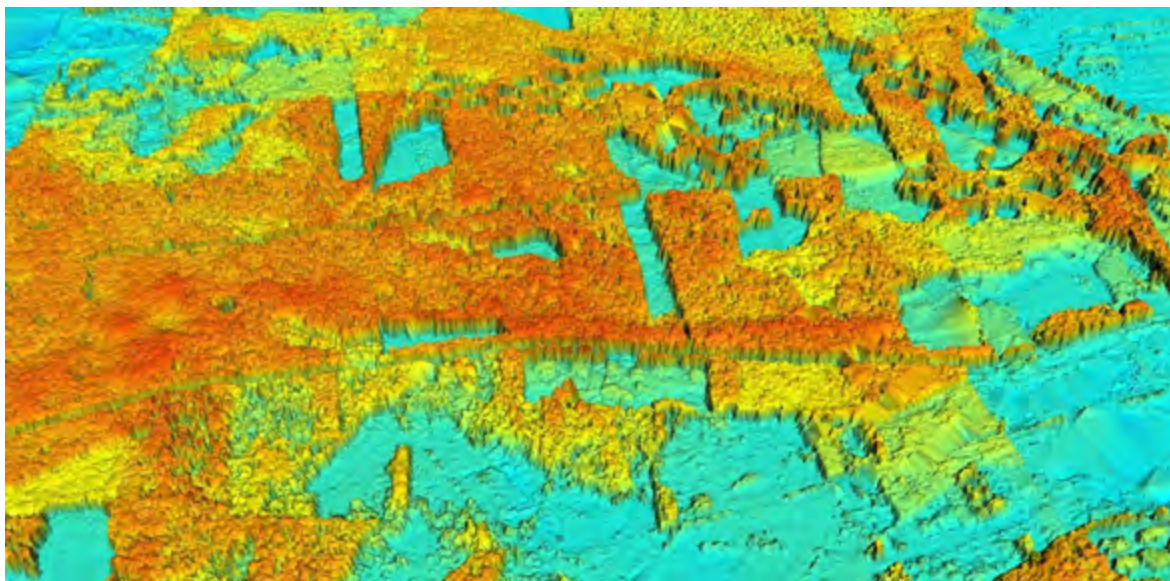
**Numeryczne modele terenu mogą zostać utworzone na podstawie danych pozyskanych z różnych źródeł (Bernasik, 2008) – trzy ostatnie pozycje to źródła teledetekcyjne:**

- z bezpośredniego pomiaru geodezyjnego,
- poprzez digitalizację istniejących map,
- z przetworzenia sklasyfikowanej chmury punktów z lotniczego skaningu laserowego (przykładem jest NMT oraz NMPT będące produktami projektu ISOK),
- ze zdjęć lotniczych (z użyciem cyfrowych stacji fotogrametrycznych),
- z wykorzystaniem interferometrii radarowej (np. misja SRTM – ang. Shuttle Radar Topography Mission).

W planowaniu przestrzennym szersze zastosowanie z pewnością ma NMPT, ze względu na uwzględnienie w nim nie tylko geomorfologii powierzchni terenu, ale także obiektów infrastruktury na powierzchni – budynków, zieleni itp., stanowiących istotny element przestrzeni miejskiej. NMPT może posłużyć między innymi do:

- określania wysokości budynków,
- planowania i projektowania inwestycji oraz prognozowania ich wpływu na istniejący krajobraz,
- badanie wpływu koncepcji urbanistycznej na otoczenie,
- pomocniczo przy wydawaniu pozwoleń na budowę,
- przy sporządzaniu map hałasu i uciążliwości akustycznej (przy opracowaniu PZP oraz oceny oddziaływania inwestycji na środowisko),
- aktualizacji EGiB (zmiany w zabudowie, sukcesja lasu na użytki rolne),
- do planowania dróg ewakuacji w wypadku klęsk żywiołowych.

Część z powyższych analiz może być także przeprowadzona bezpośrednio na sklasyfikowanej chmurze punktów uzyskanej z lotniczego skaningu laserowego.



Rys. 4.7: Przykład Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu. Na rysunku wyraźnie zaznaczają się granice lasów i łąk. (Źródło: SmallGIS).

Do realizacji zadań, w których niezbędna jest wysoka szczegółowość danych, w szczególności do trójwymiarowych modeli miast, można wykorzystać naziemny skaningu laserowego (TLS) – statyczny lub coraz popularniejszy mobilny. Pomiar prowadzony w ten sposób jest tani i szybki, a przetwarzanie danych jest w znacznym stopniu zautomatyzowane. Już przeklasyfikowana chmura

punktów ze skaningu laserowego cechuje się wysokim stopniem szczegółowości i może być bezpośrednio wykorzystywana do modelowania przestrzeni. Narzędzia do obsługi chmur punktów umożliwiają, m.in. wyznaczanie miar wybranych elementów budynków, w tym ich wysokości. TLS jest aktualnie najdokładniejszą metodą modelowania 3D istniejącej zabudowy. Dzięki zastosowaniu danych 3D możliwe jest przeprowadzanie również analiz związanych z ograniczeniem widoczności i zacielenia przez nowoprojektowane inwestycje. Informacje wynikowe mogą okazać się przydatne przy określaniu dopuszczalnej wysokości budynków. Wizualizacje 3D przyszłych inwestycji z uwzględnieniem ich wpływu na otoczenie można z powodzeniem wykorzystać podczas konsultacji społecznych w procesie planistycznym.

## 4.3

### Podstawowe techniki przetwarzania danych teledetekcyjnych

Istotnym aspektem związanym z przewidywaniem rozwoju obszarów zurbanizowanych jest przestrzenny rozkład typów użytkowania terenu, który można przedstawić na mapie użytkowania bądź mapie pokrycia terenu. Teledetekcyjne metody klasyfikacji satelitarnych obrazów multispektralnych pozwalają na szybkie wyodrębnienie klas użytkowania bez konieczności wychodzenia w teren, co w znaczący sposób automatyzuje proces powstawania wspomnianych map. Opracowano wiele metod klasyfikacji o różnym stopniu automatyzacji.

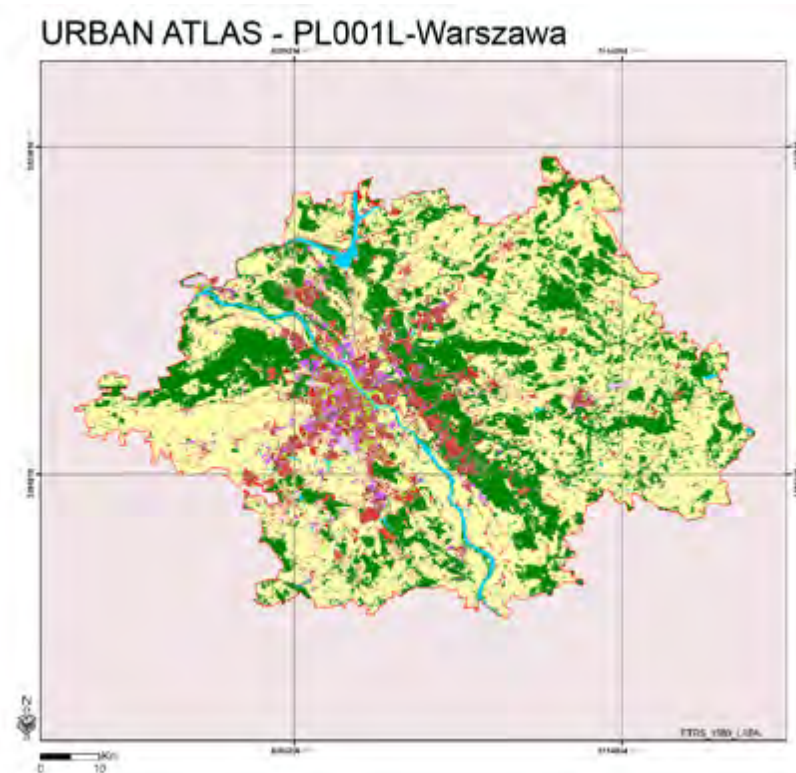
#### NAJWAŻNIEJSZE Z NICH TO:

- **Klasyfikacja nadzorowana** – operator definiuje wzorzec klasy wskazując grupy pikseli (tzw. pola treningowe) na podstawie wizualnej analizy obrazu oraz materiałów pomocniczych. Dla pozostałych pikseli w sposób automatyczny zostają przypisane klasy na podstawie podobieństwa ich odpowiedzi spektralnych do odpowiednich pól treningowych.
- **Klasyfikacja nienadzorowana** – w przeciwieństwie do klasyfikacji nadzorowanej wzorce klas są tworzone automatycznie z zastosowaniem algorytmów statystycznych (np. K-mean, ISODATA). W wyniku ich działania zdefiniowane zostają zestawy tzw. klastrów będących odpowiednikami pól treningowych.
- **Klasyfikacja „miękką”** z zastosowaniem logiki rozmytej (Nedeljkovic, 2004) – klasyfikacja nie jest zero-jedynkowa jak w przypadku wyżej wspomnianych „twardych” metod klasyfikacji. Aby określić stopień przynależności pikseli do danej klasy wykorzystywane są funkcje przynależności. Stopień przynależności przyjmuje wartości z zakresu 0-100%.

- **Klasyfikacja obiektowa (OBIA)** – przed przystąpieniem do klasyfikacji obraz podlega segmentacji (podziałowi na obiekty). Idea segmentacji została zainspirowana postrzeganiem obrazu przez człowieka – widząc zdjęcie satelitarne rozpoznajemy całościowe obiekty, nie pojedyncze piksele. Algorytm OBIA naśladuje ten mechanizm. Następnym krokiem jest właściwa klasyfikacja. W przeciwieństwie do wspomnianych wyżej metod nie poprzestaje ona na badaniu zależności między odpowiedziami spektralnymi obiektów. Pod uwagę brane są również takie cechy jak: geometria, powierzchnia, kształt, tekstura i inne (Blaschke, 2010).
- **Klasyfikacje eksperckie** – w klasyfikacjach eksperckich poza informacjami uzyskiwanymi z przetwarzania obrazu wykorzystuje się dodatkowe informacje w postaci zestawu parametrów wejściowych, celem zwiększenia dokładności klasyfikacji. Za pomocą danych pomocniczych można skorygować również wyniki przetwarzania za pomocą reguł opartych na obecnym stanie wiedzy (Pereira et al., 2009). Metody eksperckie często łączą wiele technik przetwarzania obrazów teledetekcyjnych, celem zmaksymalizowania dokładności wyniku klasyfikacji.

Wyjściowym produktem klasyfikacji jest mapa użytkowania terenu bądź mapa pokrycia terenu. Na terenie Unii Europejskiej uruchomiono kilka projektów wykorzystujących klasyfikację satelitarnych obrazów do utworzenia podobnych opracowań. Jednym z projektów związanych z monitoringiem obszarów zurbanizowanych był projekt Urban Audit prowadzony przez EUROSTAT. Główne cele tego projektu to opracowanie wskaźników ilościowych i jakościowych dla obszarów zurbanizowanych, jak również monitoring przestrzeni miejskich w zakresie demografii, kultury i rekreacji, transportu, środowiska oraz jakości życia mieszkańców. Jednym z podprojektów tego przedsięwzięcia jest Urban Atlas, w wyniku którego utworzono cyfrowe mapy wykorzystania terenu (ang. land use maps) dla 185 miast w państwach członkowskich UE. Danymi wejściowymi były multispektralne zobrażenia satelitarne SPOT-5. Zostały one przetworzone z użyciem półautomatycznych metod klasyfikacji obrazu. Dane zawierają 20 wydzielonych podklas – w tym wyodrębniono 5 podklas zabudowy miejskiej z rozróżnieniem ze względu na gęstość zabudowy.

## URBAN AUDIT



11210: Discontinuous Dence Urban Fabric (S.L.: 50%>80%)	12400: Airports
11220: Discontinuous Medium Dencity Urban Fabric (S.L.: 30%>50%)	13100: Mineral extraction and dump sites
11230: Discontinuous Low Dencity Urban Fabric (S.L.: 10%>30%)	13300: Construction sites
11240: Discontinuous very low dencity drban fabric (S.L.: <10%)	13400: Land without current use
11300: Isolated Structures	14100: Green urban areas
12100: Industrial, commercial, public, military and private units	14200: Sports and leisure facilities
12210: Fast transit roads and associated land	20000: Agricultural, semi-natural and wetland areas
12220: Other roads and associated land	30000: Forest
12230: Railways and associated land	50000: Water
12300: Port areas	

Rys. 4.8: Mapa wykorzystania terenu Urban Atlas (źródło: Europejska Agencja Środowiska).

Przy przetwarzaniu danych satelitarnych lub wykorzystaniu produktów tego przetwarzania należy szczególną uwagę zwrócić na informacje związane z czasem i sposobem pozyskania tych danych. Dane uzyskiwane z pułapu satelitarnego ze swojej natury charakteryzują się mniejszą rozdzielczością przestrzenną niż ortofotomapa lotnicza, co może utrudniać ich interpretację. Większość współcześnie stosowanych kamer lotniczych rejestruje cztery pasma spektralne – barwy widzialne oraz bliską podczerwień. Taka ilość kanałów zwykle nie wystarcza do przeprowadzenia dokładnej klasyfikacji – dlatego też omówione wyżej metody aplikuje się zazwyczaj do zobrazowań satelitarnych (od kilku



do kilkunastu kanałów spektralnych). Względnie niska rozdzielczość przestrzenna zobrazowania może wpłynąć na możliwość rozpoznania niektórych obiektów, stąd ważna jest świadomość użytkownika danych pozyskanych w ten sposób. Mogą nastąpić problemy z rozpoznaniem obiektów mniejszych bądź węższych niż szerokość piksela – pojedynczych drzew, ciągów komunikacyjnych itp. Możliwa jest poprawa rozdzielczości obrazu za pomocą tzw. pansharpeningu, czyli wyostrenia obrazu w oparciu o obraz panchromatyczny o wyższej rozdzielczości, jednak tak przetworzony obraz zaburzyłby wynik klasyfikacji, więc może być użyty jedynie w celu późniejszej weryfikacji jej dokładności. W przypadku zbyt niskiej dokładności zobrazowań zaleca się użycie danych o wyższej rozdzielczości (np. pozyskanych z pułapu lotniczego).

Dysponując danymi teledetekcyjnymi pozyskanymi w różnych okresach czasu można przeprowadzać analizy wieloczasowe, których produktem może być mapa zmian w użytkowaniu terenu. Wskazanie i ocena zmian w użytkowaniu terenu to jedno z kluczowych problemów dotyczących mapowania terenów zurbanizowanych. Niniejsze analizy w kontekście zarządzania przestrzenią są przeprowadzane głównie z potrzebą udokumentowania rozwoju nowej zabudowy mieszkaniowej na obszarach wcześniej niezurbanizowanych, co wpływa, m.in. na wartość spływu powierzchniowego czy spadek jakości wód w otoczeniu inwestycji.

Przy analizowaniu zmian istotna jest kwestia spójności użytych do tego celu zobrazowań. Nieświadomie wykonana analiza może doprowadzić do błędów i wskazania zmian tam, gdzie ich nie ma – może się tak zdarzyć, jeśli użyte zobrazowania zostały wykonane z inną rozdzielczością, o innej porze roku bądź były przetwarzane z użyciem innych metod.

Przykład wykrycia zmian w zagospodarowaniu terenu ukazano na rysunkach 4.9-4.11. Przedstawiają one produkty baz CORINE Land Cover – opracowania CLC2006 i CLC2012 przedstawiające stan pokrycia terenu w tychże latach, oraz LCC2006-2012 – czyli mapę wykrytych zmian w użytkowaniu na przestrzeni tych sześciu lat. Bazy CORINE powstały kolejno w latach: 1990, 2000, 2006 oraz 2012. Bazy danych pokrycia terenu zostały opracowane z dokładnością odpowiadającą mapie w skali 1: 100000. Opracowania powstałe w programie CORINE stanowią spójne źródło informacji o pokryciu terenu dla obszaru UE i są wykorzystywane pomocniczo do analiz w zarządzaniu przestrzenią (Drzewiecki, 2008). Informacja o pokryciu i użytkowaniu terenu, jak i jego zmianach w czasie są niezwykle istotne z punktu widzenia zarządzania przestrzenią. Bazy CORINE charakteryzują się dość niską rozdzielczością i są wykorzystywane z powodzeniem dla wspierania polityki przestrzennej Wspólnoty Europejskiej i Polski, natomiast utrudnione jest ich wykorzystanie w skali regionów.

**CORINE**

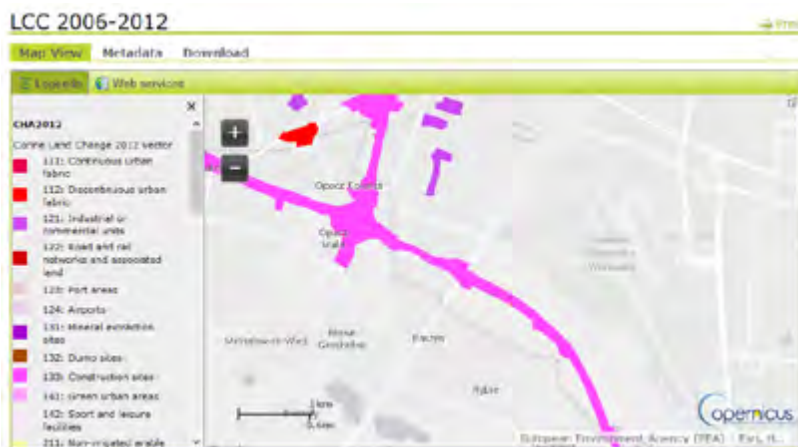




Rys. 4.9: Dane Corine Land Cover z 2012 roku w przeglądarce udostępnionej na stronie programu Copernicus (źródło: Europejska Agencja Środowiska).



Rys. 4.10: Dane Corine Land Cover z 2006 roku w przeglądarce udostępnionej na stronie programu Copernicus (źródło: Europejska Agencja Środowiska).



Rys. 4.11: Mapa zmian (Land Cover Change), które zaszły w zagospodarowaniu między 2006, a 2012 rokiem (źródło: Europejska Agencja Środowiska).

W skali regionalnej również możliwe jest tworzenie opracowań podobnych do standardu CORINE – w tym celu należałoby cyklicznie zbierać multispektralne dane satelitarne obejmujące obszar regionu i za pomocą klasyfikatorów tworzyć mapy użytkowania terenu dla danego czasookresu. Wykrycie zmian w użytkowaniu na prawidłowo przygotowanych danych wejściowych nie sprawia trudności, sprowadzając się do porównania map z dwóch okresów.

Analizy wieloczasowe mogą być również przeprowadzane dla danych pozyskanych z pułapu lotniczego – przykładowo z użyciem ortofotomapy możliwe jest przeprowadzenie analizy zmian zagospodarowania terenu, sieci dróg, roślinności oraz stanu otoczenia (Markiewicz, Turek, 2014). Również w tym wypadku należy zwrócić szczególną uwagę na rozdzielczość zdjęć/skanów jak i warunki rejestracji. Obecnie obserwuje się rozwój kamer lotniczych w kierunku integracji ze skanowaniem laserowym oraz zastosowaniem technologii multi- i hiperspektralnych, co przyczyni się do zwiększenia możliwości w zakresie przetwarzania danych pozyskanych z tego pułapu. Dane w tej rozdzielczości są odpowiednie dla potrzeb analiz wspomagających zarządzanie przestrzenią w skali regionalnej i lokalnej.

*Wynik analiz wykrytych zmian, niezależnie od skali może być wykorzystany nie tylko do dokumentowania i bliższego poznania zjawisk, ale także do modelowania procesów urbanistycznych w przyszłości, generowania scenariuszy oraz przy wspomaganiu decyzji związanych z wprowadzeniem środków zaradczych w przypadku zjawisk negatywnie oddziałujących na przestrzeń miejską.*

## 4.4

### Wskaźniki teledetekcyjne

Zastosowanie wskaźników teledetekcyjnych, obliczanych na podstawie kilku kanałów spektralnych stanowi jedną z najczęściej stosowanych metod polepszenia czytelności obrazu multispektralnego. Wskaźniki teledetekcyjne wykorzystują matematyczne zależności zachodzące między jasnościami pikseli tego samego obiektu zarejestrowanymi w różnych kanałach spektralnych. Badając te zależności operator jest w stanie wychwycić charakterystyczne cechy obiektów na mapie obrazującej wartość obliczonego wskaźnika. Najpopularniejszymi wskaźnikami teledetekcyjnymi są indeksy wegetacji, które pozwalają na detekcję roślinności i określenie zawartości biomasy w sposób ilościowy. Mogą być one wykorzystane do opracowań ekofizjograficznych oraz przy badaniu wpływu inwestycji na środowisko.

**Podstawowymi indeksami wegetacji są indeksy VI oraz NDVI:(Rouse et al. 1973):**

#### ***VI – Vegetation Index (Simple Ratio SR)***

Wskaźnik ten bazuje na charakterystycznym zróżnicowaniu odbicia promieniowania dla roślinności w kanałach czerwonym (RED) i bliskiej podczerwieni (NIR). Do obliczenia indeksu wegetacji wykorzystuje się iloraz tych kanałów spektralnych:

$$VI = NIR / RED$$

#### ***DVI – Normalized Difference Vegetation Index***

Jest to modyfikacja wskaźnika VI, przyjmuje wartości z przedziału od -1 do 1, wykorzystując również zależność między kanałem czerwonym i bliskiej podczerwieni:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Im wyższą wartość osiąga NDVI dla danego piksela, tym więcej biomasy roślinnej znajduje się na jego obszarze. Wartości ujemne występują na terenach bez roślinności – tereny zabudowane, pokryte betonem, obszary wód powierzchniowych czy gleb odkrytych. Informacja ta może być przydatna przy zarządzaniu terenami zieleni i ocenie stanu roślinności w przestrzeni miejskiej. Wskaźnik NDVI jest również wykorzystywany przy badaniu zasięgu miejskiej wyspy ciepła (Gallo et al., 1993) oraz szacowaniu emisyjności powierzchni – na podstawie wartości NDVI wyznaczany jest stopień pokrycia powierzchni danego piksela przez roślinność (Walawender., 2009). Metoda zaproponowana przez Walawendera wymaga jednak wcześniejszego wymaskowania obszarów pokrytych wodami.

Kolejną grupą indeksów teledetekcyjnych, które znalazły zastosowanie w planowaniu przestrzennym są wskaźniki związane z charakterystykami spektralnymi zabudowy oraz gleb odkrytych. Stwierdzenie istnienia i procentowego udziału w ogóle obszaru wspomnianych form użytkowania terenu może być przydatne przy ocenie stopnia rozwoju zabudowy oraz stanu środowiska. W celu teledetekcyjnego wyodrębnienia poszczególnych rodzajów użytkowania terenu najczęściej stosowane są metody z użyciem opisywanych uprzednio wielospektralnych klasyfikacji obrazu. Klasyfikatory jednak często zawodzą w przypadku rozróżnienia obszarów zabudowanych od

gleb odkrytych, czy określenia stopnia intensywności zabudowy, stąd też konieczność utworzenia bardziej zaawansowanych metod wykrywania tych obszarów. Do bardziej specjalistycznych należą następujące wskaźniki (Kycko, 2017)

Zastosowanie	Symbol	Nazwa	Źródło
Ocena ogólnego stanu roślinności	WRDVI	Wide Dynamic Range Vegetation Index	Gitelson 2004
	ARVI	Atmospherically Resistant Vegetation Index	Kaufman, Tanre 1992
	TVI	Triangular Vegetation Index	Broge, Leblanc 2000
	NMDI	Normalized Multi-band Drought Index	Wang, Qu 2007, Zhang i in. 2009
	GNDVI	Green Normalized Difference Vegetation Index	Gitelson i in. 1996
Ocena ilości barwników fotosyntetycznie czynnych	mNDVI705	Modified Normalized Difference Vegetation Index 705	Sims, Gamon 2002
	VREI2	Vogelmann Red Edge Index 2	Vogelmann i in. 1993
	REPI	Red Edge Position Index	Dawson, Curran 1998
	SRPI	Simple ratio pigment index	Peñuelas i in. 1995a.
	CRI2	Carotenoid Reflectance Index 2	Gitelson i in. 2002
	ARI2	Anthocyanin Reflectance Index 2	Gitelson i in. 2001
	CTR2	Carter	Carter i in. 1996
	LIC2	Lichtenthaler	Lichtenthaler i in. 1996
	GM2	Gitelson i Merzlyak	Gitelson, Merzlyak 1997
	GI	Greenness Index	Zarco-Tejada i in. 2004
	XES	Xanthophyll epoxidation state	Gamon i in. 1990
	SI	Stress Index	Vidal i in. 1994
	RGR	Red/Green Ratio; Antocyjany/chlorofil	Fuentes i in. 2001
	RARSa	Ratio analysis of reflectance spectra algorithm chlorophyll a	Chappelle i in. 1992
	RARSb	Ratio analysis of reflectance spectra algorithm chlorophyll b	Chappelle i in. 1992
	RARSc	Ratio analysis of reflectance spectra algorithm carotenoid	Chappelle i in. 1992
Ocena zawartości azotu	NDNI	Normalized Difference Nitrogen Index	Serrano i in. 2002
Ocena ilości światła wykorzystywanego w procesie fotosyntezy	PRI	Photochemical Reflectance Index	Gamon i in. 1992
	SIPI	Structure Insensitive Pigment Index	Peñuelas i in. 1995b

	NPQI	Normalized Phaeophytinization Index	Barnes i in. 1992
	ZMI	Zarco-Tejada & Miller	Zarco-Tejada i in. 2001
Ocena ilości suchej biomasy i węgla	PSRI	Plant Senescence Reflectance Index	Merzlyak i in. 1999
	NDLI	Normalized Difference Lignin Index	Serrano i in. 2002
	CAI	Cellulose Absorption Index	Daughtry 2000, Nagler i in. 2003
Ocena zawartości wody	WBI	Water Band Index	Peñuelas i in. 1997
	NDWI	Normalized Difference Water Index	Gao 1995, 1996
	RWC	Relative Water Content	Linke i in. 2008
	AWC	Actual water content	Linke i in. 2008
	RMP	Relative leaf moisture percentage on fresh weight basis	Yu i in. 2000
	DSWI	Disease water stress	Galvão i in. 2005

Tab. 4.1 Wykaz wskaźników teledetekcyjnych i obszarów ich zastosowań.

**UI – Urban Index**

Indeks został opracowany na podstawie charakterystycznej różnicy odbicia spektralnego dla obszarów zabudowanych dla kanału bliskiej i średniej podczerwieni (SWIR2) (Kawamura et al., 1996):

$$UI = \frac{(SWIR2 - NIR)}{(SWIR2 + NIR)} + 1$$

Wysoka wartość indeksu wskazuje na duży stopień intensywności zabudowy.

**NDBI – Normalised Difference Built-Up Index**

Wskaźnik został opracowany celem zautomatyzowania procesu mapowania obszarów zabudowanych (Zha et al., 2003). Wykorzystuje on charakterystykę odpowiedzi spektralnej obszarów zabudowanych względem pozostałych klas pokrycia terenu w kanałach podczerwieni SWIR1 oraz NIR. Obliczenia prowadzone są w sposób analogiczny do znormalizowanego indeksu wegetacji NDVI:

$$NDBI = (SWIR1 - NIR) / (SWIR1 + NIR)$$

Zarówno **NDBI** jak i **UI** umożliwiają szybkie wykrycie na obrazie obszarów zabudowanych czy gleb odkrytych. Zawodzą jednak przy rozróżnieniu tych dwóch klas między sobą, co skutkowało koniecznością opracowania innych wskaźników (As-Syakur, 2012).

### **IBI – Index-based Built-up Index**

**IBI** jest wskaźnikiem teledetekcyjnym, który bazuje na trzech innych wskaźnikach tematycznych (Xu, 2008), co wyróżnia go na tle konwencjonalnych wskaźników, dla których obliczenia prowadzone są na bazie oryginalnych obrazów poszczególnych kanałów zarejestrowanych przez sensor.

IBI wykorzystuje następujące wskaźniki teledetekcyjne, zawierające informacje o trzech składnikach środowiska, szczególnie istotnych przy badaniu przestrzeni miejskiej:

- SAVI (ang. *soil adjusted vegetation index*) – informacja o stanie roślinności z uwzględnieniem wpływu gleby na wielkość odbicia spektralnego,
- MNDWI (ang. *modified normalized difference water index*) – informacja o zawartości wody w pokrywie roślinnej,
- NDBI (ang. *normalized difference built-up index*) – informacja o zabudowie.

Wskaźnik IBI obliczany jest według poniższego wzoru:

$$IBI = \frac{2SWIR1 / (SWIR1 + NIR) - [NIR / (NIR + Red) + Green / (Green + SWIR1)]}{2SWIR1 / (SWIR1 + NIR) + [NIR / (NIR + Red) + Green / (Green + SWIR1)]}$$

### **NDBal - Normalised Difference Bareness Index**

Wskaźnik NDBal jest wykorzystywany do ekstrakcji obszarów gleb odkrytych (Zhao, Chen, 2005), dzięki zastosowaniu kanału termalnego (TIR):



$$NDBaI = (SWIR1 - TIR) / (SWIR1 + TIR)$$

### ***Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI)***

Przewaga tego wskaźnika nad innymi indeksami polega na tym, że pozwala on nie tylko wykryć obszary zabudowane i gleby odkryte, ale również rozróżnić te klasy między sobą, co dotychczas było utrudnione (As-syakur et.al., 2012). Indeks ten wyróżnia się równoczesnym zastosowaniem kanałów NIR (bliska podczerwień) SWIR (podczerwień zakresu fal krótkich) oraz TIR (zakres termalny).

$$EBBI = (SWIR1 - NIR) / (10 \sqrt{SWIR1 + TIR})$$

Dzięki zastosowaniu tego indeksu możliwe jest nie tylko rozróżnienie terenów zabudowanych od odkrytych gleb, ale również precyzyjniejsze wyznaczenie gęstości zabudowy.

### ***Normalized Difference Bare Land Index (NBLI)*** (Li et al., 2017)

Twórcy NBLI postawili sobie za cel stworzenie prostego indeksu, który pozwoli wykryć z dużą dokładnością obszary gleb odkrytych. Wskazali, że dotychczasowe wskaźniki nie były optymalne – wymagały od operatora określenia wartości progowej, powyżej której piksele zostaną przypisane do klasy gleb odkrytych. Do tego celu użyto różnicy w odbiciu tych terenów w kanale czerwonym i termalnym:

$$NBLI = (Red - TIR) / (Red + TIR)$$

Wskaźnik NBLI jest dowodem na to, iż użycie prostych indeksów może przyczynić się do skuteczniejszego wydobywania poszczególnych klas użytkowania i pokrycia terenu.





# ROZDZIAŁ 5

TELEDETEKCYJNE ŹRÓDŁA DANYCH  
PRZESTRZENNYCH DLA POTRZEB  
PLANOWANIA PRZESTRZENNEGO  
I ZARZĄDZANIA PRZESTRZENIĄ.

# 5.1

## Komponenty systemów teledetekcyjnych

W trakcie rejestracji z użyciem technologii teledetekcyjnych istotne są trzy elementy biorące udział w tym procesie:

- platforma, na której zamontowany jest instrument pomiarowy,
- instrument bądź sensor służący do obserwacji obiektu,
- rejestrowany obiekt.

W wyniku rejestracji zostają pozyskane dane, które służą do wytworzenia informacji o rejestrowanym obiekcie. Informacja ta oraz sposób jej wykorzystywania i przechowywania stanowią dodatkowy, kluczowy element systemów teledetekcyjnych (ESA, 2010). W kontekście nauk o Ziemi celem obserwacji teledetekcyjnej (rejestrowanym obiektem) jest powierzchnia planety – jako całości lub jej wybranego fragmentu. W rozważanych przykładach w kontekście gospodarowania przestrzenią istotne są również naziemne i lotnicze techniki teledetekcyjne.

# 5.2

## Naziemne techniki teledetekcyjne

Jedną z najpowszechniejszych naziemnych technik teledetekcyjnych jest Mobilny System Mapowania (MMS, ang. **Mobile Mapping System**). System ten montowany jest przeważnie na samochodach i służy inwentaryzacji obiektów wzdłuż trajektorii przejazdu, np. wzdłuż pasa drogowego po którym porusza się pojazd. Zdjęcia obiektów oraz/lub chmura punktów powstają w procesie skanowania laserowego (patrz LIDAR), wykorzystywane są w procesach inwentaryzacji, pomiarów i rozpoznania obiektów takich jak elementy fasady budynków, znaki pionowe i poziome, reklamy, zieleń miejska, urządzenia infrastruktury drogowej, uszkodzenia w nawierzchni etc. Technologia MMS wykorzystuje nowoczesne kamery cyfrowe, skanery laserowe, systemy inercyjne i technologię GNSS.

Inną częstą techniką wykorzystywaną w przestrzeni miejskiej jest naziemne skanowanie laserowe TLS (ang. **Terrestrial laser scanning**). Skanowanie wykorzystywane jest do budowania realistycznych modeli budynków, zabytków, również ich wnętrz, ale także do pomiarów roślinności miejskiej. W metodzie tej wykorzystuje się skaner naziemny ustawiany na statywie. Wykonywane są skany z kilku punktów o dokładnie pomierzonych współrzędnych, najczęściej techniką GNSS. Połączone chmury punktów z wielu skanowań tworzą realistyczne modele otoczenia.

Istnieje wiele technik sporządzania naziemnych panoram fotograficznych służących różnorodnym interpretacjom wzrokowym przestrzeni publicznej. Najczęściej wykorzystywane są produkty Google Street Maps, jednak istnieją produkty wyspecjalizowane i dedykowane administracji publicznej, np. w zakresie prowadzenia Ewidencji Dróg i Obiektów Mostowych.



Rys. 5.1: Naziemny skaner laserowy firmy Leica. W trakcie pomiaru skaner obraca się w dwóch płaszczyznach wysyłając wiązkę lasera, która mierzy kąt oraz odległość skanera do mierzonego obiektu. W wyniku powstaje chmura punktów. (źródło Wikipedia).

## 5.3

### Lotnicze źródła danych teledetekcyjnych

Wraz z rozwojem fotografii cyfrowej i bezałogowych statków lotniczych fotogrametria i teledetekcja trafiła „pod strzechy”. W cenie od kilku do kilkuset tysięcy PLN można zaopatrzyć się we własny sprzęt pozwalający wykonać ortofotomapy niewielkich obszarów i analizować podstawowe parametry terenu, często w wysokich rozdzielczościach przestrzennych. Współczesny rynek oferuje olbrzymie spektrum rozwiązań teledetekcyjnych montowanych na statkach bezałogowych. Możliwe są właściwie wszelkie kombinacje sensorów. Ograniczeniem jednak dla statków bezałogowych jest czas pracy w powietrzu, zasięg przestrzenny oraz prawo lotnicze, któremu podlegają również statki bezałogowe.



Rys 5.2: Jeden z podstawowych modeli dronów firmy DJI umożliwiający wykonanie ortofotomapy w pasmach RGB (źródło Navigate sp. z o.o.).

Wykonywanie prac teledetekcyjnych dla dużych obszarów lub dużych zestawów danych wymaga użycia większych sensorów i platform lotniczych umożliwiających odpowiednią wydajność lotu oraz możliwość prowadzenia misji lotniczych na dużych obszarach. Obecnie w Polsce w administracji publicznej wykorzystuje się w przewadze produkty pochodzenia lotniczego, z których powstała większość zasobów ortofotomapy i NMT w PZGiK jak również rozwiązania prezentowane w przykładach dobrych praktyk. Organizacja fotogrametrycznych misji lotniczych jest zagadnieniem specjalistycznym, wymaga znajomości prawa lotniczego i obowiązujących procedur. Związane jest z wykorzystaniem odpowiednio wykwalifikowanego personelu posiadającego uprawnienia.

## 5.4

### Charakterystyka satelitarnych źródeł danych obrazowych

W ostatniej dekadzie nastąpił prężny rozwój systemów satelitarnych dedykowanych obserwacji Ziemi. Na orbitę zostają wystrzelone coraz bardziej zaawansowane systemy obrazujące. Postęp technologiczny w szczególności dotyczy zwiększenia rozdzielczości spektralnej (zobrazowania multispektralne) i przestrzennej (VHRS – ang. **Very High Resolution Satellite**). Zobrazowania VHRS mogą w pewnych warunkach z powodzeniem zastąpić ortofotomapę lotniczą, a przez użycie



sensorów multispektralnych umożliwiają wydobycie dodatkowych informacji o pokryciu terenu. Dane satelitarne mają w większości swoje stałe parametry, charakterystyczne dla danego satelity, na podstawie których prowadzimy konfigurujemy produkt odpowiadający potrzebom analitycznym. Poniżej zamieszczono informacje na temat wybranych komercyjnych konstelacji satelitów obserwacyjnych. Informacje na temat otwartych danych obserwacyjnych z systemów satelitarnych **LANDSAT i COPERNICUS** zawarto w kolejnych rozdziałach. Poniższe informacje techniczne stanowią formę poradnika przy wyborze i dopasowaniu produktu do własnych potrzeb.

#### 5.4.1

##### DigitalGlobe

DigitalGlobe jest amerykańską firmą z siedzibą główną w Kolorado. Jest to pierwsza prywatna firma, która uzyskała koncesję na umieszczenie satelitów obserwacyjnych na orbicie okołoziemskiej. W chwili obecnej jest to najbardziej zaawansowany technologicznie operator satelitarny, dostarczający ogromnych ilości wysokorozdzielczych danych zarówno dla sektora prywatnego, publicznego jak



i militarnego. Digital Globe jest głównym dostawcą danych dla Google czy Facebook, ESRI, Uber, Mapbox. Dostęp dodanych udostępnianych online możliwy jest w kilkunastu profilowanych serwisach i programach dedykowanych różnym użytkownikom. Wymienić dla przykładu można tu usługi: Basemap, Maps API, FirstLook, ImageConnect. Dostęp do części serwisów jest odpłatny. Oryginalne dane można zamawiać w trybie zlecenia nowej rejestracji lub zakupu istniejących obrazów z archiwum. DigitalGlobe posiada na terenie Polski przedstawicieli zajmujących się dystrybucją produktów, którzy mogą pomóc w zamawianiu produktów, głównie zlecaniu rejestracji nowych danych, na zamówienie i pod konkretne potrzeby.

**DigitalGlobe** jako jedyny operator komercyjny na świecie posiada zobrazowania o bardzo wysokiej rozdzielczości (0,31 – 0,4 m) możliwe do pozyskania w aż 28 kanałach spektralnych. Dane w takiej postaci dają olbrzymie możliwości analityczne, szczególnie w zakresie badań gleby, geologii, środowiska, jakości powietrza i atmosfery, co świetnie nadaje się do przeprowadzania analiz przestrzeni miejskiej. Dzięki wysokiej rozdzielczości przestrzennej i spektralnej, zastosowanie obrazów DigitalGlobe umożliwia między innymi odróżnienie zpułapu satelitarnego asfaltu od betonu – co stanowiłoby problem, jeżeli użyto by do tego celu zobrazowań satelitarnych o niższej rozdzielczości spektralnej.



Rys. 5.3: Fragment sceny zarejestrowanej przez satelitę WorldView-4 (źródło: DigitalGlobe).

Szczegółowa charakterystyka konstelacji i produktów DigitalGlobe wykracza poza ramy niniejszego opracowania, jednak warto wspomnieć o niektórych wyróżniających się elementach. W ramach swojej działalności Korporacja prowadzi wiele programów udostępniania danych w tym Open Data Program. Program ten dotyczy udostępniania danych na licencji **Creative Commons 4.0 license** dla niektórych zdarzeń kryzysowych obserwowanych w ramach Crisis Events Services.

*Wiodącą konstelacją satelitów firmy jest konstelacja WorldView. Satelity w jej obrębie pozwalają na obrazowanie powierzchni Ziemi w rozdzielczościach od 31 do 50 cm. Obecnie na orbicie znajdują się satelity:*

- *WorldView 1 –rejestrujący obraz panchromatyczny o pikselu 0,5 m;*
- *WorldView 2 - kanał panchromatyczny (0,46 m), 8 kanałów spektralnych (1,84 m)*
- *WorldView 3 - kanał panchromatyczny (0,31 m) i 28 kanałów spektralnych. Prócz kanałów standardowych dodano 8 kanałów w zakresie podczerwieni krótkiej –SWIR (ang. short wave infrared) oraz 12 kanałów CAVIS (ang. Cloud, Aerosol, Vapor, Ice, Snow). Rozdzielczość przestrzenną i spektralną poszczególnych kanałów opisano w tabeli 6.3.*
- *WorldView 4 - kanał panchromatyczny (0,31 m) i 4 kanały spektralne (1,24 m).*

Start:	18 września 2007
Parametry orbity:	Wysokość: 496 km Typ: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	0,50 m
Rozdzielczość spektralna:	400-900 nm (panchromatyczny)
Szerokość sceny (nadir):	17.7 km w nadirze
Czas rewizyty:	1.7 dnia lub mniej

Tabela 5.1: Charakterystyka zobrazowań WorldView-1 (źródło: DigitalGlobe).

Start:	8 października 2009
Parametry orbity:	Wysokość: 770 km Typ: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	kanał panchromatyczny - 0,46 m kanały multispektralne - 1,85 m
Rozdzielczość spektralna:	Kanał panchromatyczny: 450 - 800 nm 8 kanałów multispektralnych: Coastal: 400 - 450 nm Blue: 450 - 510 nm Green: 510 - 580 nm Yellow: 585 - 625 nm Red: 630 - 690 nm Red Edge: 705 - 745 nm Near-IR1: 770 - 895 nm Near-IR2: 860 - 1040 nm
Szerokość sceny (nadir):	16,4 km
Czas rewizyty:	1.1 dnia lub mniej

Tabela 5.2: Charakterystyka zobrazowań WorldView-2 (źródło: DigitalGlobe).

Start:	13 sierpnia 2014
Parametry orbity:	Wysokość: 617 km Typ: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	kanał panchromatyczny - 0,31 m kanały multispektralne - 1,24 m kanały podczerwieni SWIR – 3,70 m kanały CAVIS – 30,00 m

Rozdzielczość spektralna:	Kanał panchromatyczny: 450–800 nm
	8 kanałów multispektralnych:
	Coastal: 397–454 nm
	Blue: 445–517 nm
	Green: 507–586 nm
	Yellow: 580–629 nm
	Red: 626–696 nm
	Red Edge: 698–749 nm
	Near-IR1: 765–899 nm
	Near-IR2: 857–1039 nm
	8 kanałów podczerwieni SWIR:
	SWIR-1: 1184–1235 nm
	SWIR-2: 1546–1598 nm
	SWIR-3: 1636–1686 nm
	SWIR-4: 1702–1759 nm
	SWIR-5: 2137–2191 nm
	SWIR-6: 2174–2232 nm
	SWIR-7: 2228–2292 nm
	SWIR-8: 2285–2373 nm
	12 kanałów CAVIS:
	Desert Clouds: 405–420 nm
	Aerosol-1: 459–509 nm
	Green: 525–585 nm
	Aerosol-2: 635–685 nm
	Water-1: 845–885 nm
	Water-2: 897–927 nm
	Water-3: 930–965 nm
	NDVI-SWIR: 1220–1252 nm
	Cirrus: 1365–1405 nm
	Snow: 1620–1680 nm
	Aerosol-1: 2105–2245 nm
	Aerosol-2: 2105–2245 nm
Szerokość sceny (nadir):	13,1 km
Czas rewizyty:	Poniżej 1 dnia

Tabela 5.3: Charakterystyka zobrazowań WorldView-3 (źródło: DigitalGlobe).

Start:	11 października 2016
Parametry orbity:	Wysokość: 617 km Typ: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	kanał panchromatyczny - 0,31 m kanały multispektralne - 1,24 m
Rozdzielczość spektralna:	Kanał panchromatyczny: 450 - 800 nm  Cztery kanały multispektralne: Blue: 450 - 510 nm Green: 510 - 580 nm Red: 655 - 690 nm Near-IR: 780 - 920 nm
Szerokość sceny (nadir):	13,2 km
Czas rewizyty:	Poniżej 1 dnia

Tabela 5.4: Charakterystyka zobrazowań WorldView-4 (źródło: DigitalGlobe).

Inne znane satelity obserwacyjne DigitalGlobe to: [EarlyBird-1](#), [IKONOS](#), [QuickBird](#), [GeoEye-1](#).

## 5.4.2

### Planet Labs

Planet Labs jest amerykańską firmą z siedzibą w San Francisco, która zajmuje się tworzeniem unikalnego systemu satelitarnego, którego głównym zadaniem jest codzienne obrazowanie każdego miejsca na Ziemi. Cel ten realizowany jest poprzez projektowanie i budowę nanosatelitów Dove, posiadających wymiary 30x10x10 cm i ważących poniżej 5kg. Znaczne zmniejszenie gabarytów w porównaniu z tradycyjnymi systemami satelitarnymi pozwoliło na skonstruowanie i umieszczenie w przestrzeni okołoziemskiej ok. 190 nanosatelitów. Konstelacja PlanetScope, na którą składają się wspomniane satelity Dove, obrazuje powierzchnię Ziemi z rozdzielczością 3.125 m w 4 kanałach spektralnych: Blue, Green, Red i NIR. Ponadto w 2015 roku firma Planet weszła w posiadanie 5 wysokorozdzielczych satelitów RapidEye, wykupionych od kanadyjskiej firmy BlackBridge. Natomiast w 2017 roku

do floty satelitarnej Planet dołączyły satelity SkySat, należące uprzednio do Google. Tym samym Planet uzupełnia swoją flotę o kolejne urządzenia obrazujące z lepszą rozdzielczością, które są doskonałym uzupełnieniem konstelacji PlanetScope.

# PLANET LABS







Typ i liczba satelitów:	Dove, ok. 200 (pełna operacyjność przy ok. 120 satelitach)
Parametry orbity:	Wysokość: 475km Typ orbity: heliosynchroniczna  Wysokość: 400km Typ orbity: związana z orbitą Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS)
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	Dla orbity heliocentrycznej: około 3,7 m Dla orbity związanej z ISS: około 3,0 m
Rozdzielczość spektralna:	4 kanały multispektralne: Blue 455 – 515 nm Green 500 – 590 nm Red 590 – 670 nm NIR 780 – 860 nm
Wymiary sceny (przybliżone):	Dla orbity heliocentrycznej: 24,6 km x 16,4 km Dla orbity związanej z ISS: około 20 km x 12 km
Czas rewizyty:	Dla orbity heliocentrycznej: 1 dzień Dla orbity związanej z ISS: zmienny

Tabela 5.5: Charakterystyka konstelacji PlanetScope (źródło: Planet Labs Inc.).

Typ i liczba satelitów:	RapidEye, 5
Parametry orbity:	Wysokość: 630 km Typ orbity: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	6,5 m
Rozdzielczość spektralna:	5 kanałów multispektralnych: Blue 440 – 510 nm Green 520 – 590 nm Red 630 – 685 nm Red Edge 690 – 730 nm NIR 760 – 850 nm
Szerokość sceny:	77 km
Czas rewizyty (nadir):	5,5 dnia (poza nadirem 1 dzień)

Tabela 5.6: Charakterystyka konstelacji RapidEye (źródło: Planet Labs Inc.).

Typ i liczba satelitów:	SkySat, 7
Parametry orbity:	Wysokość: 695 km (4 satelity), 600 km, 835 km, 515 km,  Typ orbity: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	0,72-0,80 m
Rozdzielczość spektralna:	Kanał panchromatyczny: 450-900 nm 4 kanały multispektralne: Blue: 440-515 nm Green: 515-595 nm Red: 605-695 nm NIR: 740-900 nm
Szerokość sceny:	8 km
Czas rewizyty:	Brak danych (przy pełnej operacyjności 13 satelitów ma umożliwiać rewizytę do 3 razy dziennie)

Tabela 5.7: Charakterystyka konstelacji Terra Bella (SkyBox).

Dzięki tak dużej konstelacji satelitarnej firma Planet oferuje szereg unikatowych produktów.

**Należą do nich:**

- 1 Monitoring PlanetScope:**
  - ukierunkowany,
  - wielkoobszarowy.
- 2 Wysokorozdzielczy monitoring SkySat:**
  - okołotygodniowy,
  - tygodniowy,
  - miesięczny.
- 3 Mapy bazowe Planet (mozaiki zobrazowań tworzone miesięcznie, kwartalnie lub rocznie).**

## 4

### Zobrazowania archiwalne (bogate archiwum zobrazowań satelitarnych sięgające wstecz do 2009 roku):

- Basic Scene,
- Ortho Scene.

## 5

### Nowe pozyskanie – RapidEye.

Produkty Planet udostępniane są przez intuicyjną przeglądarkę [PlanetExplorer](#). W przypadku programu monitoringu użytkownik po wykupieniu określonej subskrypcji o zdefiniowanej częstotliwości (dzienna, tygodniowa, 2-tygodniowa, miesięczna, kwartalna, roczna) otrzymuje dostęp do wspomnianej przeglądarki, po czym może samodzielnie wybierać, a następnie pobierać interesujące go zobrazowania.

#### 5.4.3

#### Airbus Defence and Space

Europejska, francusko-niemiecko-brytyjska firma powstała w roku 2014 poprzez restrukturyzację European Aeronautic Defence and Space (EADS), Airbus Military, Astrium i Cassidian. Konsorcjum jest operatorem satelitów optycznych i radarowych. W tabelach 5.8-12 scharakteryzowano sensory satelitów Airbus.

Typ i liczba satelitów:	Pleiades, 2
Parametry orbity:	Wysokość: 694 km, Typ orbity: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	Kanał panchromatyczny: 0,50 m Kanały multispektralne: 2 m
Rozdzielczość spektralna:	Kanał panchromatyczny: 480-830 nm 4 kanały multispektralne: Blue: 430-550 nm Green: 490-610 nm Red: 600-720 nm Near Infrared: 750-950 nm
Szerokość sceny:	20 km
Czas rewizyty:	1 dzień

Tabela 5.8: Charakterystyka konstelacji Pleiades.

Typ i liczba satelitów:	SPOT, 2
Parametry orbity:	Wysokość: 832 km, Typ orbity: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	Kanał panchromatyczny: 1,5 m Kanały multispektralne: 6 m
Rozdzielczość spektralna:	Kanał panchromatyczny: 450 – 745 nm 4 kanały multispektralne: Blue 450 – 525 nm Green 530 – 590 nm Red 625 – 695 nm Near-IR 760 – 890 nm
Szerokość sceny (nadir):	60 km
Czas rewizyty:	1 dzień

Tabela 5.9: Charakterystyka konstelacji SPOT.

Satelite:	TerraSAR-X, TanDEM-X i PAZ
Parametry orbity:	Wysokość: 514 km Typ orbity: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	0,25 m
Długość fali:	ok. 3,1 cm
Czas rewizyty (nadir):	11 dni (TerraSAR-X)

Tabela 5.10: Charakterystyka satelitów radarowych TerraSAR-X, TanDEM-X oraz PAZ.

Satelite:	DEIMOS-1, UK-DMC-2
Parametry orbity:	Wysokość: 650 km, Typ orbity: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	22 m
Rozdzielczość spektralna:	3 kanały multispektralne: Green 520 – 620 nm Red 630 – 690 nm Near-IR 760 – 900 nm
Szerokość sceny:	do 640 km
Czas rewizyty:	1-2 dni

Tabela 5.11: Charakterystyka konstelacji DMC.

Satelite:	FORMOSAT-2
Parametry orbity:	Wysokość: 888 km, Typ orbity: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna (nadir):	2 m – kanał panchromatyczny, 4 m – kanały multispektralne
Rozdzielczość spektralna:	Kanał panchromatyczny: 450 – 900 nm 4 kanały multispektralne: Blue 450 – 520 nm Green 520 – 600 nm Red 630 – 690 nm Near-IR 760 – 900 nm
Szerokość sceny:	24 km
Czas rewizyty:	1 dzień

Tabela 5.12: Charakterystyka konstelacji Formosat.

#### 5.4.4 eGEOS

eGEOS to włoski operator czterech satelitów radarowych COSMO-SkyMed, które łącznie dają dobre możliwości obserwacyjne – czas rewizyty przy pełnej konstelacji wynosi kilka godzin. Z uwagi na niewielki wybór źródeł danych radarowych operator wyróżnia się swoim potencjałem. System został stworzony przez Włoską Agencję Kosmiczną (ASI) z myślą o wykorzystaniu go w zastosowaniach wojskowych i cywilnych (monitoring klęsk żywiołowych, środowiska, rolnictwo i leśnictwo, kartografia, geologia, planowanie przestrzenne).

Satelite:	4 satelity radarowe: COSMO-SkyMed-1 COSMO-SkyMed-2 COSMO-SkyMed-3 COSMO-SkyMed-4
Parametry orbity:	Wysokość: 619,6 km Typ orbity: heliosynchroniczna
Rozdzielczość przestrzenna:	Zależna od użytego trybu; od 1 m do 15 m
Długość fali:	ok. 3,1 cm
Dostępne tryby polaryzacji:	HH, VV, HV, VH
Czas rewizyty:	Od 3-6 godzin przy 4 satelitach

Tabela 5.13: Charakterystyka konstelacji COSMO-SkyMed.







# ROZDZIAŁ 6

OTWARTE DANE PROGRAMU  
COPERNICUS I LANDSAT

# 6.1

## Idea otwartych danych w programach Copernicus i Landsat

W niniejszym rozdziale przedstawiono dwa najbardziej znaczące programy obserwacyjne w ramach, których codziennie rejestrowane i archiwizowane są gigabajty zobrazowań satelitarnych dla naszej planety. Mimo, że informacja o charakterze przestrzennym ma w ponad 80% kluczowy i determinujący wpływ na proces podejmowania decyzji, to metody i techniki pozyskiwania danych teledetekcyjnych znacząco obniżają zakres wykorzystania informacji. Brak jest pełnej i kompletnej wiedzy na temat dostępności tych zasobów oraz wykorzystania danych obserwacyjnych dla użytkowników oraz o konkretnych przypadkach użycia.

Pierwszym a zarazem najstarszym jest amerykański program monitoringu powierzchni Ziemi z wykorzystaniem satelitów z serii LANDSAT natomiast drugim jest europejski program Copernicus z serią satelitów Sentinel.

Programy te stały się poniekąd protoplastami, coraz bardziej w ostatnich latach, popularnej idei „otwartych danych” (ang. open data), czyli danych udostępnianych użytkownikom bez ograniczeń formalnych czy prawnych, nawet dla celów komercyjnych. Immanentną cechą danych otwartych jest ich powszechna dostępność (za pomocą portali www), kompletność (dane wraz z metadanymi) oraz aktualność czasowa (możliwość pobierania danych z dużą rozdzielczością czasową, np. co kilka dni).

W Polsce administracja krajowa ideę danych otwartych realizuje za sprawą implementacji dyrektywy INSPIRE transponowanej do polskiego ustawodawstwa ustawą o Infrastrukturze Informacji Przestrzennej (**Dz.U. 2017poz. 1382, Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej**). Jednak w większości przypadków użytkownik ma jedynie możliwość wyświetlania na ekranie komputera opublikowanych za pomocą dedykowanych geoportali danych, bez możliwości ich pobrania w postaci plików źródłowych. Formuła taka nie do końca spełnia zasadę „otwartych danych”, jest jednak istotnym krokiem, aby w niedalekiej przyszłości realizować oczekiwaną przez społeczeństwo informacyjne ideę swobodnego dostępu do danych geoprzestrzennych jako dobra wspólnego, przyczyniającego się do poprawy jakości życia całego społeczeństwa.

*Programy LANDSAT i COPENICUS, które zostaną opisane w niniejszym rozdziale stanowią przykład strategii wieloletniego pozyskiwania danych satelitarnych oraz zapewnienia powszechności dystrybucji i dostępu do tych zasobów w myśl społecznej koncepcji otwartych danych.*

# 6.2

## Polska Strategia Kosmiczna

Zadania oraz cele Polski w Europejskim Programie Copernicus zdefiniowano w Polskiej Strategii Kosmicznej (PSK), która została przyjęta w dniu 26 stycznia 2017 r. przez Radę Ministrów uchwałą nr 6 (Monitor Polski z 17 lutego 2017 r., poz. 203). Koordynację nad wykonaniem Polskiej Strategii Kosmicznej sprawuje minister właściwy do spraw gospodarki.

W PSK cel szczegółowy numer 2 definiuje zadania oraz kierunki rozwoju aplikacji satelitarnych będących wkładem w rozwój gospodarki cyfrowej takie jak:

- zapewnienie stałego, szybkiego i pewnego dostępu do danych Satelitarnych zbieranych w ramach misji satelitów SENTINEL i EUMETSAT
- upowszechnianie wykorzystywania danych satelitarnych w administracji publicznej różnego szczebla m.in. w ramach planowanej budowy krajowego systemu monitoringu przestrzennego, m.in. z zastosowaniem teledetekcji obiektów zabudowy do oceny zmian zachodzących w strukturach osadniczych czy monitorowania zmian sposobu wykorzystywania terenu (obszary rolne, leśne, zurbanizowane, urbanizujące się, wolne od zabudowy itd.), ocena i prognozowanie skutków realizacji polityk publicznych w przestrzeni,
- rozwój usług komercyjnych,
- zwiększony udział w programach międzynarodowych (UE, ESA, EUMETSAT, Europejski Bank Inwestycyjny, Bank Światowy).

Aby uzyskać założone w PSK cele zostały przewidziane następujące wskaźniki, które powinny być osiągnięte do 2020 r.

- Utworzenie w Polsce stacji odbioru danych satelitarnych z systemu Copernicus w ramach tzw. Współpracującego Systemu Naziemnego (Collaborative Ground Segment) zarządzanego przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA). Podmiotem odpowiedzialnym za koordynację współpracy z ramienia Polski będzie Krajowy Operator Danych Satelitarnych, który zostanie wyłoniony w listopadzie 2017 r. w ramach konkursu organizowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, które jest jednocześnie koordynatorem implementacji PSK w ramach działań programu Copernicus.
- Utworzenie repozytorium danych satelitarnych obejmującego dane archiwalne oraz dane z najnowszych obserwacji dla obszaru kraju wraz z mechanizmami udostępniania danych
- Uruchomienie usługi Galileo PRS (Public Regulated Service) w Polsce. Usługa PRS oparta jest wyłącznie na kodowanych sygnałach, odseparowanych od innych sygnałów przekazywanych w systemie GALILEO w celu utrzymania wysokiej jakości i niezawodności transmisji.

Polska Strategia Kosmiczna jest elementem Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, którego zasadniczym celem jest opracowanie modelu rozwoju gospodarki polskiej, opartego w większym stopniu na wiedzy, innowacjach i postępie technologicznym niż na niskich kosztach produkcji.

## 6.3

### Program COPERNICUS

Program Copernicus to flagowy program Komisji Europejskiej, którego realizację rozpoczęto pod koniec lat 90-tych i do roku 2012 nosił nazwę GMES (ang. *Global Monitoring for Environment and Security*). Inicjatywą tą Europa postanowiła rozwijać własną operacyjną zdolność obserwacji Ziemi, odzwierciedlającą rosnącą odpowiedzialność UE zarówno na scenie europejskiej, jak i światowej. Stworzenie autonomicznego systemu obserwacji oznacza strategiczny wybór Unii Europejskiej o trwałych skutkach dla dalszego politycznego, gospodarczego, społecznego i naukowego rozwoju UE. Obserwowanie Ziemi umożliwia gromadzenie informacji na temat systemów fizycznych, chemicznych i biologicznych na naszej planecie, czyli przede wszystkim służy monitorowaniu stanu środowiska naturalnego. System obserwacji opiera się na urządzeniach znajdujących się zarówno w przestrzeni kosmicznej (tj. satelity z serii Sentinel), jak i tych rozmieszczonych na powierzchni Ziemi, które obejmują instalacje powietrzne, morskie i naziemne (in situ). Dane zgromadzone za pomocą satelitów oraz infrastruktury in situ są przetwarzane w celu świadczenia usług informacyjnych pozwalających na lepsze zarządzanie środowiskiem oraz poprawę bezpieczeństwa obywateli. Dzięki tej inicjatywie możliwe jest efektywniejsze zarządzanie zasobami naturalnymi oraz różnorodnością biologiczną, monitorowanie stanu oceanów oraz chemicznego składu atmosfery – dwóch podstawowych czynników zmian klimatu, reagowanie na katastrofy wywołane przez człowieka i klęski żywiołowe, np. na tsunami, oraz zapewnienie skuteczniejszego nadzoru granic. Program Copernicus opracowano z myślą o zapewnieniu stałej i aktualnej obserwacji Ziemi skupiającej się na środowisku oraz bezpieczeństwie.

# COPERNICUS

W tym kontekście główne założenia programu to:

- stworzenie podstaw dla trwałych usług obserwacji Ziemi dostosowanych do potrzeb użytkowników, w tym osób odpowiedzialnych za yznaczenie kierunków polityki publicznej oraz zwykłych obywateli. Usługi umożliwią osobom odpowiedzialnym za wyznaczenie kierunków polityki:
  - opracowanie krajowego, europejskiego i międzynarodowego prawodawstwa w zakresie środowiska, w tym również w odniesieniu do zmian klimatu
  - monitorowanie procesu wdrażania tego prawodawstwa

- dostęp do wyczerpujących i dokładnych informacji na temat kwestii bezpieczeństwa (np. w kontekście nadzoru granic);
- zagwarantowanie trwałości infrastruktury obserwacyjnej niezbędnej do zagwarantowania świadczenia ciągłości usług Copernicus.
- stworzenie możliwości dla szerszego wykorzystywania źródeł informacji przez sektor prywatny, a tym samym ułatwienie ich rynkowego wykorzystania przez usługodawców wytwarzających wartość dodaną, z których wielu to małe i średnie przedsiębiorstwa (MŚP)

*Zgodnie z komunikatem KE pt. „Globalny Monitoring Środowiska i Bezpieczeństwa od koncepcji do realizacji” (GMES) (COM (2005) 565 z 10.11.2005) oraz wytycznymi trzeciej Rady ds. Przestrzeni Kosmicznej, realizacja programu Copernicus przebiegała fazowo.*

*Pierwsze operacyjne usługi zarządzania kryzysowego oraz monitoringu obszarów lądowych finansowane były jako działania przygotowawcze, a od 2011 roku program wszedł w fazę dostarczania usług operacyjnych. Dane i informacje uzyskiwane w ramach programu Copernicus są udostępniane w pełni, bez ograniczeń i bezpłatnie, tak by propagować ideę wykorzystywania danych i informacji oraz dzielenie się nimi, a także by umocnić europejskie rynki obserwacji Ziemi, w szczególności zaś sektor usług pochodnych, co z kolei przyczyni się do pobudzenia wzrostu gospodarczego i zwiększenia zatrudnienia w tym sektorze. Program realizowany jest przy współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA- European Space Agency) oraz Europejską Agencją Środowiska (EEA). Copernicus stanowi europejski wkład w budowę Globalnej Sieci Systemów Obserwacji Ziemi (ang. Global Earth Observation System of Systems). W zakresie obserwacji Ziemi program poprzez uruchomione usługi dostarcza danych i informacji wspierając działania w takich obszarach tematycznych jak: monitorowanie środowiska lądowego i morskiego, badanie atmosfery, sytuacje kryzysowe, ochrona i bezpieczeństwo ludności, zmiany klimatu.*

Dane pozyskiwane w ramach poszczególnych serwisów tematycznych wykorzystywane są przez szerokie grono użytkowników końcowych, m.in. w celu zarządzania obszarami miejskimi i istniejącą infrastrukturą, ochroną środowiska naturalnego, planowaniem szczebla regionalnego i lokalnego oraz w dziedzinach takich jak:

- rolnictwo,
- leśnictwo,
- rybołówstwo,
- transport,
- turystyka.

**Za realizację zadań w programie Copernicus odpowiadają trzy zasadnicze komponenty (segmenty):**

- **Kosmiczny** – w skład, którego wchodzi infrastruktura kosmiczna pozwalająca na pozyskiwanie obrazowań z pułapu satelitarnego
- **Naziemny** – dotyczy infrastruktury do pomiarów naziemnych (urządzenia, instrumenty),
- **Usługowy** – infrastruktura dystrybucji danych (zgodna z dyrektywą INSPIRE).

Komponent kosmiczny realizowany jest przez konstelację satelitów z serii SENTINEL oraz przez urządzenia umieszczone na pokładzie satelitów meteorologicznych EUMETSAT (Europejska Organizacja Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych). Ze względów operacyjnych satelitom SENTINEL przydzielono odpowiednie kategorie liczbowe w zależności od rodzaju instrumentu obrazującego tj. SENTINEL-1 – sensor radarowy (SAR), SENTINEL-2 – sensor spektralny, itd. Satelity misji 1,2 i 3 tworzą tzw. mini konstelację co w praktyce oznacza, że na tej samej orbicie, ale po przeciwnych stronach umieszczono parę tożsamy satelitów oznaczonych jako „A” i „B. Do roku 2035 planowane jest umieszczenie aż 24 satelitów teledetekcyjnych tab. 7.1

Nr	Satelita	Data umieszczenia na orbicie	Status	Instrument
1	Sentinel- 1A	03.04.2014	Aktywny	SAR-C
2	Sentinel- 1B	25.04.2016	Aktywny	SAR-C
3	Sentinel- 1C	2021	Plan	SAR-C
4	Sentinel- 1D	2022	Plan	SAR-C
5	Sentinel- 1A	2027	Plan	-
6	Sentinel- 1B	2028	Plan	-
7	Sentinel- 2A	23.06.2015	Aktywny	MSI
8	Sentinel- 2B	07.03.2017	Aktywny	MSI
9	Sentinel- 2C	2022	Plan	MSI
10	Sentinel- 2D	2022	Plan	MSI
11	Sentinel- 2A	2028	Plan	-
12	Sentinel- 2B	2029	Plan	-
13	Sentinel- 3A	16.02.2016	Aktywny	MWR, OLCI, SLSTR, SRAL
14	Sentinel- 3B	2017	Aktywny	MWR, OLCI, SLSTR, SRAL
15	Sentinel- 3C	2022	Plan	MWR, OLCI, SLSTR, SRAL



16	Sentinel- 3D	2023	Plan	MWR, OLCI, SLSTR, SRAL
17	Sentinel- 3A	2028	Plan	-
18	Sentinel- 3B	2029	Plan	-
19	Sentinel- 4A	2019	Plan	UVN
20	Sentinel- 4B	2027	Plan	UVN
21	Sentinel- 5P	2015	Aktywny	TROPOMI
22	Sentinel- 5A	2021	Plan	UVNS
23	Sentinel- 5B	2028	Plan	UVNS
24	Sentinel- 5C	2035	Plan	UVNS

Tabela . 6.1 lista aktualnych i planowanych misji SENTINEL. Źródło: Copernicus: Sentinel-5P - Satellite Missions - eoPortal Directory.

Poniżej scharakteryzowana zostanie misja satelity Sentinel-1 i 2. Pozostałe satelity z konstelacji Copernicus mają już mniejsze znaczenie dla krajowego systemu planowania przestrzennego m.in. ze względu na mniejszą rozdzielczość przestrzenną danych oraz przeznaczenia sensorów na nich zainstalowanych, np. do monitoringu oceanu czy atmosfery.

### 6.3.1

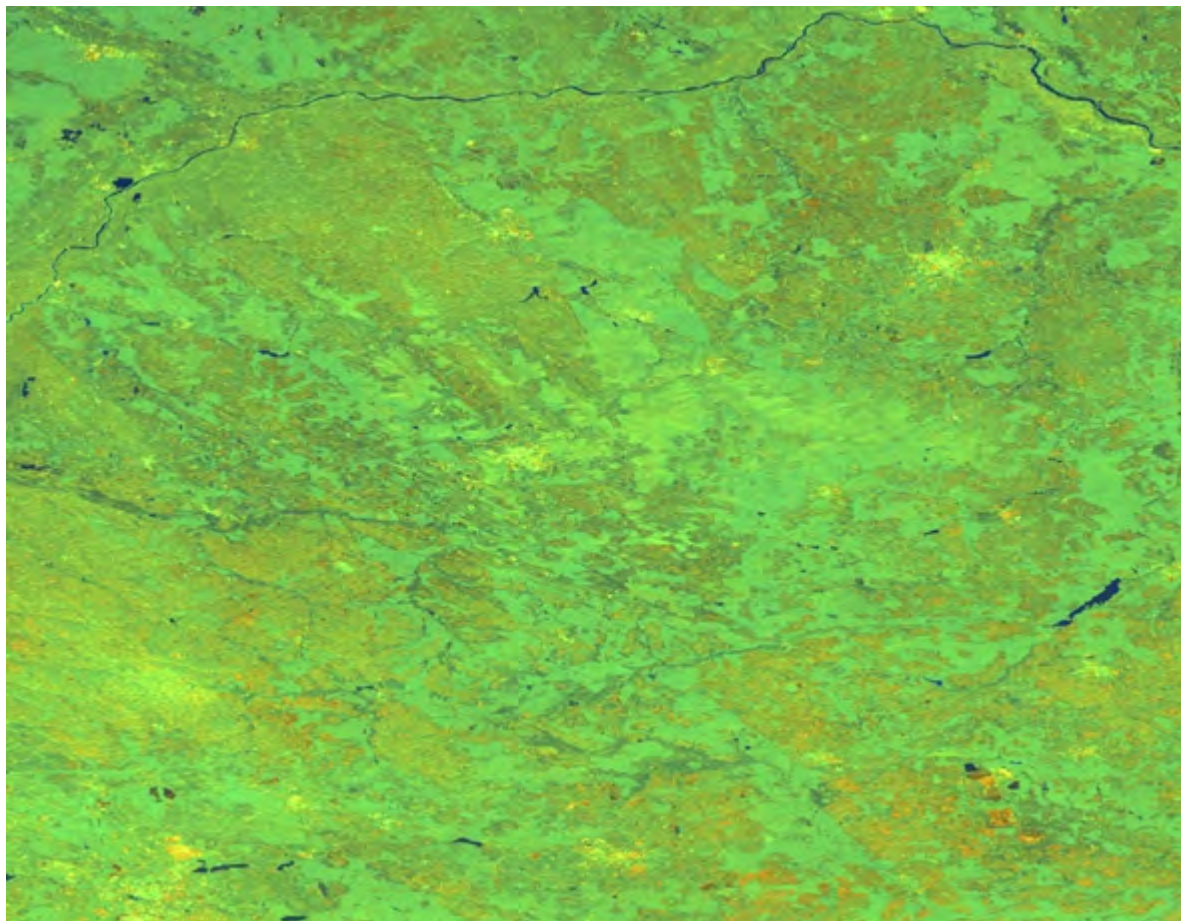
#### SENTINEL-1

Misja Sentinel-1 to grupa satelitów obrazujących powierzchnię Ziemi instrumentem typu SAR (ang. *Synthetic Aperture Radar*), którego zadaniem jest monitorowanie lądów i oceanów.

# SAR

Zaletą radarów jest ich pełna niezależność od warunków meteorologicznych co w konsekwencji pozwala rejestrować zobrażenia zarówno w dzień, jak i w nocy oraz przy całkowitej pokrywie chmurnej czy nawet w czasie trwania opadu atmosferycznego (Rys. 6.1).

*Radar, w który wyposażony jest Sentinel-1, pracuje w paśmie C (długość fali od 3,8 do 8 cm) co pozwala obrazować powierzchnię Ziemi z dokładnością przestrzenną od 5 do 25 metrów.*



Rys. 6.1: Przykład obrazu radarowego z satelity Sentinel-1 dla obszaru Małopolski. Data rejestracji obrazu 20.09.2017 r.

Źródło: Portal scihub.copernicus.eu.

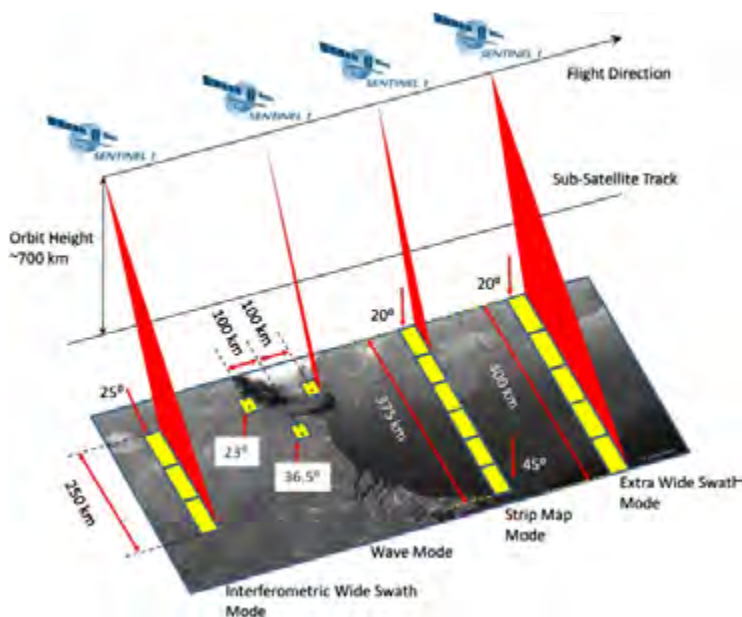
## INSTRUMENT SAR PRACUJE W NASTĘPUJĄCYCH TRYBACH REJESTRACYJNYCH (RYS. 6.2):

*Pasowy*  
(ang. *Strip Map Mode*) – szerokość  
pasa obrazowania  
wynosi 80 km,

*Interferometryczny*  
(ang. *Interferometric Wide-Swath Mode*)  
- szerokość pasa  
obrazowania  
wynosi 250 km,

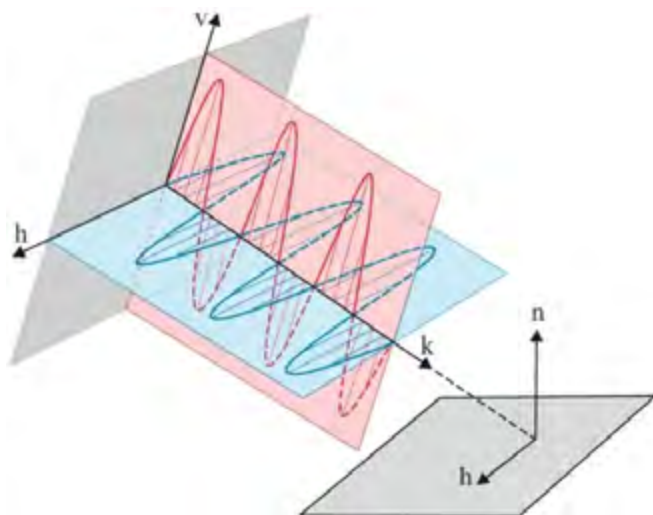
*Szeroki*  
(ang. *Extra-Wide-Swath Mode*)  
- szerokość pasa  
obrazowania  
wynosi 400 km,

*Falowy*  
(ang. *Wave Mode*) – pozyskuje  
obrazy  
o rozmiarze 20 na  
20 km na odcinku  
100 km.



Rys. 6.2 Tryby rejestracji obrazów przez satelitę SENTINEL-1. Źródło: Sentinel ESA portal (<https://sentinel.esa.int/>).

Poza trybem rejestracji ważną właściwością radaru jest polaryzacja (Rys. 6.3). Fale emitowane przez aparat SAR są spolaryzowane i mogą one przybierać formę pionową, poziomą, kołową lewo- i prawoskrętną, eliptyczną. W celu uzyskania informacji polarymetrycznej radar SAR wysyła kolejno sygnały o polaryzacji pionowej (V) i poziomej (H) i odbierają obydwie składowe polaryzacyjne. W ten sposób tworzy się cztery obrazy o polaryzacjach VV, HH, VH i HV. Ponieważ zwykle obrazy VH i HV są prawie identyczne, można trzem obrazom (HH, VV i HV) przydzielić trzy podstawowe kolory i w ten sposób utworzyć kolorowy obraz SAR. Do interpretacji obrazów interferometrycznych konieczna jest znajomość własności polarymetrycznych materiałów.



Rys. 6.3

Polaryzacja fali elektromagnetycznej. Fala podłużna składowa elektryczna oscyluje w kierunku osi  $v$ . Fala poprzeczna składowa elektryczna oscyluje w kierunku osi  $h$ . Źródło: Teledetekcyjne monitorowanie zmian ukształtowania powierzchni terenu na obszarach objętych erozją wodną; Wrocław 2013, Instytut Geodezji i Kartografii.



Jeżeli stworzone zostaną obrazy polarymetryczne w różnych okresach, to na podstawie ich różnic można wykrywać zmiany spowodowane choćby antropogeniczną działalnością człowieka np. wykryć przejazd pojazdu po podłożu trawiastym czy monitoring natężenia ruchu na szlakach komunikacyjnych (autostrady, drogi krajowe czy ekspresowe).

### 6.3.2

#### SENTINEL-2

Satelity z tej serii wyposażone zostały w instrumenty rejestrujące promieniowanie elektromagnetyczne w paśmie widzialnym (metoda pasywna). Satelity Sentinel-2A i 2B umożliwiają przede wszystkim monitoring powierzchni lądów ze szczególnym uwzględnieniem stanu środowiska naturalnego. Oba satelity znajdują się w fazie operacyjnej: pierwszy od 23 czerwca 2015 roku, a drugi od 7 marca 2017 roku (Rys. 6.4). Konstelacja umożliwia rewizytę satelity co 5 dni na danym obszarze.

**MSI**



Rys. 6.4: Przykład zdjęcia optycznego dla miasta Chorzów zarejestrowanego przez satelitę Sentinel-2. Rozdzielczość terenowa piksela wynosi 10 m. Data rejestracji obrazu 16.08.2017 r. Źródło: Portal scihub.copernicus.eu.

Umieszczony na pokładzie instrument MSI (ang. *Multispectral Imager*) obejmuje 13 zakresów spektralnych o długościach od 443 -2190 nm (Tab.6.2). Umożliwia on rejestrację pasa o szerokości 290 km o rozdzielczości terenowej 10 metrów dla 4 kanałów widzialnych i podczerwieni, a 20 i 60 metrów dla pozostałych.

Rozdzielczość spektralna	Sentinel-2	Landsat 8
Aerozole	K1: 0,43-0,46 μm (60m)	K1: 0,43-0,45 μm (30m)
Niebieski	K2:0,45-0,55 μm (10m)	K2:0,450-0,51 μm (30m)
Zielony	K3:0,54-0,58 μm (10m)	K3:0,43-0,59 μm (30m)
Czerwony	K4:0,65-0,68 μm (10m)	K4:0,64-0,67 μm (30m)
Czerwony graniczny (ang. Red Edge)	K5:0,69-0,71 μm (20m)	
	K6:0,73-0,75 μm (20m)	
	K7:0,77-0,88 μm (20m)	
Bliska podczerwień (NIR)	K8:0,76-0,91 μm (10m)	K5:0,85-0,88 μm (30m)
	K8a: 0,85-0,88 μm (20m)	
	K9: 0,93-0,96 μm (60m)	
Średnia podczerwień (SWIR)	K10:1,34-1,41 μm (60m)	K6:4,57-1,65 μm (30m)
	K11:1,54-1,69 μm (20m)	K7:2,11-2,29 μm (30m)
	K12: 2,08-2,32 μm (20m)	K9: 1,36-1,38 μm (30m)
Kanał termalny	-	K10:10,6-11,19 μm (100m)
		K11:11,5-12,51 μm (100m)
Kanał panchromatyczny	-	K8:0,50-0,68 μm (15m)

Tabela 6.2: Porównanie rozdzielczości przestrzennej i spektralnej satelitów Sentinel-2 oraz Landsat 8. Źródło: Opracowana na podstawie serwisów: [earth.esa.int](http://earth.esa.int) i [landsat.usgs.gov](http://landsat.usgs.gov).

Zobrazowania optyczne rejestrowane przez Sentinel-2 stanowią podstawowe źródło danych dla serwisów Copernicus w zakresie monitorowania obszarów lądowych. Na ich podstawie opracowywane są analizy, mapy, raporty oraz wizualizacje, które umieszczane są w tematycznych serwisach w ramach, tzw. *Land Monitoring Service (LMS)*. Mają one znaczącą wartość operacyjną, umożliwiając i wspomagając poprawne wnioskowanie oraz podejmowanie na ich podstawie kluczowych decyzji przestrzennych.



Serwis LMS udostępnia opracowania w skali globalnej, europejskiej oraz lokalnej. Dla potrzeb planowania przestrzennego najbardziej przydatne będą informacje opracowywane w skali europejskiej a zwłaszcza w lokalnej.

## W SKALI EUROPEJSKIEJ DOSTĘPNE SĄ NASTĘPUJĄCE PRODUKTY:

- Wysokorozdzielcza mozaika, powstała na podstawie zobrazowań z satelity SPOT rejestrowanych w latach: 2000, 2006, 2009 i 2012,
- Mapy pokrycia terenu CORINE Land Cover z lat 1990, 2000, 2006 i 2012
- Numeryczny model terenu o rozdzielczości 30 m zintegrowany na podstawie danych ASTER GDEM oraz SRTM dla obszaru Europy.
- Europejska Mapa Osadnicza 2016 (ang. **European Settlement Map**) zwana również „EUGHSL2016”. Wykonana została na zlecenie Komisji Europejskiej przy wykorzystaniu metodyki GHSL (Global Human Settlement Layer) i zdjęć satelitarnych SPOT5 i SPOT6. Metodyka ta wykorzystuje algorytmy uczenia maszynowego, oparte o rozpoznawanie kontekstowe (morfologia, tekstura obrazu) wyodrębnionych fragmentów obrazów wielospektralnych. Mapa opracowana jest w formie rastrowej i zawiera informację o procencie pokrycia powierzchnią zabudowaną obszarów w Europie. Produkt ten dostępny jest w dwóch rozdzielczościach przestrzennych: 10m oraz 100m i umożliwia analizę zmian w powierzchni zabudowy oraz dystrybucji ludności pomiędzy krajami europejskimi. Inicjatywa jednolitej mapy osadniczej ma na celu standaryzowanie pozyskiwania informacji statystycznej odnośnie sieci osadniczych w Europie, gdyż prowadzone spisy powszechne przez urzędy statystyczne krajów członkowskich Unii Europejskiej nie są dokładne i jednolite.

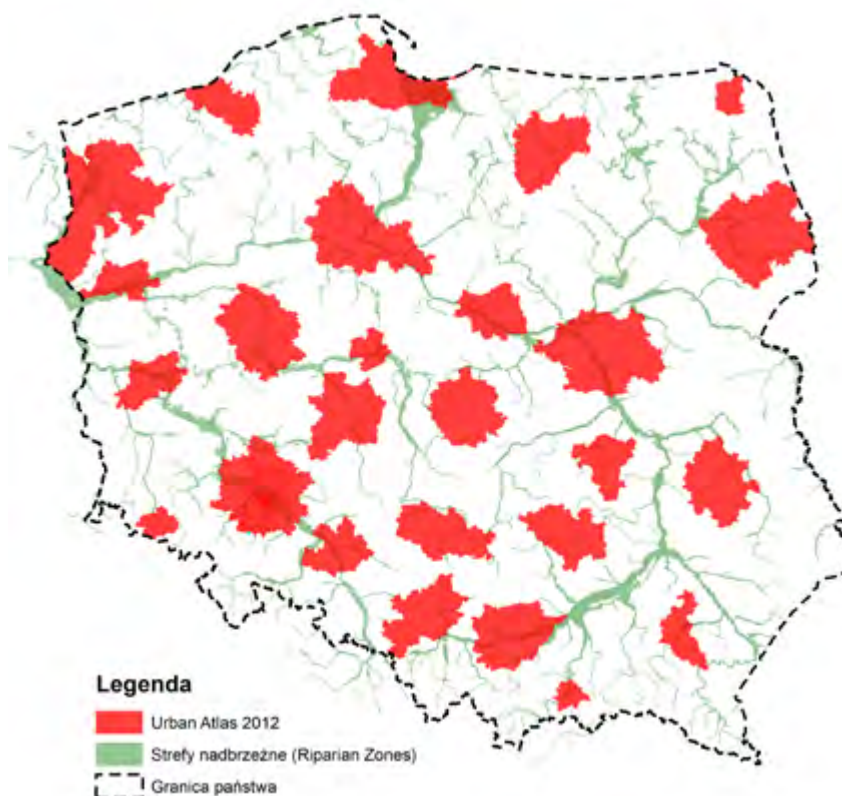


## W SKALI LOKALNEJ DOSTĘPNE SĄ NASTĘPUJĄCE PRODUKTY

(Rys. 6.5):

- Miejskie Strefy Funkcjonalne – opracowane w ramach projektu Urban Atlas (opisane szerzej w następnym rozdziale).
- Strefy nadbrzeżne (ang. **Riparian Zones**) – są to strefy przejściowe występujące między gruntami a ekosystemem, charakteryzujące się odrębną hydrologią, stanami glebowymi i biotycznymi oraz będące pod silnym wpływem wód płynących. Produkt umożliwia monitoring np. zmian chemicznych, stref powodziowych czy stabilizacji brzegów koryta rzeki.
- Natura 2000 (N2K) – ewaluacja klasy siedliska zielone z Natura2000 – oceniane są tereny Natura2000 pod kątem kierunków zmian i skuteczności zachowania siedlisk.





Rys. 6.5: Produkty w skali lokalnej opracowane w ramach serwisu LMS.

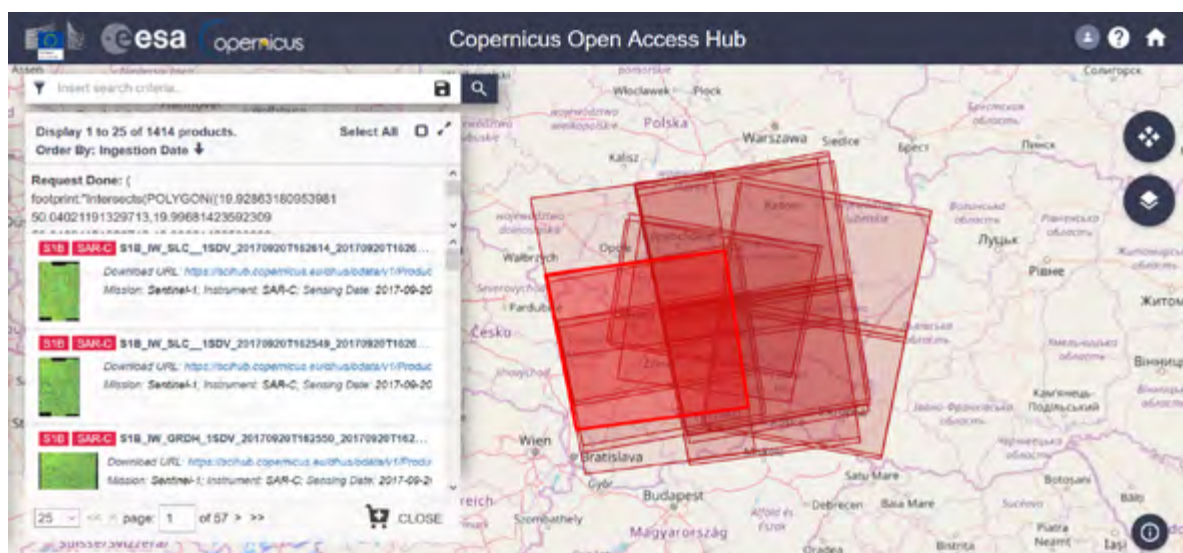
Wykorzystanie produktów programu Copernicus stale się zwiększa, przede wszystkim za sprawą rozwoju infrastruktury informatycznej, która zapewnia użytkownikom szybki dostęp do danych i produktów publikowanych w ramach poszczególnych serwisów. Jak pokazuje europejski raport rynku (Komisja Europejska, 2016) dotyczący wykorzystania usług programu Copernicus, produkty te znajdują zastosowanie przede wszystkim w takich dziedzinach jak: rolnictwo, leśnictwo, planowanie przestrzenne, branża wydobywcza czy sektor ubezpieczeń i odnawialnych źródeł energii. Rosnąca w postępie geometrycznym ilość rejestrowanych w ramach programu Copernicus obrazów satelitarnych oraz opracowywanych na ich bazie produktów informacyjnych sprawia, że dane otwarte, stanowią cenne i konkurencyjne (względem wysokorozdzielczych obrazów) źródło danych teledetekcyjnych, z którego coraz chętniej i częściej korzystają specjaliści z różnych dziedzin gospodarki.

*Polska dołączyła do Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) 19 listopada 2012 r. i od tej pory prowadzi aktywną kampanię promocyjną mającą na celu popularyzację wykorzystywania produktów i danych powstałych w ramach tej flagowej inicjatywy Komisji Europejskiej, w której między innymi Polska jest płatnikiem netto.*

Rolę koordynatora, m.in. wymienionych działań przejęła od momentu powołania ustawą z dnia 26 września 2014 r. Polska Agencja Kosmiczna „POLSA”. Wspiera ona również działania polskiego przemysłu kosmicznego na rzecz integracji świata biznesu oraz nauki.

Procedura dostępu do wszystkich danych satelitarnych oraz produktów opracowywanych w ramach serwisów operacyjnych Copernicus jest nieskomplikowana i wymaga jedynie podstawowej rejestracji użytkownika. W tym celu użytkownik musi skorzystać z dedykowanej platformy o nazwie SCIHUB (Rys.6.6).

# SCHUB



Rys. 6.6 Dedykowana platforma dostępowa do danych z programu Copernicus. Źródło: scihub.copernicus.eu.

## 6.4

### Program LANDSAT

Najstarszym, bo działającym nieprzerwanie od ponad 40 lat, satelitarnym systemem obserwacji powierzchni Ziemi jest program **LANDSAT**. W tym okresie coraz bardziej zaawansowane technologicznie satelity dostarczyły zobrazowań satelitarnych, zapewniając ciągłość, jednolitość pokrycia i porównywalność danych z prawie pół wieku. Bezprecedensowo stanowi to bezcenne i darmowe źródło danych o naszej planecie.

Program Landsat został zainicjowany przez rząd USA w okresie trwania tzw. „zimnej wojny”, która stała się bezpośrednią przyczyną wyścigu w okiełznaniu kosmosu między dwoma ówczesnymi mocarstwami, tj. USA i ZSRR. Był to jednocześnie okres bezkompromisowej walki o miano pierwszego

zdobywcy kosmosu, ale w wyniku powodzenia misji kosmicznej Apollo i uzyskania pierwszych zdjęć Błękitnej Planety nastąpiło przeprogramowanie paradygmatu myślenia z wyścigu zbrojeń na rozwój nauki (metod i narzędzi monitoringu Ziemi).

# LANDSAT

W 1965 r. dyrektor USGS (*US Geological Survey*) William Pecora zaproponował ideę programu dotyczącego monitoringu satelitarne, który umożliwiłby zbieranie informacji o zasobach naturalnych naszej planety. Jej wynikiem było opracowanie przez NASA koncepcji umieszczenia na orbitach okołoziemskich satelitów obserwacyjnych. W roku 1970 NASA uzyskała zezwolenie na budowę satelity, a po zaledwie dwóch latach, bo 23 lipca 1972 r. na orbitę wyniesiono pierwszego cywilnego satelitę obserwacyjnego. Program początkowo działał pod nazwą ERTS - *Earth Resources Technology Satellite*. Nazwa programu „Landsat” została nadana po sukcesie pierwszego satelity tej serii ERTS1.

W ciągu następnych 45 lat na orbicie okołoziemskiej sukcesywnie umieszczano satelity Landsat kolejnej generacji (Tab. 6.3).

Omawiając misję Landsat warto przytoczyć niektóre szczegóły z historii programu gdyż jest ona doskonałą opowieścią o zmaganiu się człowieka z techniką w trakcie podboju kosmosu, sukcesów i niepowodzeń, ale również trudnych dla nas do oceny związków marzeń ludzkich, postępu technicznego z budowaniem potencjału militarnego grożącego zagładą ludzkości. Oprócz

osobistych losów ludzkich związanych z rozwojem techniki, na przykładzie misji Landsat można zauważyć jak innowacja powstaje z połączenia planowania i przypadku, jak urządzenia pomocnicze ewoluują i stają się urządzeniami podstawowymi oraz jak utrwalają się dobre i sprawdzone rozwiązania.



Wspomnijmy tu o postaci nieobojętnej dla historii Polski i II wojny światowej. Osoba Wernhera von Brauna wzbudza ambiwalentne uczucia. Urodzony 23 marca 1912 r. w miejscowości Wyrzysk (woj. Wielkopolskie), po roku 1920 wraz z rodziną przeniósł się do Berlina. Wernher od młodości

interesował się astronomią, duży wpływ na niego wywarła praca Hermanna Obertha dotycząca wykorzystania rakiet do podróży międzyplanetarnych. Studia w Instytucie Techniki kończy w roku 1931 a w roku 1934 otrzymuje tytuł doktora.

Do Luftwaffe wstąpił w roku 1936, a rok później został dyrektorem technicznym w ośrodku rakietowym w Peenemünde, rozwijającym technikę rakietową dla zastosowań wojskowych. W tym

samym roku zapisał się do NSDAP. W czasie wojny von Braun zapisuje się w szeregi SS stając się głównym projektantem rakiet balistycznych serii V-1 i V-2.

Po zakończeniu wojny w maju 1945 r. wraz z najbliższymi współpracownikami Wernher von Braun oddaje się w ręce Amerykanów by w Teksasie kontynuować prace nad raketami do celów cywilnych. Początkowo pracuje nad projektowaniem pocisków balistycznych średniego zasięgu - Redstone. To właśnie na jej podstawie została opracowana rakietą Jupiter C, która w styczniu 1958 r. wyniosła na orbitę ziemi pierwszego sztucznego satelitę Ziemi Explorer 1. Po udanej misji von Braun został powołany na stanowisko dyrektora NASA w Centrum Lotów Kosmicznych imienia George'a C. Marshalla w Alabamie. Stanowisko to dało mu możliwość ukształtowania wieloletniej strategii podboju kosmosu przez NASA. W roku 1972 rakietą Delta wyniosła pierwszego satelitę obserwacyjnego z serii Landsat.

Nazwa satelity	Data umieszczenia na orbicie	Data zakończenia pracy	Rozdzielczość terenowa
Landstat 1	23 lipca 1972	6 stycznia 1978	RBV: 80 m; MSS: 60 m
Landstat 2	21 stycznia 1975	25 lutego 1982	RBV: 80 m; MSS: 60 m
Landstat 3	5 marca 1978	21 marca 1983	RBV: 40 m (panchromatyczne PAN); MSS: 80 m (MS)
Landstat 4	16 lipca 1982	14 grudnia 1993	MSS: 80 m (MS); TM: 30 m (MS) i 120 m (podczerwień, IR)
Landstat 5	1 marca 1984	2013	MSS: 80 m (MS); TM: 30 m (MS) i 120 m (IR)
Landstat 6	5 października 1993	brak aktywacji/ awaria	ETM: 15 m (PAN), 30 m (MS) i 120 m (IR)
Landstat 7	15 kwietnia 1999	aktywny	ETM+: 15 m (PAN), 30 m (MS) i 60 m (IR)
Landstat 8	11 lutego 2013	aktywny	OLI: 15 m (PAN), 30 m (MS,IR); TIRS: 100 m

Tabela 6.3 Lista umieszczonych na orbicie satelitów Landsat wraz z instrumentami. Źródło: landsat.gsfc.nasa.gov.

6.4.1  
Charakterystyka poszczególnych misji Landsat



**Landsat 1**  
Satelita ERTS1 (jego pierwotna nazwa) umieszczony został na orbicie heliosynchronicznej 23 lipca 1972r. Wyposażono go w kamerę fotograficzną zwaną RBV – Return Beam Vector oraz skaner multispektralny MSS – MultiSpectral Scanner. Początkowo to kamera miała być głównym instrumentem pomiarowym misji a skaner MSS miał charakter eksperymentalny, lecz szybko okazało się, że dane ze skanera mają o wiele większe zastosowanie. Skaner MSS rejestrował dane w 4 kanałach spektralnych – dwóch widzialnych (zielony oraz czerwony) oraz dwóch pasmach podczerwieni. Rozdzielczość terenowa piksela uzyskiwanego przez skaner MSS wynosiła 84 m. Program Landsat 1 został zakończony w 1978r. W ciągu 6 lat

działania wykonał ponad 300 tys. zobrażeń, które dostępne są w archiwum NASA. Umieszczenie satelity na orbicie heliosynchronicznej umożliwia jej zsynchronizowanie z ruchem Słońca co zapewnia stałość oświetlenia obszarów położonych na tych samych szerokościach geograficznych, co ma istotne znaczenie np. przy obrazowaniu wielospektralnym. Kąt między płaszczyzną orbity a kierunkiem do Słońca jest zawsze taki sam w ciągu roku, czyli nad danym obszarem satelita przelatuje zawsze o tym samym czasie miejscowym.

2

### Landsat 2

Pierwotnie zwany ERTS-B to drugi chronologicznie satelita programu Landsat i w momencie umieszczenia na orbicie w 1975 r. uważany był za model eksperymentalny. Landsat 2 to bliźniaczy model poprzedniego satelity, którego wyposażono w identyczne instrumenty teledetekcyjne (aparaturę RBV i skaner MSS) z tą różnicą, że dane dostarczane były głównie ze skanera MSS a dane z kamery RBV były wykorzystywane głównie w fazie wstępnej kontroli po starcie satelity i nie miały znaczącej wartości naukowej. Konstrukcyjnie zbliżony do satelitów typu Nimbus. Jako satelita środowiskowy był wykorzystywany do zbierania danych teledetekcyjnych niezbędnych do przeprowadzania analiz na potrzeby rolnictwa, leśnictwa, geologii, hydrologii, geografii, kartografii, oceanografii i meteorologii. Satelita ten wchodził w skład systemu obserwacyjnego Ziemi do 1982 r., kiedy to wyłączono go z czynnej służby.

3

### Landsat 3

Misja tego satelity rozpoczęła się w roku 1978 r. Posiadał on podobny zestaw instrumentów teledetekcyjnych jak w poprzednich misjach tj. kamera RBV i skaner MSS jednak zostały one znacznie zmodyfikowane. Zamontowana na nim kamera rejestrowała obraz w jednym szerokim paśmie (od zielonego do bliskiej podczerwieni – kanał tzw. panchromatyczny) zamiast trzech oddzielnych przedziałów, a także miała ulepszoną rozdzielczość przestrzenną - rejestrowała obraz z 38 m pikselem terenowym. Z kolei skaner wielospektralny MSS został wyposażony w dodatkowy kanał spektralny – termalny, jednak ten uległ awarii krótko po rozpoczęciu misji. Landsat 3 był operacyjny do roku 1983.

*Pierwsze trzy z serii satelitów Landsat miały bardzo podobną charakterystykę instrumentów, oparte były na wspólnej konstrukcji platformy Nimbus i należały do tzw. grupy satelitów I generacji. Poruszały się po orbicie na pułapie ok. 900 km a w ciągu dnia okrężały Ziemię 14-krotnie. Przy szerokości ścieżki omiotania wynoszącej 185 km, pozostawiały duże niepokryte przerwy.*







4

#### Landsat 4

Rozpoczął on serię satelitów nowej generacji o całkowicie nowej konstrukcji orbitera. Został on umieszczony na orbicie heliosynchronicznej w roku 1982. W odróżnieniu od poprzednich konstrukcji nie przenosił już kamery fotograficznej RBV. Nadal jednak zainstalowany był na nim skaner wielospektralny MSS o parametrach identycznych do użytych w poprzednich misjach. Pojawił się jednak sensor nowej generacji, który posiadał ulepszoną rozdzielczość przestrzenną oraz spektralną. Skaner ten, nazwany TM (*Thematic Mapper*) zbierał dane w 7 kanałach spektralnych – niebieskim, zielonym, czerwonym, bliskiej podczerwieni, dwóch pasmach podczerwieni oraz w zakresie cieplnym fal elektromagnetycznych. Rozdzielczość przestrzenna skanera TM wynosiła 30 m dla promieniowania widzialnego i podczerwonego, a 120 m dla promieniowania termalnego. W ciągu pierwszego roku działalności satelity uległ defektowi, co uniemożliwiło mu bezpośrednią transmisję danych na Ziemię. Dane musiały być przekazywane pośrednio przez system satelitów komunikacyjnych. Jego misja ostatecznie została zakończona w 2001 r.

5

#### Landsat 5

Satelita ten działania operacyjne rozpoczął w roku 1984 i był modelem bliźniaczy pod względem zainstalowanych instrumentów do satelity Landsat 4. Współpracował on ze swoim poprzednikiem zastępując go podczas usterek transmisji danych. Satelita ten pobił swoisty rekord Guinnessa jeżeli chodzi o żywotność sensora ponieważ o ponad 25 lat, przekroczył zakładany czas pracy, co do tej pory stanowi niepokonywany rekord czasu operacyjnego satelity na Ziemskej orbicie. Satelita został wyłączony z użytku w 2012 r.

Obydwa satelity z serii Landsat 4 i 5 poruszały się na orbitach heliosynchronicznych na wysokości 705 km nad powierzchnią Ziemi i potrzebowały 16 dni czyli 233 orbit, by w całości pokryć zobrazeniami powierzchnię Ziemi.

Landsat 4 i 5 zostały zbudowane i wyniesione na orbitę przez rządową agencję NASA, jednak w czasie misji nadzór naziemny przechodził kilkakrotnie pomiędzy różnymi agencjami rządowymi (USGS, NOAA) i sektorem prywatnym - EOSAT (*Earth Observation Satellite Company*). Komercjalizacja projektu, w połączeniu z monopolem na dostawę danych poskutkowała ograniczeniami w redystrybucji zobrażeń oraz sześciokrotnym wzrostem cen zobrażeń. Spowodowało to nieodwracalne szkody dla nauki – wielu użytkowników odeszło od programu rezygnując z tych danych na rzecz innych często gorszych jakościowo obrazów. Komercyjne podejście było sprzeczne z początkową, naukową ideą projektu. Bez stałych zamówień nieopłacalne było zbieranie i przechowywanie dodatkowych danych. Okres ten wiąże się z mniejszą ilością zarejestrowanych obrazów i uboższymi archiwami danych satelitarnych. Jednocześnie nad projektem zawisła groźba zamknięcia, która została rozwiązana przez przekazanie zarządu agencjom federalnym. Próba prywatyzacji sektora zobrażeń nie przyniosła spadku kosztów ani nie zwiększyła liczby zastosowań

danych. Powrót do dystrybucji zobrazowań przez USGS spowodował spadek cen do poprzedniego pułapu oraz zwiększoną aktywność rejestracji obrazów teledetekcyjnych.

**6** **Landsat 6**  
Landsat 6 został wystrzelony na orbitę w roku 1993. Pod względem konstrukcyjnym i technologicznym oparty był na tych samych rozwiązaniach co platforma 4 i 5. Posiadał skanery MSS ale zastosowano w nim udoskonaloną wersję sensora TM - ETM (ang. *Enhanced Thematic Mapper*). Skaner ETM miał podwyższoną rozdzielczość terenową piksela, dzięki zastosowaniu ósmego, panchromatycznego kanału spektralnego tzw. wyostrzającego. Kanał panchromatyczny posiadał rozdzielczość terenową 15 m i obejmował zakres fal od zielonego aż po bliską podczerwień. Jednak z powodu usterki satelita ten nigdy nie osiągnął orbity, powodując ryzyko przerwania ciągłości akwizycji danych przez program Landsat.

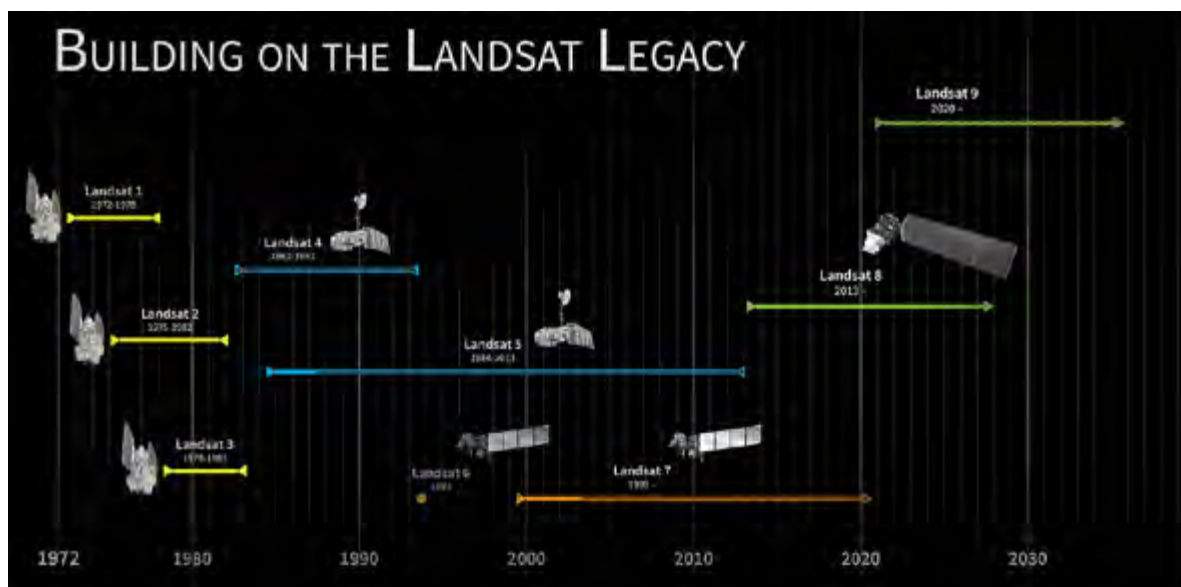
**7** **Landsat 7**  
W 1999 roku NASA wystrzeliła kolejnego satelitę z serii Landsat z numerem 7. Został on wyposażony w nowocześniejszy skaner ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) o ulepszonej do 60 m rozdzielczości przestrzennej kanału termalnego. Wielokrotnie zwiększono przepustowość łącza transmisji danych oraz poprawiono kalibrację przestrzenną i radiometryczną oprzyrządowania. Pomimo katastrofy poprzedniej misji ciągłość wykonywania zobrazowań została zachowana, a długowieczność misji Landsat 5 przez ponad 10 lat zapewniała dodatkowe dane kontrolne. W roku 2003 uległ awarii system SLC (*Scan Line Corrector*), co niestety wpłynęło negatywnie na jakość pozyskiwanych zobrazowań, ponieważ wyłączona została korekcja linii skanowania (charakterystyczna linia zygzaku), co powoduje utratę około 25% danych w każdej rejestracji.

**8** **Landsat 8**  
Najnowszy z satelitów systemu Landsat 8 został umieszczony na orbicie w 2013 r. Na jego platformie zamontowano dwa nowe instrumenty pomiarowe: skaner OLI (*Operational Land Imager*) oraz sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Dla kanału widzialnego oraz bliskiej podczerwieni skanery osiągają rozdzielczość przestrzenną 30 m, dla spektrum termalnego 100 m zaś kanał panchromatyczny ma rozdzielczość 15 m. Główną różnicą pomiędzy nowymi skanerami a ETM+ jest zwiększona liczba kanałów spektralnych oraz wyższa rozdzielczość radiometryczna (12 bitów), co w konsekwencji pozwala uzyskiwać obrazy o większym kontraście spektralnym.

W 2020 r. planowane jest wystrzelenie dziewiątego satelity z serii Landsat z urządzeniami nowej generacji. Będzie on operacyjny aż do roku 2035.

W ciągu półwiecza istnienia programu obserwacyjnego Landsat umieszczono na orbicie 8 satelitów (Rys. 7.7), które nieprzerwanie rejestrowały powierzchnię naszego globu i wszystko wskazuje na

to, że misja ta będzie nadal kontynuowana w kolejnych dekadach. Dzięki temu programowi mamy dostęp do bezcennej bazy wiedzy o ewolucji środowiskowej, społecznej i antropogenicznej naszej cywilizacji.



Rys. 6.7: Misje satelitów z serii Landsat Źródło: NASA, landsat.gsfc.nasa.gov.

Przełomowym rokiem dla świata nauki (ale nie tylko) był rok 2008, kiedy to uwolniono bezpłatnie bezcenne i zasobne archiwa danych satelitarnych z misji Landsat 7. Efektem tej decyzji był lawinowy wzrost liczby opracowań i badań nad metodami przetwarzania oraz przypadkami użycia danych teledetekcyjnych. Rok później tj. w roku 2009 zostały udostępnione na licencji otwartej zobrazowania zarejestrowane przez wszystkie satelity uczestniczące w tym historycznym i rozległym czasowo, teledetekcyjnym programie obserwacji Ziemi.

## 6.5

### Serwisy udostępniające dane satelitarne

Uwolnienie danych na zasadach wolnej licencji było pierwszym i kluczowy krokiem do popularyzacji i upowszechnienia zobrazowań satelitarnych w badaniach stanu środowiska oraz wpływu człowieka na jego przekształcenie. Istotnym jednak czynnikiem, który pozwolił użytkownikowi na łatwy i szybki dostęp do archiwów operatorów satelitarnych, był rozwój systemów informatycznych w szczególności w zakresie technologii internetowych. Wydajna i sprawna infrastruktura techniczna obsługująca repozytoria danych była czynnikiem determinującym dostęp do darmowych zobrazowań satelitarnych.

W zasobach sieci internetowej udostępnianych jest coraz więcej serwisów umożliwiających podgląd danych zawartych w bazach Landsat i programu Copernicus oraz ich wygodne wyświetlanie lub pobranie. Pozwalają one na szybkie zapoznanie się z zasobami danych bez konieczności ściągania kilkudziesięciu gigabajtów i instalowania uciążliwego oprogramowania.

Program Copernicus udostępnia dane pochodzące z misji Sentinel 1-3 poprzez serwis Copernicus Open Access Hub Service. Analogiczne serwisy udostępniane są dla danych Landsat przez U. S. Geological Survey. Najpopularniejszym jest EarthExplorer. Umożliwia on wyszukanie i pobieranie oprócz obrazów Landsat produktów takich jak SRTM oraz obrazy komercyjnych satelitów takich jak Ikonos-2 czy SPOT. Dla obszaru Stanów Zjednoczonych zbiór ten jest znacznie bogatszy, m. in. o dane LIDAR, zdjęcia lotnicze czy z dronów.

Przykładem ciekawego komercyjnego, ale również bezpłatnego serwisu jest Land Viewer stworzony przez firmę Earth Observing Systems. Przeglądarka umożliwia przeglądanie i pobieranie danych z misji Landsat, Sentinel oraz Modis, w tym również tych z najnowszych akwizycji, publikuje również produkty już częściowo przetworzone. W serwisie umożliwiające jest automatyczne generowanie kompozycji barwnych w kolorach naturalnych i fałszywych oraz wyświetlanie wskaźników NDVI, NDWI, NDSI. Interfejs przeglądarki daje również możliwość porównywania zdjęć satelitarnych z różnych satelitów i okresów za pomocą interaktywnych narzędzi.

#### *Rekomendowane repozytoria danych satelitarnych:*

- *Copernicus Open Access Hub Serwis – <https://scihub.copernicus.eu>*
- *EarthExplorer – <https://earthexplorer.usgs.gov>*
- *Land Viewer – <https://lv.eosda.com>*

## 6.6

### **Oprogramowania teledetekcyjne**

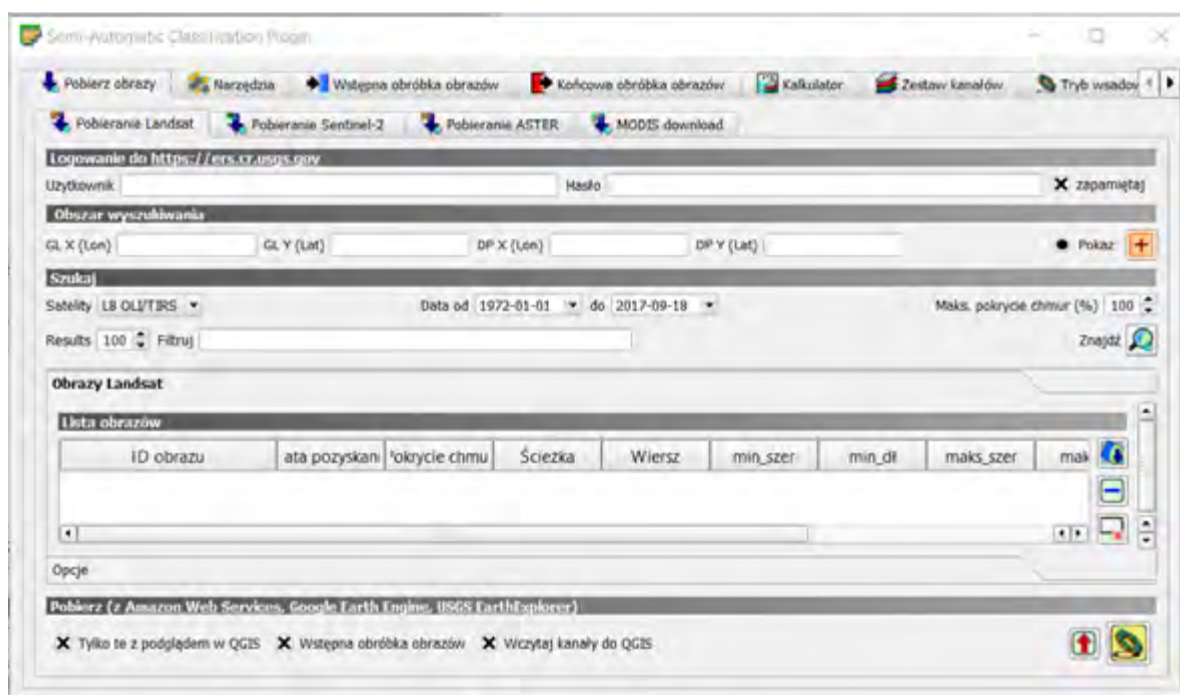
Jednym z czynników, które zniechęca jednostki administracji państwowej i samorządowej do korzystania z otwartych danych teledetekcyjnych jest brak dostępnych narzędzi pozwalających na ich analizę. Na rynku istnieje wiele komercyjnych rozwiązań do przetwarzania danych satelitarnych, ale ich zakup jest zazwyczaj kosztowny. ESA w ramach platformy publikuje darmowe narzędzia do analiz danych z Sentinel-1, 2 i 3, zgrupowane pod aplikacją SNAP. Platforma publikuje również przewodniki umożliwiające samodzielne zapoznanie się z funkcjonalnością oprogramowania oraz przykładowymi analizami na danych. Jedyną barierą jest konieczność znajomości języka

angielskiego. SNAP posiada zestaw narzędzi do obróbki obrazów teledetekcyjnych, klasyfikacji czy obliczania zaawansowanych wskaźników, również tych znajdujących zastosowanie w planowaniu przestrzennym.

Innym darmowym i udostępnianym na zasadach OGC (*Open Geospatial Consortium*) oprogramowaniem geoinformatycznym zawierającym zestaw narzędzi teledetekcyjnych jest program Quantum GIS (QGIS). W jego repozytorium wtyczek udostępniona jest skrzynka narzędziowa Semi-Automatic Classification Plugin (Rys. 6.8). Umożliwia ona pobieranie danych z satelitów

# QGIS

takich jak Landsat, Sentinel-2, ASTER czy MODIS oraz swobodne wyświetlanie tych zobrazowań w programie. Posiada narzędzia do półautomatycznej klasyfikacji różnych klas użytkowania terenu i obliczania wskaźników teledetekcyjnych. Do zalet tej wtyczki należy polski interfejs, który ułatwia korzystanie z narzędzia, zwłaszcza początkującym użytkownikom.



Rys. 6.8 Interfejs wtyczki Semi-Automatic Classification Plugin do przetwarzania zdjęć satelitarnych w programie QGIS.

*Programy Landsat i Copernicus dostarczają dane teledetekcyjne, które mogą zostać zaaplikowane do wielu różnorodnych opracowań, dotyczących zarówno miast jak i terenów wiejskich oraz monitorowania zachodzących w nich przemian demograficznych i przestrzennych. Dzięki polityce otwartych danych, każdy użytkownik może wykorzystywać w swojej pracy dane satelitarne oraz*

*znaleźć zestaw narzędzi, które umożliwią ich analizę. W porównaniu ze zobrazowaniami o bardzo wysokiej rozdzielczości (ang. Very High Resolution – VHR) sprzedawanymi przez firmy komercyjne, dane programu Landsat i Copernicus mogą wydawać się niedokładne, ale w wielu opracowaniach znajdują swoje zastosowanie. Wykorzystywane są szczególnie, gdy analizą objęty jest większy obszar, potrzebna jest duża rozdzielczość spektralna i czasowa opracowań a moce obliczeniowe komputerów mają ograniczony możliwości.*

## 6.7

### **Zastosowania otwartych danych w badaniach**

Dostępne otwarte dane satelitarne, choć nie posiadają tak dobrej rozdzielczości jak dane komercyjnych satelitów, znajdują wiele zastosowań zwłaszcza w zakresie monitorowania obszarów lądowych. Pozwalają na wieloletnią obserwację zachodzących zmian i stanowią przy tym wiarygodne źródło porównawcze. Ich zastosowanie w pełni sprawdza się zwłaszcza tam, gdzie niemożliwe jest pozyskanie danych metodami in situ (w terenie), ze względu na skalę obszaru analizy, dlatego wiele opracowań powstałych na bazie Landsat ma charakter regionalny czy krajowy. Dane programów Copernicus oraz Landsat znajdują zastosowanie w badaniu środowiska przyrodniczego, zasobów naturalnych oraz określaniu dynamiki przemian antropogenicznych i demograficznych.

Jednym z głównych produktów otrzymywanych w oparciu o dane satelitarne są mapy pokrycia oraz użytkowania terenu. Powstają one poprzez proces klasyfikacji często wielu różnych źródeł teledetekcyjnych. Są integrowane i analizowane, tak by wydobywać ukryte zależności pomiędzy zbiorami danych i na ich podstawie tworzyć nową wartość informacyjną.

Przykładem zastosowania otwartych danych teledetekcyjnych są badania dotyczące identyfikacji kierunków przemian pokrycia terenu, jakie nastąpiły w ciągu 25 lat (1986-2011) na obszarze województwa małopolskiego (Wężyk et al. 2013). W tym celu pozyskano dane z dwóch okresów z lat 1986-1987 oraz 2010-2015. W pierwszym okresie dane pochodziły z LANDSAT TM o rozdzielczości przestrzennej 30 m. Analizę przeprowadzano na 4 scenach zarejestrowanych w okresie kwiecień – listopad, gdzie parametr zachmurzenia dla pojedynczej sceny był poniżej 20%. Pomocniczo wykorzystano 28 scen z innych okresów, w celu kontroli jakościowej przeprowadzanej klasyfikacji. W drugim okresie zostały wykorzystane dane z satelity RapidEye o wyższej rozdzielczości przestrzennej. Klasyfikację zobrazowań wykonano w oparciu o metodę OBIA, wydzielając następujące klasy: grunty orne, użytki zielone, tereny zurbanizowane, rzeki i cieki, zbiorniki wodne, lasy iglaste, lasy liściaste, zadrzewienia, tereny różne i torfowiska. W celu porównania zebranych danych o pokryciu, ujednolicono rozdzielczość przestrzenną obu zobrazowań.



*W wyniku przeprowadzonych badań potwierdzono, że zmiany na obszarze małopolski pokrywają się z tendencjami obserwowanymi na obszarze całej Polski w ostatnich 3 dekadach – wzrostem powierzchni lasów oraz terenów zurbanizowanych. W Małopolsce obszar zarośnięty lasem uległ powiększeniu o 4.4%, natomiast tereny zurbanizowane powiększyły się o 2,4%. Wzrost wymienionych klas powstał wskutek ubytku klasy gruntów rolnych oraz trwałych użytków zielonych. Spowodowane jest to zmianami społeczno-ekonomicznymi, które prowadzą do wtórnej sukcesji roślinności leśnej na obszarach rolnych oraz zwiększaniem powierzchni zurbanizowanej w miastach. Niekontrolowany proces dezagraryzacji może powodować trwałe, negatywne zmiany, prowadzące do zubożenia środowiska naturalnego oraz degradacji istniejących krajobrazów kulturowych. Takie opracowania umożliwiają obiektywną analizę i pokazują skalę zachodzących przemian. Wykrywanie przedstawionych trendów za pomocą oficjalnych rejestrów państwowych, jest utrudnione m.in. ze względu na model pojęciowy samych baz danych rejestrów oraz ich administrację – np. zmiana klasyfikacji gruntów w EGiB wprowadzana jest zazwyczaj na wniosek właściciela gruntów, a nie jest automatycznie rejestrowana na podstawie zmian zachodzących na gruncie.*

Dane o użytkowaniu terenu o małej skali opracowania są przydatne zwłaszcza dla opracowań ogólnopolskich (Śleszyński, 2015). Przykładem zastosowania takich danych w dokumentach strategicznych jest Mapa Krajobrazu Kulturowego Polski w Koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju 2030. Wykorzystane zostały przy jej opracowywaniu dane Corine Land Cover 2006 do określenia gęstości granic użytkowania pochodzenia antropogenicznego czy obliczenia wskaźników różnorodności krajobrazu Shannona-Wienera. Innymi danymi teledetekcyjnym wykorzystanymi przy tym opracowaniu są dane wysokościowe z modelu SRTM. Umożliwiły one wyznaczenie udziału powierzchni gmin o niekorzystnych dla budownictwa warunkach terenowych.

Ciekawym przykładem wykorzystania danych Landsat, tym razem rejestrowanych w kanałach termalnych jest badanie miejskich wysp ciepła (ang. **urban heat islands**). Taka analiza ma tą zaletę nad stacjami naziemnymi, że pozwala uzyskać ciągły rozkład temperatury w miastach. Należy jednak pamiętać, że wyznaczana wartość to temperatura radiacyjna powierzchni, a nie jak w przypadku stacji naziemnych - temperatura powietrza. Weryfikacja obu źródeł pozwala na osiągnięcie najbardziej wiarygodnych wyników. Porównywanie ich z klasami użytkowników np. z tymi z CORINE Land Cover pozwala prześledzić wpływ jaki zabudowa ma na tworzenie się lokalnych obszarów o zwiększonej temperaturze (Walawender, 2009). Prowadzone badania bezpośrednio wskazały, że nagromadzenie intensywnej zabudowy oraz terenów przemysłowych zwiększyło temperaturę lokalną nawet o kilka stopni Celsjusza, uwzględnienie takich uwarunkowań w procesie kształtowania terenów zabudowy wydaje się wskazane (Osińska-Skotak, K., 2002).

Należy zdawać sobie sprawę z dokładności wykorzystywanych materiałów. Przyjęte metody klasyfikacji, rodzaje wydzielonych klas użytkowania terenu czy bazowe dane satelitarne mają wpływ na dokładność produktu końcowego. Z tych względów wszystkie dane, które są wykorzystywane do

prac analitycznych powinny podlegać procesowi weryfikacji. Idealnym wyjściem jest porównanie wyników z dostępnymi opracowaniami tworzonymi przez instytucje związane z tematyką badań. Na przykład dla analiz środowiskowych mogą być to dane publikowane przez Generalną i Regionalną Dyрекcję Ochrony Środowiska, a w przypadku opracowań osiadania terenu – dane ze strony Państwowego Instytutu Geologicznego.



# ROZDZIAŁ 7

MIĘDZYNARODOWE  
I KRAJOWE PROJEKTY  
BADAWCZO -ROZWOJOWE

# 7.1

## Potrzeby prowadzenia projektów badawczych w obszarze Systemów Obserwacji Ziemi

Celem niniejszego rozdziału jest omówienie produktów, które zostały opracowane w ramach krajowych oraz międzynarodowych projektów o charakterze badawczo-rozwojowym.

W rozdziale przedstawione zostaną przykłady projektów, których głównym celem było opracowanie na podstawie danych dostarczanych z Systemów Obserwacji Ziemi (ang. **Earth Observation Systems**) produktów wspierających proces planowania i zarządzania przestrzenią miejską.

Miasta są jednymi z najbardziej złożonych struktur stworzonych przez społeczeństwo, a jednocześnie w przeciwieństwie do innych złożonych przedmiotów wytwarzanych przez człowieka (choćby komputery), nie staramy się ich w pełni zrozumieć. Miasta w Europie, podobnie jak w większości regionów świata, przechodzą obecnie gwałtowne i głębokie zmiany, które wpływają na jakość życia setek milionów ludzi. Zmiany te winny być zarządzane w celu zachowania oraz poprawy jakości życia a także zapewnienia trwałości gospodarczej i środowiskowej.



*Skuteczne planowanie i zarządzanie wymagają zarówno danych na temat aktualnych warunków, jak i zdolności do przewidywania prawdopodobnych konsekwencji proponowanych projektów oraz zmian legislacyjnych.*

Pomimo dominującej roli ekonomicznej, społecznej i kulturalnej miast, coraz większa ich ekspansja terytorialna zwiększa obawy związane z degradacją środowiska, takie jak wzmożone zanieczyszczenie, zakłócenie istniejących ekosystemów i eliminacja gleb oraz terenów uprawnych, które mogłyby być wykorzystane w celach, takich jak rolnictwo czy obszary rekreacyjne. Ekspansja terenów zabudowanych w gruncie rzeczy stanowi istotną zmianę lokalnych warunków i krajobrazu, a zmiany te są często bardzo kosztowne do odwrócenia. Ponadto niedawne prognozy dotyczące rozwoju miast wykazują, że globalna urbanizacja może zwiększyć się trzykrotnie w 2030 r., jeśli utrzymają się obecne tendencje wzrostu gęstości zaludnienia.



Zdając sobie sprawę z tych kwestii, Komisja Europejska oraz Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) są zainteresowane promowaniem zrównoważonego rozwoju obszarów miast oraz efektywnego użytkowania gruntów. Aby zrealizować te postanowienia pod koniec lat 90-tych XX wieku rozpoczęto promowanie działań zmierzających do wypracowania metodyki oceny stanu rozwoju oraz kierunków ewolucji przestrzeni europejskich miast. Jednym z istotnych podejść w tym aspekcie było zainicjowanie wykorzystywania Satelitarnych Systemów Obserwacji Ziemi, które z punktu widzenia technologicznego umożliwiają regularny i precyzyjny monitoring przestrzeni miejskiej wspomagając tym samym procesy planistyczne i przyczyniają się do zrównoważonego rozwoju miast oraz ich otoczenia. Strategia ta miała również na celu zwiększenie wartości danych obserwacyjnych Ziemi poprzez stymulowanie usług zorientowanych na konkretnego użytkownika końcowego. W tym kontekście projekty, które autor przywołał w tym rozdziale, miały na celu pobudzić wzrost wykorzystania danych teledetekcyjnych (głównie satelitarnych) do zadań związanych z planowaniem przestrzennym w krajach wspólnotowych Unii Europejskiej.

W niniejszym rozdziale omówione zostaną cztery projekty, których celem było opracowanie lub przedstawienie studium przypadku zastosowań produktów, które wspomagają ekspertów z zakresu planowania przestrzennego. Do grupy tej należą następujące projekty:

- MOLAND,
- GEOLAND-2,
- URBAN ATLAS,
- URBANSAT.

## 7.2

### Projekt MOLAND

Projekt MOLAND został zainicjowany w 1998 roku w ramach projektu o nazwie MURBANDY (ang. Monitoring URBANDYnamics). Jego celem było monitorowanie rozwoju obszarów miejskich oraz identyfikacja trendów rozwojowych w skali regionalnej i lokalnej. W latach późniejszych projekt ten był kontynuowany w ramach V Programu Ramowego Komisji Europejskiej pod nazwą MOLAND (z ang. Monitoring LandUse/Cover Dynamics). Jego głównymi odbiorcami była Komisja Europejska a w szczególności departamenty: Dyrekcja Generalna ds. Środowiska (DG ENV), Dyrekcja Generalna ds. Polityki Regionalnej i Miejskiej (DG REGIO) oraz Dyrekcja Generalna ds. Mobilności i Transportu (DG TREN). Prace nad projektem koordynowało Wspólne Centrum Badawcze (Joint Reserach Centre – JRC) z siedzibą w Ispri pod auspicjami Komisji Europejskiej.

# MOLAND



*Projekt MOLAND zakładał wypracowanie następujących metod oraz produktów:*

- gromadzenie, przechowywanie i analiza ilościowych informacji na temat oceny użytkowania gruntów i sieci transportu w wybranych obszarach miejskich, regionach i korytarzach transportowych – stworzenie cyfrowej baz danych GIS dotyczącej użytkowania gruntów dla miast i regionów w Europie w interwałach co 10 lat począwszy od roku 1950-go XX w.*
- opracowywanie metodologii umożliwiającej analizowanie trendów historycznych oraz tworzenie wskaźników socjo-ekonomicznych wraz z oceną wpływu aktów legislacyjnych na stan użytkowania gruntów*
- opracowanie modeli umożliwiających testowanie scenariuszy zmian użytkowania gruntów w skali regionalnej oraz lokalnej*

Projekt operował na dwóch skalach przestrzennych tj.: makro i mikro. Skala makro odnosiła się do poziomu regionalnego, podczas gdy skala mikro dotyczyła obszarów lokalnych, gdzie kategoria użytkowania gruntów przypisywana była do każdej pojedynczej siatki (komórki) kartowania.

## **METODYKA MOLAND**

Metodyka projektu zakładała, iż w celu przewidywania zmiany danej kategorii użytkowania dla dowolnej komórki siatki stosuje się technikę o nazwie „Automatyka Komórkowa”. W metodyce tej przewidywanie ewolucji (przekształcenia danej kategorii użytkowania gruntu) jednej komórki opiera się na informacjach i ograniczeniach pochodzących z sąsiednich komórek.

Klasyfikacje użytkowania gruntów (UG) w MOLAND oparte zostały na rozszerzonym zestawieniu klasyfikacji projektu CORINE Land Cover (tzw. Model CLC). Klasyfikacja UG zawiera pięć głównych kategorii oraz kilka podkategorii, które są podzielone na dalsze podkategorie (w sumie ok. 99 kategorii).

### **IMPLEMENTACJA PROJEKTU PODZIELONA ZOSTAŁA NA 3 FAZY:**

zmiany  
„CHANGE”

wnioski  
„UNDERSTAND”

prognozy  
„FORECAST”

W fazie **CHANGE** została opracowana szczegółowa baza GIS użytkowania gruntów oraz sieci transportowej. Dane zostały opracowane w skali nominalnej 1:25 000 dla 40 obszarów miejskich (Rys. 8.1) w Europie oraz Turcji. Baza została stworzona dla 4 serii czasowych tj. 50-tych, 60-tych, 80-tych i 90-tych a w przypadku obszarów metropolitalnych dla 2 serii czasowych tj. 80-tych i 90-tych. Model logiczny bazy GIS oparty został o metodykę klasyfikacyjną użytkowania gruntów zapożyczoną z bazy CORINE LAND COVER (CLC) ale wzbogacono go o dodatkowe podkategorie. W sumie model liczył 99 klas użytkowania gruntów. Jednocześnie baza wzbogacona została o dane socjo-ekonomiczne oraz statystyczne dla każdego z opracowywanych obszarów.



Rys. 7.1: Obszary miejskie opracowane w ramach projektu MOLAND w formie bazy GIS. Źródło: Journal of Map & Geography Libraries, 2014rok.

Minimalna jednostka mapowania (MMU) danych w bazie GIS wynosiła 1 hektar dla obszarów zabudowanych (tzw. artificial) oraz 3 hektary na obszarach naturalnych (bez zabudowy tzw. nonartificial).

Baza wektorowa opracowana została na podstawie wizualnej interpretacji zdjęć panchromatycznych o wysokiej rozdzielczości (5,8 m) pochodzących z indyjskiego satelity IRS-1C. Dane zostały opracowane dla łącznej powierzchni ok. 4885 km<sup>2</sup>, przy czym ok. 2830 km<sup>2</sup> to dane dla sieci transportowych.

Faza **UNDERSTAND** to faza analityczna,

w której główny nacisk położono na analizę danych pod względem informacji statystycznych oraz dynamiki przestrzennej opracowanych obszarów miejskich oraz regionów. Analiza posłużyła do opracowania licznych wskaźników rozwoju miast i regionów. Wskaźniki te zostały wykorzystane do oceny i porównania obszarów badań pod kątem ich postępów, w analizowanym okresie, w kierunku zrównoważonego rozwoju.

Baza MOLAND była również wykorzystywana do wspierania strategicznej oceny oddziaływania na środowisko (SOOŚ) oraz wpływu połączeń transportowych na krajobraz.

Faza **FORECAST** dotyczyła opracowania ogólnego modelu symulacji rozwoju miast. Modelten oparty został na dynamicznym systemie przestrzennym wykorzystującym technikę tzw. „Automatyki Komórkowej” ( ang. „Celluar Automata”).

Zasadniczym celem opracowania modelu było uzyskanie możliwości prognozy rozwoju użytkowania gruntów w ramach istniejących planów przestrzennych oraz obowiązujących przepisów prawnych. Model dawał również możliwości przeanalizowania alternatywnych scenariuszy planowania przestrzennego na danym obszarze oraz umożliwiał aproksymację rozwoju przestrzeni miejskiej w kolejnych okresach planistycznych.

## 7.3

### Projekt GEOLAND-2

Projekt GEOLAND-2 realizowany był w latach 2008-2012 przez międzynarodowe konsorcjum, w skład którego wchodziło 50 partnerów z 20 krajów europejskich, w tym dwa polskie instytuty: Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk (CBK PAN) oraz Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej (IGiG). Projekt był naturalną konsekwencją wcześniejszego przedsięwzięcia pt. „GEOLAND” realizowanego w ramach 6. Programu Ramowego oraz elementu serwisowego „SAGE” Europejskiej Agencji Kosmicznej. Projekt finansowany był przez Komisję Europejską w ramach programu GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Program GMES od 2012 r. nosi nazwę COPERNICUS.

## GEOLAND-2

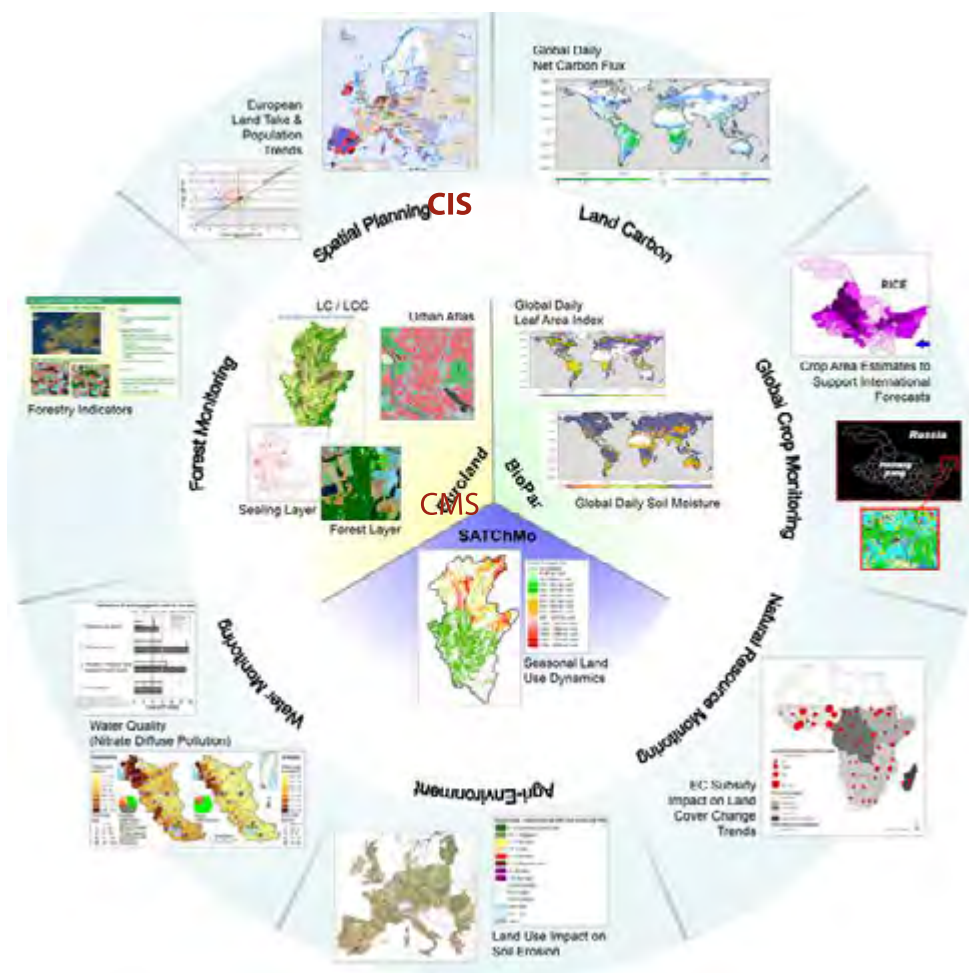
Projekt GEOLAND-2 miał za zadanie opracowanie podstaw metodyczno-technologicznych, walidację oraz zademonstrowanie produktów informacyjnych w ramach przedoperacyjnego serwisu z obszaru monitorowania lądów tzw. Serwis do Monitorowania Powierzchni Ziemi (ang. Land Monitoring Core Service – LMCS) dla siedmiu obszarów tematycznych takich jak: badanie zmian pokrycia terenu, przepuszczalność gleb, jakość i dostępność wody, planowanie przestrzenne, gospodarka leśna, bilans węgla, zagrożenia pól rolnych. Głównym założeniem projektu było zastosowanie technologii satelitarnych tzw. Systemów

Obserwacji Ziemi do opracowywania produktów w ramach poszczególnych obszarów tematycznych. Szczególny nacisk kładziono na wykorzystywanie danych radarowych (Synthetic Aperture Radar – SAR) oraz danych optycznych pochodzących z europejskich systemów satelitarnych. Ponadto GEOLAND-2 wykorzystywał wyniki poprzednio realizowanych projektów w ramach 6 Programu Ramowego (Geoland, BOSS4GMES), Europejskiej Agencji Kosmicznej (GSE, GMFS, SAGE czy Urban Service) oraz Europejskiej Agencji Środowiska (CLC/FTS 2006).

Główne zadania jakie stawiał przed sobą projekt GEOLAND-2 były następujące:

- opracowanie koncepcji oraz zorganizowanie linii produkcyjnych w zespołach wykonawców
- zbudowanie operacyjnej linii dostarczania i opracowywania danych satelitarnych na potrzeby poszczególnych serwisów tematycznych
- utworzenie oraz udostępnienie użytkownikom Serwisu Informacyjnego(Geoportalu) wszystkich wytworzonych produktów
- utworzenie platformy użytkowników

Projekt GEOLAND-2 dostarczał dwa rodzaje usług (Rys. 7.2):Serwis Mapowy - Core Mapping Service – CMS i Serwis Informacyjny - Core Information Service – CIS



Rys. 7.2: Diagram przedstawiający strukturę projektu GEOLAND-2. Źródło: Serwis GMES-GEOLAND.

## SERWIS MAPOWY

Serwis CMS świadczył usługi polegające na publikacji i dostarczaniu użytkownikom produktów na temat użytkowania i pokrycia gruntów wraz z uwzględnieniem zmian rocznych i sezonowych. Umożliwiał również dostęp do danych o parametrach biofizycznych opisujących stan roślinności, bilans energetyczny Ziemi i sytuację hydrologiczną. Serwis CMS podzielony został na trzy specyficzne obszary tematyczne

- *Land Cover & Land Use (EUROLAND) dostarcza informacji nt. pokrycia i użytkowania terenu. Jednym z jego produktów jest Urban Atlas, którego celem jest gromadzenie szczegółowych informacji dotyczących użytkowania terenu w największych europejskich aglomeracjach miejskich;*
- *Biogeophysical Parameters (BioPar) w ramach, którego obliczane były wybrane parametry biofizyczne dotyczące wegetacji roślin, bilansu węgla, promieniowania całkowitego czy obiegu wody. Informacje pozyskiwane były z danych satelitarnych średnio i nisko rozdzielczych, w skali globalnej oraz makro regionu. Częstotliwość aktualizacji produktów wynosiła od 1 do 30 dni.*
- *Seasonal & Annual Change Monitoring (SATChMo), którego zadaniem było dostarczenie produktów w formie map tematycznych, zestawu wskaźników itp., ukazujących roczne i sezonowe zmiany w pokryciu terenu. CBK PAN koordynował prace nad elementem SATChMo. W ramach tego obszaru opracowywano informacje średnio-rozdzielcze o rocznych zmianach pokrycia terenu w Europie i Afryce oraz sezonowym cyklu rozwoju wegetacji w Europie. Informacje w serwisie wzbogacane są również o informacji statystyczne (Area Frame Sampling – AFS) o zmianach pokrycia terenu, prognozach plonów i wykorzystaniu użytków rolnych w Europie i Afryce.*

Produkty serwisu CMS były wykonywane w kilku rozdzielczościach przestrzennych, od skali lokalnej do globalnej, oraz z różną rozdzielczością czasową, tj. od 1 dnia aż po nawet kilku lat.

## SERWIS INFORMACYJNY

Zadaniem CIS była integracja danych opracowanych w ramach Serwisu Mapowego CMS oraz ze źródeł zewnętrznych (m.in. pomiarów in-situ, danych statystycznych) w celu wygenerowania specyficznej informacji, mającej wspierać administrację publiczną w wypełnianiu obowiązków zapisanych zarówno we wspólnotowych politykach w zakresie ochrony środowiska, jak i w traktatach międzynarodowych dotyczących m.in. zmian klimatu. Generowane produkty informacyjne dotyczyły

tematyki m.in.: planowania przestrzennego, gospodarki rolnej i leśnej, monitorowania stanu zasobów wodnych.

# 7.4

## URBAN ATLAS



Rys. 7.3: Miejskie Obszary funkcjonalne opracowane w ramach UA w 2011 r.

W projekcie Urban Atlas wykorzystano satelitarne dane obserwacyjne o rozdzielczości terenowej 2.5 m (obrazy panchromatyczne oraz wyostrzone spektralnie tzw. pan-sharped) z takich satelitów jak:

- SPOT 5,
- ALOS,
- QUICK BIRD,
- RAPIDEYE.

Według założeń metodologicznych projektu UA minimalna jednostka kartowania (MMU) na obszarach miejskich wynosiła 0,25 ha (co odpowiada skali opracowania 1:10 000) a dla pozostałych obszarów 1 ha. W Urban Atlas wydzielono 20 klas tematycznych (Rys. 7.4), które zostały opracowane na podstawie klasyfikacji hybrydowej (automatyczna/wizualna). Nazwy poszczególnych klas oparte zostały na nomenklaturze zapożyczonych z projektu CORINE LAND COVER oraz legendzie GUS. Co istotne, dane te mają ujednoliconą postać, co pozwala na porównywanie obszarów w obrębie poszczególnych miast oraz umożliwia wykonanie charakterystyki porównawczej różnych miast



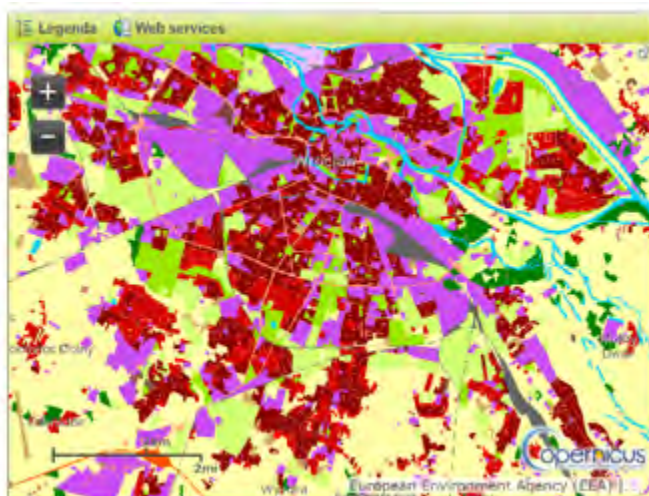
europejskich. Zebrane dane wraz z opisującymi je metadanymi zostały opublikowane w formie map tematycznych, jak i danych wektorowych (format shp) i dostępne są na stronach Europejskiej Agencji Środowiska. Za wytyczenie poszczególnych stref funkcjonalnych dla konkretnych obszarów miejskich odpowiedzialna była Dyrekcja Generalna ds. Polityki Regionalnej i Miejskiej Komisji Europejskiej (DG REGIO).

Kod	Nazwa klasy
1	Powierzchnie zantropogenizowane (sztuczne)
1.1	Strefy zurbanizowane
1.1.1	Zabudowa zwarta (udział powierzchni nieprzepuszczalnych >80%)
1.1.2	Zabudowa luźna
1.1.2.1	Zabudowa luźna o dużym zagęszczeniu (udział powierzchni nieprzepuszczalnych (50- 80%)
1.1.2.2	Zabudowa luźna o średnim zagęszczeniu (udział powierzchni nieprzepuszczalnych (30- 50%)
1.1.2.3	Zabudowa luźna o małym zagęszczeniu (udział powierzchni nieprzepuszczalnych (10- 30%)
1.1.3	Pojedyncze obiekty zabudowy
1.2	Strefy przemysłowe, handlowe, usług publicznych, wojskowe i komunikacyjne
1.2.1	Strefy przemysłowe, handlowe, usług publicznych i wojskowe
1.2.2	Tereny komunikacyjne i związane z komunikacją
1.2.2.1	Szybkie drogi tranzytowe i tereny z nimi związane
1.2.2.2	Pozostałe drogi i tereny z nimi związane
1.2.2.3	Koleje i tereny kolejnowe
1.2.3	Porty
1.2.4	Lotniska
1.3	Kopalnie, wysypiska i budowy
1.3.1	Miejsca eksploatacji odkrywkowej, wysypiska i zwałowiska
1.3.3	Place budów
1.3.4	Tereny bez określonego użytkowania
1.4	Zantropogenizowane tereny zielone nie użytkowane rolniczo
1.4.1	Miejskie tereny zielone
1.4.2	Tereny sportowe i wypoczynkowe
2	Grunty rolne, obszary roślinności semi- naturalnej, podmokłości
3	Lasy
5	Wody

Rys. 7.4: Klasy użytkowania i pokrycia terenu wydzielone w projekcie Urban Atlas (Mapping Guide ..., 2008).

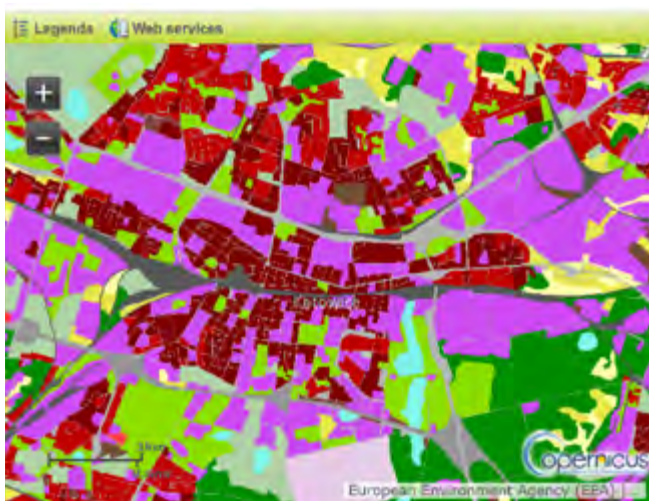
W ramach projektu opracowane zostały cztery podstawowe produkty:

- 1 URBAN ATLAS 2006**  
Produkt ten zawiera zestaw danych wektorowych (baza danych ESRI) o pokryciu i użytkowaniu terenu w danej strefie funkcjonalnej w roku 2006. Do opracowania tego produktu zostały wykorzystane satelitarne dane referencyjne pochodzące z roku 2006 +/- 1 rok (Ryc. 7.5).



Rys. 7.5: Produkt Urban Atlas 2006 dla obszaru Wrocław. Źródło: Serwis Copernicus.

- 2 URBAN ATLAS 2012**  
Produkt ten zawiera zestaw danych wektorowych (baza danych ESRI) o pokryciu i użytkowaniu terenu w danej strefie funkcjonalnej w roku 2012. Do opracowania tego produktu zostały wykorzystane satelitarne dane referencyjne pochodzące z roku 2012 +/- 1 rok (Rys. 7.6).

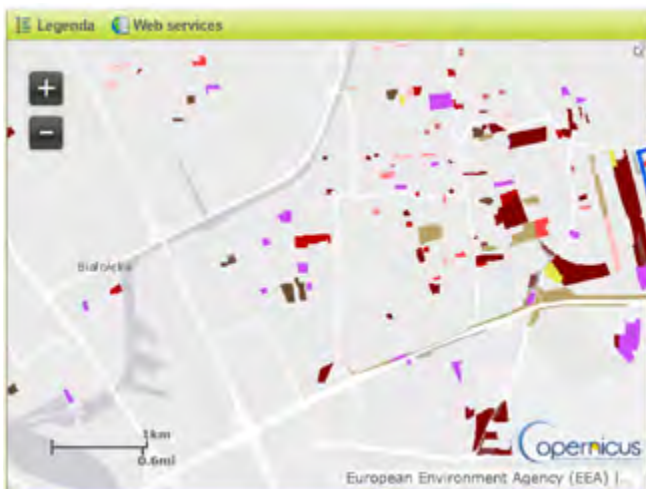


Rys. 7.6: Produkt Urban Atlas 2012 dla obszaru Katowic. Źródło: Serwis Copernicus.

3

### DETEKCJA ZMIAN 2006-2012 (CHANGE DETECTION)

Produkt ten zawiera zestaw danych wektorowych o zmianach zagospodarowania i pokrycia terenu jakie nastąpiły w danej strefie funkcjonalnej w latach 2006-2012 (Rys. 7.7).

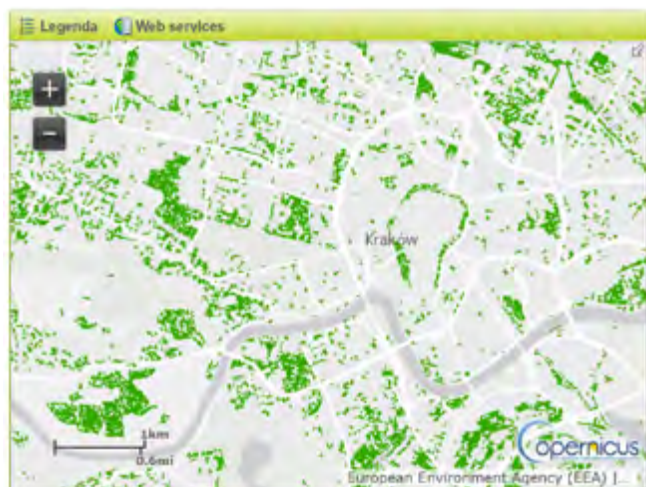


Rys. 7.7 Detekcja zmian w latach 2006-2012 w Warszawskiej Strefie Funkcjonalnej. Źródło: Serwis Copernicus.

4

### DRZEWA W MIASTACH (STL – STREET TREE LAYER)

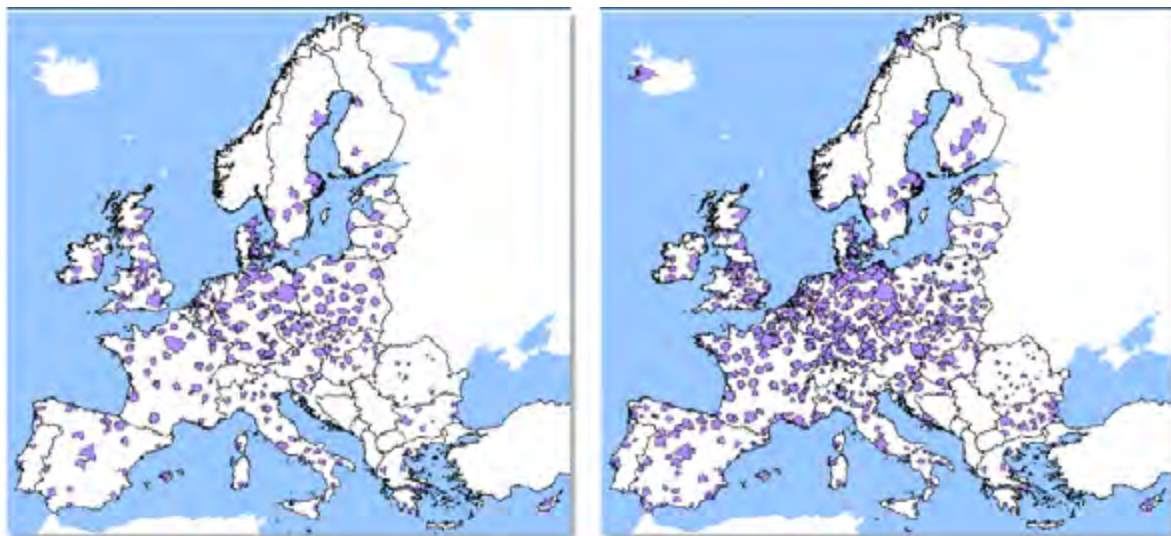
Produkt ten zawiera zestaw danych wektorowych dotyczących zieleni miejskiej w danej strefie funkcjonalnej (Rys. 7.8). Baza danych obejmuje ciągi lub płyty drzew, zajmujące co najmniej 500 m<sup>2</sup> (przy minimalnej szerokości 10 metrów), położone w obrębie „sztucznych” powierzchni („Artificial surfaces”) w obrębie stref funkcjonalnych obszarów miejskich (Functional Urban Areas – FUA). Nie obejmują one zatem alei drzew wzdłuż dróg poza obszarami miejskimi oraz obszarów leśnych położonych w sąsiedztwie miast.



Rys. 7.8: Dane o zieleni miejskiej (STL) dla strefy funkcjonalnej Krakowa. Źródło: Serwis Copernicus. Kolejna aktualizacja

produktów Urban Atlas nastąpi w roku 2018, będzie to jednocześnie rok referencyjny dla danych satelitarnych, które posłużą do opracowania serii produktów.

Urban Atlas 2006 został opracowany dla miast o ludności powyżej 100000 mieszkańców (Tab. 7.1). W Polsce kryterium to spełniło 25 miast. W roku 2012 nastąpiło rozszerzenie kryterium wielkości miast i produkt opracowano dla wszystkich miast powyżej 50000 mieszkańców – w Polsce 58 miast zostało opracowanych w ramach UA 2012 (Rys. 7.9)



Rys. 7.9: Mapa opracowanych obszarów funkcjonalnych w roku 2006 oraz 2012. Źródło: ESA.

Parametr	URBAN ATLAS 2006	URBAN ATLAS 2012
Ilość opracowanych stref funkcjonalnych (Large Urban Zones – LUZ)	305	697
Kryterium wielkości miasta	100000 mieszkańców	50000 mieszkańców
Ilość klas z 0,25 ha MMU	17	17
Ilość klas z 1 ha MMU	3	10
Warstwa „Drzewa w Miastach” (STL)	NIE	TAK

Tabela 7.1: Porównanie parametrów poszczególnych iteracji produktów UA (2006 i 2012).

Szczegółowy opis techniczny dotyczący opracowania produktów w projekcie Urban Atlas został opublikowany w przewodniku „[MAPPING GUIDE FOR A EUROPEAN URBAN ATLAS](#)”, który dostępny jest na stronie Komisji Europejskiej.

Dostęp do danych opracowanych w ramach projektu Urban Atlas opiera się na zasadzie pełnego, otwartego i wolnego dostępu, zgodnie z rozporządzeniem Komisji (UE) n1159/2013 z dnia 12 lipca

2013 r. Wszystkie produkty w formie danych wektorowych oraz map tematycznych są dostępne na stronach Europejskiej Agencji Środowiska (EEA) pod poniższym linkiem internetowym: [www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas)

# 7.5

## URBANSAT

Projekt UrbanSat dotyczył implementacji i upowszechnienia technik satelitarnych do analiz geoprzestrzennych w procesach zarządzania rozwojem miast i aglomeracji miejskich na przykładzie Warszawskiego Obszaru Metropolitalnego (OMW).

Projekt realizowany był w latach 2009-2012 z funduszy Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w ramach programu PECS (Plan for European Cooperating States). PECS to program przedakcesyjny dla krajów aspirujących do przyjęcia do Europejskiej Agencji Kosmicznej. Polska została przyjęta do ESA 19 listopada 2012 r.

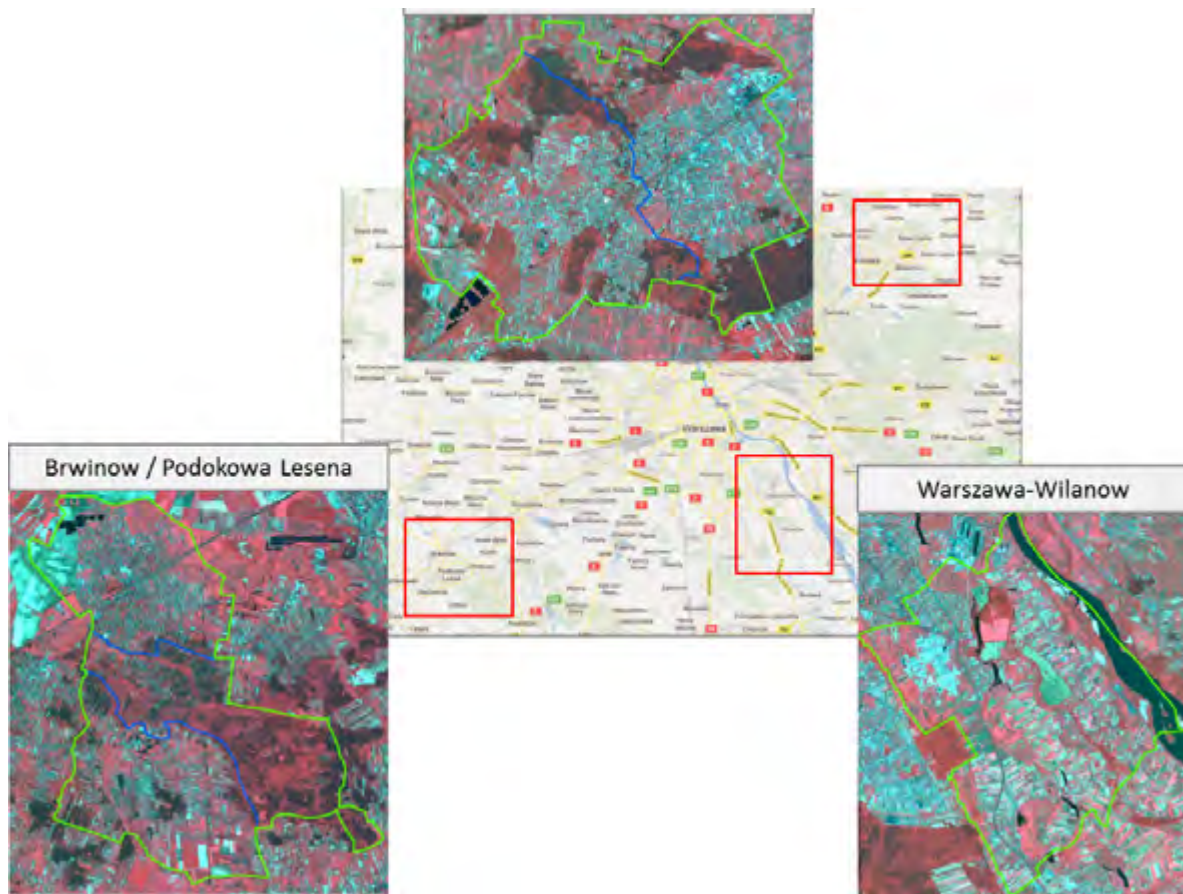
UrbanSAT był projektem krajowym zainicjonowanym przez firmę Techmex S.A. (koordynator w roku 2009) a w latach 2010-2012 projekt koordynowanym był przez Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk (CBK PAN) z siedzibą w Warszawie. Ponadto partnerami w projekcie byli: Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Instytut Systemów Przestrzennych i Katastralnych (ISPIK) S.A. z Gliwic, SmallGIS z Krakowa, GeoVille GmbH z Innsbrucka (Austria), Infoterra GmbH z Friedrichshafen (Niemcy).

Głównym założeniem projektu było zademonstrowanie możliwości wykorzystywania danych satelitarnych oraz ich produktów pochodnych do zadań związanych z monitoringiem obszarów miejskich na przykładzie Warszawskiego Obszaru Metropolitalnego.

*Dla celów demonstracyjnych zostały wytypowane trzy obszary pilotażowe o łącznej powierzchni 103 km<sup>2</sup>, w skład, których wchodziło pięć gmin o zróżnicowanej strukturze osadnictwa oraz krajobrazu (Rys. 7.10):*


- *Warszawa-Wilanów (35,5 km<sup>2</sup>): obejmuje podmiejską strefę mieszkaniową z dużymi kompleksami przemysłowymi i handlowymi.*
- *Wołomin (16,3 km<sup>2</sup>) i Kobyłka (19,9 km<sup>2</sup>): to dwie podmiejskie gminy o zróżnicowanej gęstości zabudowy, otoczone lasami i obszarami rolniczymi.*
- *Brwinów (21,3 km<sup>2</sup>) i Podkowa-Leśna (10,1 km<sup>2</sup>) to gminy wiejskie reprezentujące obszary o luźnej strukturze zabudowy.*





Rys.7.10: Obszary pilotażowe o różnicowanej strukturze zabudowy w projekcie UrbanSAT. Źródło: Raport ESA.

Do opracowywania produktów pochodnych zostały wykorzystane wysokorozdzielcze dane satelitarne pochodzące z satelity IKONOS o rozdzielczości terenowej piksela 1 m. Obrazy zarejestrowane były w dwóch ujęciach czasowych tj. roku 2002 i 2008. Ponadto wykorzystano dane pomocnicze, tj. dane z EGiB, strefy funkcjonalne (LUZ), granice administracyjne czy sieć komunikacyjną (Tab. 7.2).

Zobrazowania satelitarne z satelity IKONOS z roku 2008	
--	--





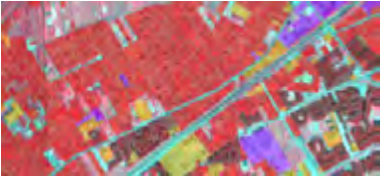
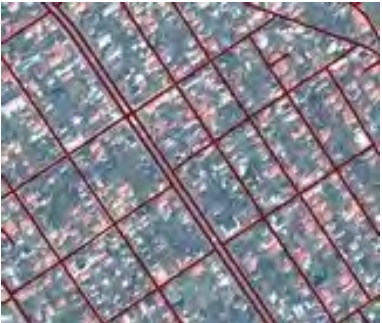

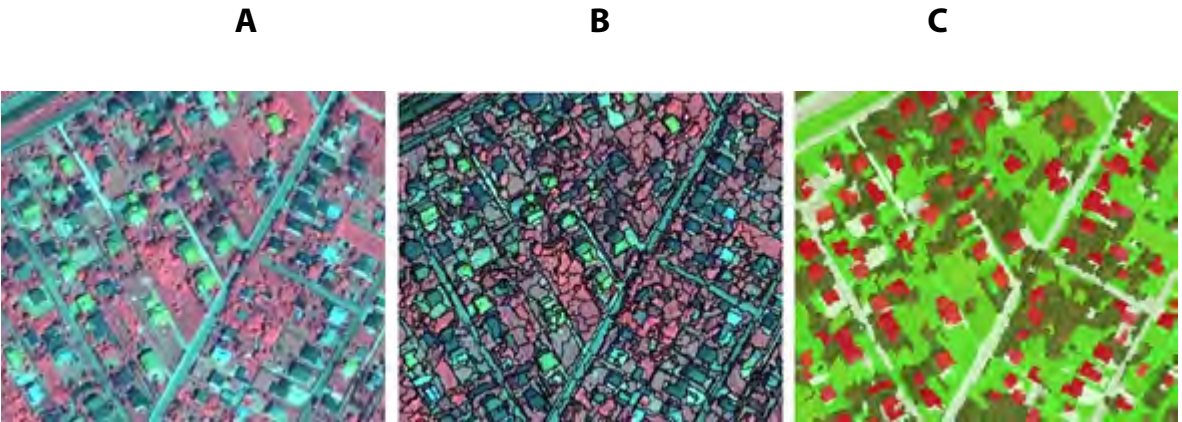
Zobrazowania satelitarne z satelity IKONOS z roku 2002	
Dane katastralne	
Strefy Funkcjonalne (LUZ) z Urban Atlas	
Sieć Komunikacyjna	
Granice Administracyjne	

Tabela 7.2: Wykaz danych wykorzystanych w projekcie UrbanSAT.

Pozyskane dane satelitarne wraz z danymi pomocniczymi zostały poddane przetworzeniu z wykorzystaniem automatycznej metody klasyfikacji opartej na algorytmach klasyfikacji obiektowej (*Object Based Image Analysis - OBIA*) w oprogramowaniu Definiens eCognition. Wynikiem przetworzeń był następujący zestaw produktów pochodnych: mapy pokrycia terenu, detekcja zmian pokrycia terenu, wskaźniki intensyfikacji zabudowy i mapy osiadania terenu. Ponadto w ramach projektu została opracowana aplikacja GIS (UrbanSAT.Planowanie)umożliwiająca standaryzację planów zagospodarowania terenu i wykorzystanie produktów teledetekcyjnych. Opis skrócony produktów zawarto poniżej.

### MAPA POKRYCIA TERENU

Produkt opracowany został z zastosowaniem automatycznej klasyfikacji obiektowej (Rys. 7.11). Mapa wynikowa przedstawia 6 klas użytkowania terenu o minimalnej jednostce kartowania 50-100 m2 (Tab. 7.3). Mapy zostały opracowane dla roku 2002 i 2008 dla wszystkich obszarów pilotażowych.



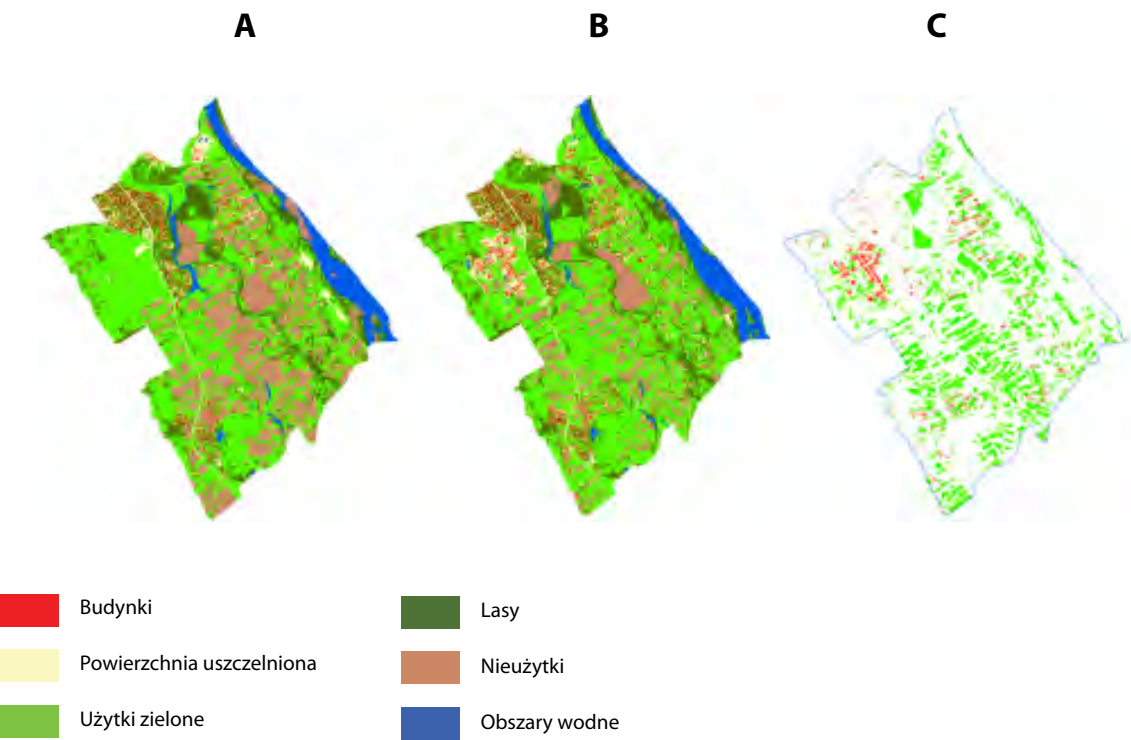
Rys. 7.11: Proces przetwarzania obrazu: A. Zobrazowanie Satelitarne B klasyfikacja (segmentacja obrazu) C. Mapy pokrycia terenu z 6 klasami użytkowania.

Nazwa klasy użytkowania	MMU [m <sup>2</sup> ]
Budynki	50
Powierzchnia uszczelniona	100
Użytki zielone	100
Lasy	100
Nieuzytki	100
Obszary wodne	100

Tabela.8.3: Wykaz wyodrębnianych klasy użytkowania terenu oraz kryterium minimalnej powierzchni przyjętej przy wyodrębnianiu (MMU).

# DETEKCJA ZMIAN POKRYCIA TERENU

Mapy użytkowania terenu opracowane dla wszystkich obszarów pilotażowych umożliwiły wykonanie analizy detekcji zmian pokrycia terenu jakie nastąpiły w latach 2002-2008. Wykorzystano metodę "map-to-map change detection" umożliwiającą wykrycie zmian w poszczególnych klasach użytkowania między analizowanymi okresami (Rys. 7.12).



Rys. 7.12: Mapy użytkowania terenu 2002 (A), 2008 (B) oraz map detekcji zmian (C) dla obszaru Warszawa-Wilanów.

Wynikiem była również analiza ilościowa zmian jakie zaszły w poszczególnych klasach użytkowania (Tab. 7.4).

KLASA UŻYTKOWANIA	2002 [HA]	2008 [HA]	ZMIANA [HA]	ZMIANA [%]
Budynki	98,2	144,9	46,6	47,5
Powierzchnia uszczelniona	198,7	260	61,3	30,8
Użytki zielone	1645,3	1823,3	178	10,8
Lasy	599,3	647	47,8	8
Nieużytki	825	489,1	-335,9	-40,7
Obszary wodne	240	242,2	2,2	0,9

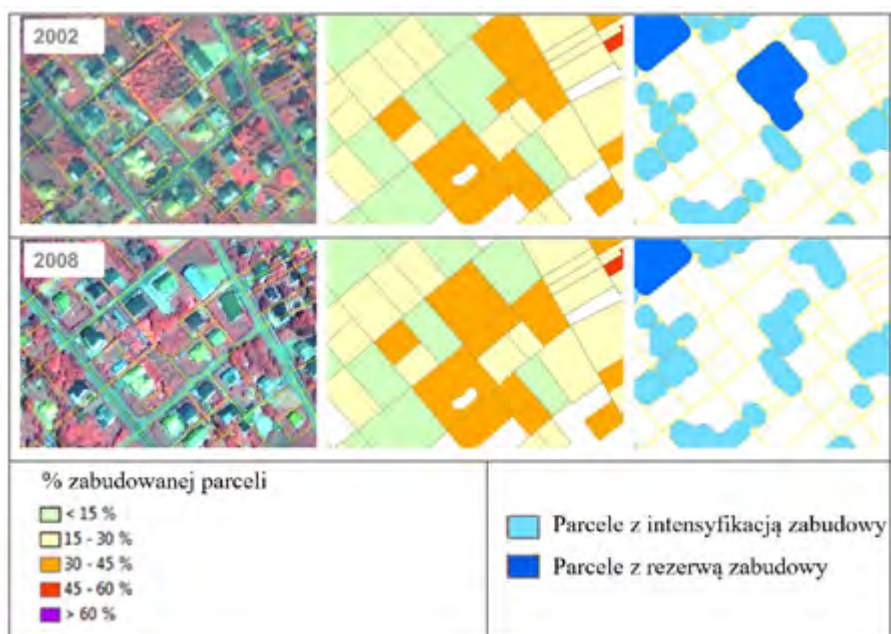
Tabela.7.4: Analiza statystyczna detekcji zmian dla obszaru Warszawa-Wilanów w latach 2002-2008.

## WSKAŹNIKI INTENSYFIKACJI ZABUDOWY

Wskaźnik ten został wyliczony na podstawie ilości obszarów zabudowanych w stosunku do potencjału możliwości zabudowy na danym obszarze. Analiza została wykonana w oparciu o autorski model firmy GeoVille opracowany w środowisku ArcGIS. Wynikiem analizy były wskaźniki przedstawiające (Rys. 7.13):

- obszary z potencjałem (rezerwą) zabudowy - puste parcele,
- obszary z możliwością zagęszczenia zabudowy - parcele z częściową istniejącą zabudową, ale mające potencjał na jej dalszą zabudowę.

Wskaźnik umożliwia analizę rozwoju terenów zabudowanych na poziomie pojedynczych gmin oraz regionów.

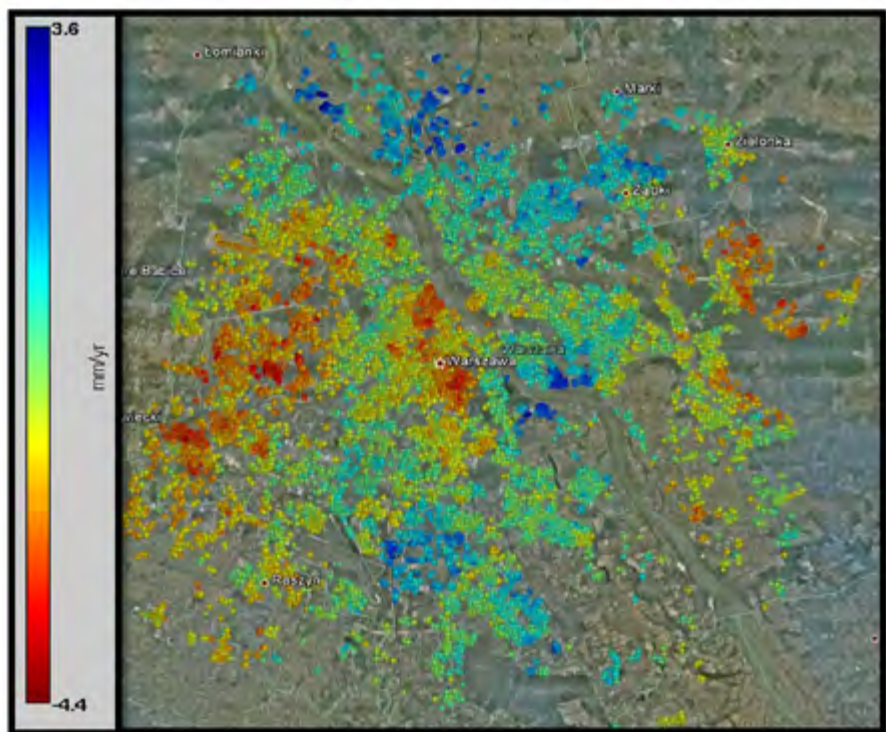


Rys. 7.13: Wskaźnik intensywności zabudowy.

## OSIADANIE TERENU

Kolejnym produktem opracowanym w ramach tego projektu była mapa osiadania terenu (Rys. 7.14). Analizy zostały wykonane w oparciu o serię zobrażeń radarowych (ang. SAR; Synthetic Aperture Radar) i umożliwiły obserwację deformacji terenu w odniesieniu do poszczególnych budynków. Wykorzystano w tym celu metody PSI (ang. *Persistent Scatterers Interferometry*) umożliwiającą obserwację zjawiska osiadania z dokładnością do 1 mm.





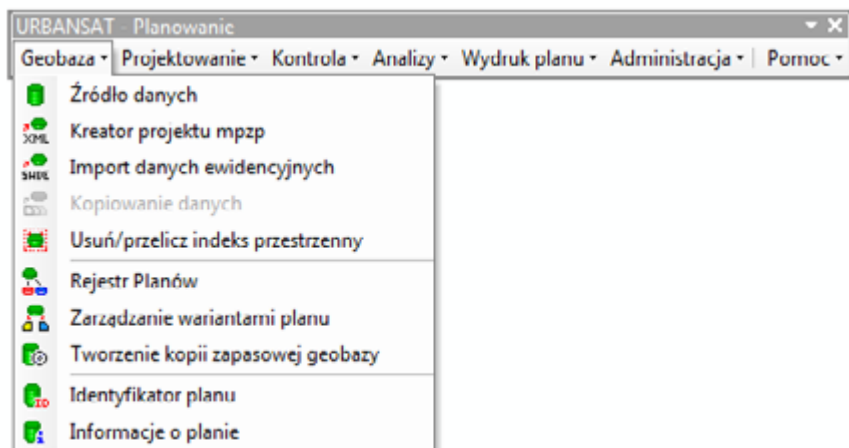
Rys. 7.14: Mapa osiadania terenu dla poszczególnych budynków.

*Analiza pozwala ocenić zagrożenie oraz wielkość osiadania gruntów dla istniejących budynków. Umożliwia również wyznaczenie kierunków rozwoju zabudowy na obszarze miasta pod względem stabilności gruntu.*

## APLIKACJA URBANSAT.PLANOWANIE

W ramach projektu przy współpracy z jego beneficjentami tj. gminami i Mazowieckim Biurem Planowania Przestrzennego i Rozwoju Regionalnego została opracowana aplikacja UrbanSAT. Planowanie (Rys. 8.15), której celem było zestandaryzowanie procesu przygotowywania map dla celów planowania przestrzennego oraz produktów satelitarnych opracowanych w ramach projektu (Rys. 7.16).

Aplikacja została opracowana przez partnera technologicznego firmę SmallGIS z Krakowa.



Rys. 7.15 Interfejs aplikacji UrbanSAT.Planowanie.



Rysunek. 7.16 Standaryzacja produktów satelitarnych w aplikacji UrbanSAT.Planowanie.

Aplikacja UrbanSAT.Planowanie zawiera zestaw niezbędnych narzędzi oraz funkcji GIS, które mogą być skutecznie wykorzystywane przez ekspertów z zakresu planowania przestrzennego w procesie sporządzania dokumentów planistycznych. Umożliwia m.in. w sposób automatyczny tworzyć model danych dla MPZP oparty o ujednolicony standard, zawiera narzędzia pozwalające edytować plan oraz tworzyć kompozycje mapowe rysunku planu i tekstu uchwały. Aplikacja działa jako rozszerzenie programu ArcGIS na wszystkich poziomach licencyjnych (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) oraz pozwala tworzyć zestandaryzowane opracowania MPZP dzięki odpowiednio zaprojektowanej bazie danych (Rys. 7.17). Ułatwia zarządzanie planem oraz zapewnia automatyczną integrację map pomiędzy poszczególnymi jednostkami administracyjnymi (gminami).





Rys. 7.17: Standaryzacja słownika bazy danych GIS w aplikacji UrbanSAT.Planowanie pod potrzeby planowania przestrzennego.

# 7.6

## Porównanie produktów projektów badawczych

Efektem przedstawionych w niniejszym rozdziale projektów były produkty, uzyskane w wyniku przetwarzania danych satelitarnych. Natomiast podstawowym produktem, który w ramach wszystkich projektów był opracowywany i rozwijany była mapa pokrycia i użytkowania terenu (Tabela 7.5). Wynika to z faktu, iż racjonalne gospodarowanie przestrzenią, w szczególności na obszarach miejskich wymaga posiadania wiarygodnej i aktualnej informacji o pokryciu i użytkowaniu terenu oraz zachodzących w tym zakresie zmianach.

PARAMETR	MOLAND	URBAN ATLAS/ GEOLAND-2	URBANSAT
Ilość opracowanych produktów	1	1	5
Liczba klas tematycznych dla mapy użytkowania terenu	99	20	6
Minimalna Jednostka Kartowania (MMU)	1 ha	0,25 ha	50 m2
Obszar opracowania	40 Miast Europejskich	697 miast (LUZ)	Warszawski Obszar Metropolitalny
Rozdzielczość czasowa	Okres między 1950-1990	Co 6 lat od 2006 r.	Okres 2002-2008

Tabela 7.5: Porównanie produktów opracowanych w ramach przedstawionych projektów.

*Analizując produkty powstałe w ramach ww. projektów można stwierdzić, iż:*

- efektem MOLAND było opracowanie bardzo szczegółowej i unikalnej w skali europejskiej bazy GIS zawierającej dane o użytkowaniu gruntów dla 40 obszarów miejskich objętych projektem. Swoim zakresem analiza objęła niezwykle długi szereg czasowy (prawie pięćdziesiąt lat!!) rozwoju urbanistycznego przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej rozdzielczości przestrzennej i tematycznej danych. Z drugiej strony projekt MOLAND jest dostępny tylko dla ograniczonej liczby europejskich obszarów miejskich (w niektórych przypadkach jedynie dla wybranych dzielnic), a rzeczywisty obszar mapowany dla każdego miasta jest w większości przypadków ograniczony do miasta podstawowego i jego wąskiego otoczenia.*
- projekt GEOLAND-2 dostarczył wiele produktów tematycznych mających bezpośrednie zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki oraz administracji. Z punktu widzenia tej publikacji najbardziej istotnym produktem jest Urban Atlas (UA) opracowany w ramach obszaru EUROLAND i przeznaczony dla planowania przestrzennego na obszarach miejskich.*
- URBAN ATLAS dostarczył produkty dedykowane głównie dla specjalistów z zakresu planowania przestrzennego oraz dla jednostek administracji publicznej, które podejmują strategiczne decyzje o kierunkach rozwoju funkcjonalnego obszarów miejskich. Produkty opracowywane są systematycznie co 6 lat co daje możliwość monitoringu obszarów miejskich objętych projektem. Jednocześnie wszystkie dane są zharmonizowane i ujednolicone we wspólnej bazie GIS co umożliwia analizę obszarów miejskich zarówno w kontekście krajowym jak i międzynarodowym.*
- URBANSAT to dedykowany konkretnym beneficjentom projekt krajowy, którego celem było promowanie produktów oraz technik satelitarnych dla skutecznego zarządzania przestrzenią miejską. W ramach projektu powstało 5 produktów demonstrujących wykorzystanie obrazów satelitarnych w konkretnych przypadkach użycia.*

W ostatniej dekadzie obserwuje się znaczący wzrost dostępności danych teledetekcyjnych co wraz z rozwojem metod przetwarzania i analizowania zarejestrowanej na nich informacji, stwarza ogromne możliwości wykorzystania wieloczasowych serii obrazów w monitorowaniu zmian sposobu wykorzystania przestrzeni.

Zobrazowania satelitarne stanowią jednocześnie skuteczne narzędzie monitorowania zmian zachodzących na powierzchni ziemi, ale również dostarczają cennych informacji oraz danych niezbędnych do budowy zaawansowanych modeli (MOLAND, URBANSAT) wspierających prowadzenie polityki przestrzennej, zarówno w skali lokalnej, krajowej jak i europejskiej.



# ROZDZIAŁ 8

AKTUALIZACJA BAZ DANYCH  
PRZESTRZENNYCH W OPARCIU  
O TELEDETEKCYJNE  
ŹRÓDŁA DANYCH NA  
PRZYKŁADZIE EGIB

# 8.1

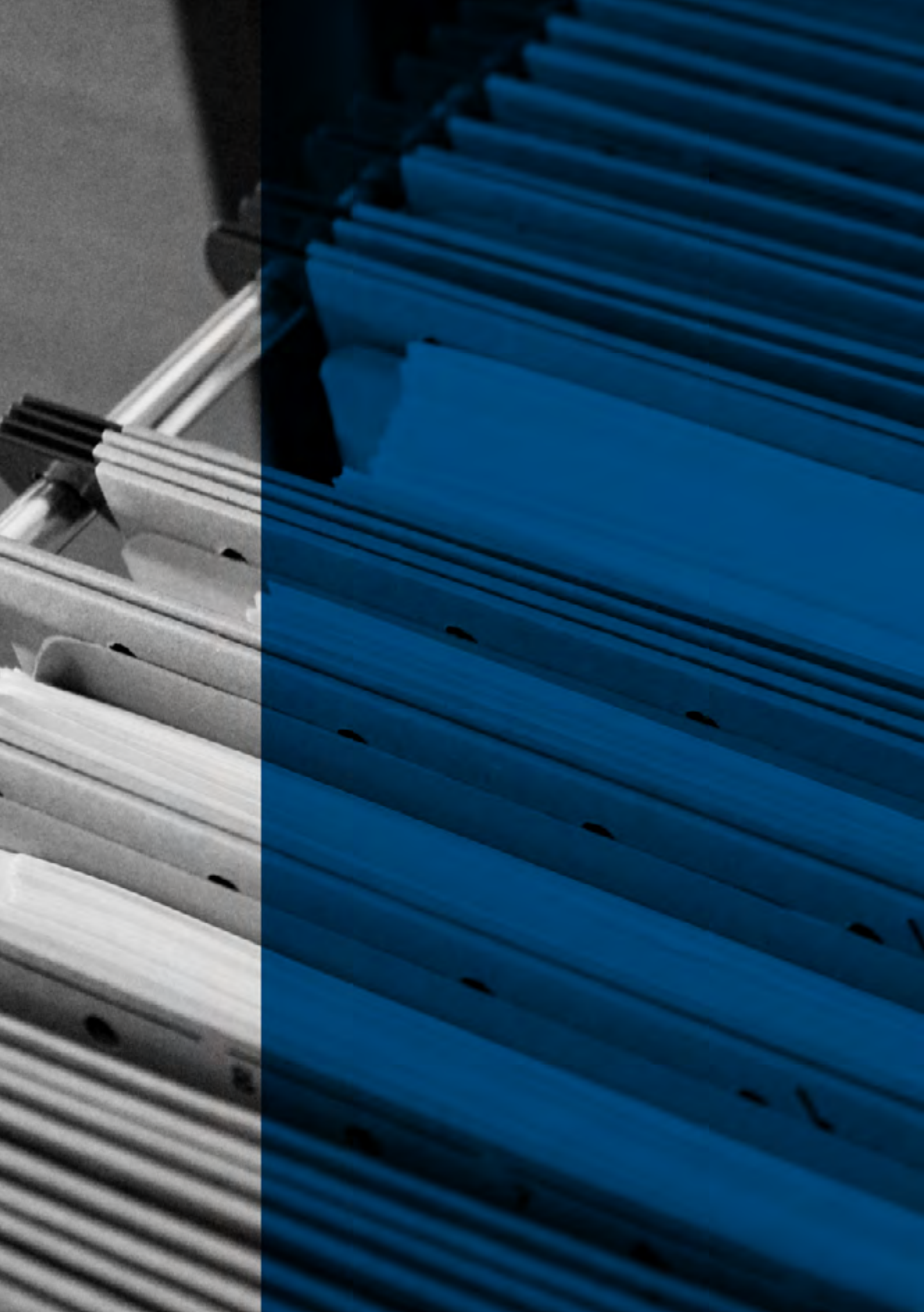
## Uwarunkowania formalne użycia danych teledetekcyjnych w aktualizacji EGIB

W niniejszym rozdziale zostaną omówione możliwości użycia danych ze źródeł teledetekcyjnych do aktualizacji baz danych przestrzennych na przykładzie Ewidencji Gruntów i Budynków (EGiB).

Techniki teledetekcyjne nie są jeszcze powszechnie stosowane do aktualizacji wspomnianego rejestru. Dzieje się tak dlatego, że do niedawna dokładność przestrzenna, którą można było uzyskać w pomiarach teledetekcyjnych odbiegała od klasycznych pomiarów terenowych. Branża optoelektroniczna poczyniła znaczący wzrost jakości detektorów, co sprawiło, że teledetekcja oferuje nowe narzędzia (jak chociażby zastosowanie lekkich skanerów UAV, kamer hiperspektralnych czy termalnych, ale także wzrost rozdzielczości, który pozwala na rejestrację obrazów satelitarnych, porównywalnych z lotniczymi). Ważnym jest rozwój nowych, często darmowych pakietów umożliwiających integrację skaningu, fotogrametrii z danymi satelitarnymi. Zakres dokładności spektralnej, radiometrycznej, czasowej czy przestrzennej jest nieporównywalnie lepszy niż jeszcze kilka lat temu. Jako przykład może służyć decymetrowa dokładność satelitarnych zobrazowań wielospektralnych WorldView-4. Powyższe aspekty rozwoju technik teledetekcyjnych, w szczególności fotogrametrii i skaningu laserowego obniżają koszty pozyskania, przetwarzania danych, przekładają się na coraz częstsze użycie produktów teledetekcyjnych w zastosowaniach korzystających z nich do tej pory w marginalnym zakresie.

The logo consists of the letters 'EGiB' in a bold, blue, sans-serif font. The 'i' is lowercase and smaller than the other letters.

Według definicji z ustawy z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (w dalszej części będzie nazywana PGiK), poprzez Ewidencję Gruntów i Budynków (kataster nieruchomości) rozumie się „system informacyjny zapewniający gromadzenie, aktualizację oraz udostępnianie, w sposób jednolity dla kraju, informacji o gruntach, budynkach i lokalach, ich właścicielach oraz o innych podmiotach władających lub gospodarujących tymi gruntami, budynkami lub lokalami”. Rozdział czwarty cytowanego PGiK reguluje sprawy związane z prowadzeniem EGiB. Aktem wykonawczym określającym sposób zakładania i prowadzenia ewidencji oraz zakres i sposób wymiany gromadzonych danych jest Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2001 r. w sprawie ewidencji gruntów i budynków (Dz. U. z 2016 r. poz. 1034), w dalszej części publikacji zwane rozporządzeniem w sprawie EGiB).





*Zgodnie z art. 20. PGiK, w EGiB zawarte są informacje dotyczące:*

- *gruntów – ich położenia, granic, powierzchni, rodzajów użytków gruntowych oraz ich klas bonitacyjnych, oznaczenia ksiąg wieczystych lub zbiorów dokumentów, jeżeli zostały założone dla nieruchomości, w skład której wchodzi grunty;*
- *budynków – ich położenia, przeznaczenia, funkcji użytkowych i ogólnych danych technicznych;*
- *lokali – ich położenia, funkcji użytkowych oraz powierzchni użytkowej.*

Przepis § 35 rozporządzenia w sprawie EGiB określa, że źródłem danych ewidencyjnych mogą być zarówno wyniki pomiarów fotogrametrycznych, jak i wyniki terenowych pomiarów geodezyjnych. Pojęcia te zostały szczegółowo określone w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 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 (Dz. U. Nr 263 poz. 1572):

- przez **geodezyjny pomiar terenowy** rozumie się „geodezyjny pomiar sytuacyjny lub wysokościowy wykonywany bezpośrednio w terenie”; przepis § 37 wspomnianego wyżej rozporządzenia określa, że jedną z metod wysokościowego pomiaru terenowego jest użycie skaningu laserowego;
- przez **geodezyjny pomiar fotogrametryczny** — rozumie się „geodezyjny pomiar sytuacyjny lub wysokościowy wykonywany na modelu terenu utworzonym z przetworzonych zdjęć lotniczych lub satelitarnych”; dopuszcza się przy tym wykorzystanie jako metody pomiarowej skaningu laserowego.

Rozporządzenie z dnia 9 listopada 2011 r. wspomina również o geodezyjnym pomiarze kartometrycznym, tj. geodezyjnym pomiarze sytuacyjnym wykonywanym na mapie analogowej lub jej skalibrowanym zobrazowaniu cyfrowym oraz na ortofotomapie. To samo rozporządzenie dopuszcza użycie geodezyjnego pomiaru kartometrycznego, gdy w PZGiK brak jest danych pozyskanych w wyniku geodezyjnych pomiarów terenowych lub fotogrametrycznych, o ile odpowiednie przepisy wykonawcze PGiK dopuszczają takie rozwiązanie. Również postanowienia § 37 ust. 2 rozporządzenia w sprawie EGiB stanowi o możliwości pomiaru kartometrycznego:

*„Ustalenie przebiegu granic działek ewidencyjnych, w tym położenia wyznaczających je punktów granicznych, może nastąpić w oparciu o zobrazowania lotnicze, satelitarne lub ortofotomapę, jeżeli te zobrazowania lub ortofotomapa charakteryzują się rozdzielczością zapewniającą wizualizację szczegółów sytuacyjnych, które mogą mieć znaczenie przy ustaleniu przebiegu tych granic.”*

Dopuszczony jest zatem pomiar kartometryczny na ortofotomapie, o ile spełniono kryterium odpowiedniej czytelności szczegółów.



*Przepis §80 rozporządzenia w sprawie EGiB zobowiązuje GKG do zapewnienia opracowania i wdrożenia efektywnych rozwiązań technologicznych wykorzystujących w szczególności*

*metody informatyczne i fotogrametryczne. Zapis ten można odczytać jako zapowiedź rozwoju pomiarów działek ewidencyjnych w tym kierunku. Współczesne techniki pomiaru fotogrametrycznego są w stanie sprostać wymaganiom dokładnościowym dla punktów granicznych, które są określone przez średni błąd położenia względem osnowy geodezyjnej 1 klasy:*

- 3,0 m - w przypadku, gdy punkty graniczne należą do działek ewidencyjnych obejmujących grunty położone na obszarach wiejskich poza zwartą zabudową.
- 0,60 m - w przypadku, gdy punkty graniczne należą do działek ewidencyjnych położonych na obszarach miast oraz obejmujących grunty zwartej zabudowy na obszarach wiejskich.

W Polsce w ostatnim czasie coraz częściej zdjęcia lotnicze i produkty pochodne, takie jak ortofotomapa wykorzystywane są w kontekście prac urządzeniowo-rolnych. Realizowany jest także szereg projektów, których jednym z ważniejszych produktów jest często ortofotomapa. Jednym z takich projektów jest program kontroli dopłat bezpośrednich LPIS, gdzie wykorzystywane są ortofotomapy RGB i CIR na bazie zdjęć lotniczych o rozdzielczości 25-50 cm. Również w ramach projektu ISOK powstały wysokorozdzielcze ortofotomapy dla dużych ośrodków miejskich. Podobną rozdzielczość posiadają materiały fotolotnicze wykonane w ramach projektów „Regionalna platforma informacyjna dla mieszkańców i samorządów Dolnego Śląska e-Dolny Śląsk” w województwie dolnośląskim oraz „ZSIN - Budowa Zintegrowanego Systemu Informacji o Nieruchomościach – Fazal” w województwie małopolskim. Również samorządy na szczeblu powiatowym zlecały wielokrotnie wykonanie prac fotolotniczych dla potrzeb EGiB gdzie wykorzystano wysokorozdzielcze zdjęcia lotnicze ( $GSD=0,07 \div 0,08m$ ).



W tym miejscu należy również wspomnieć, że w środowisku geodezyjnym fotogrametryczna metoda ustalania granic działek ewidencyjnych ma swoich zagorzałych krytyków. Nawet na zdjęciach o bardzo wysokiej rozdzielczości ( $GSD=0,05 \div 0,10 m$ ) znaki graniczne mogą nie być zauważalne bezpośrednio bądź ich jednoznaczne wyodrębnienie budzi wątpliwości. Przeważnie są one przysłonięte roślinnością lub nie wyróżniają się z otoczenia. Stąd też tylko część czynności związanych z ustalaniem przebiegu granic może być wykonana w oparciu o ortofotomapę. Granica prawna może też być różna niż obserwowalna granica użytkowania. W takich przypadkach zdjęcia mogą jedynie świadczyć o naruszeniu tej granicy a nie o jej wyznaczeniu.

# 8.2

## Pomiar stereoskopowy – geodezyjne pomiary fotogrametryczne

Zgodnie z rozporządzeniem MSWiA z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, geodezyjny pomiar fotogrametryczny jest geodezyjnym pomiarem sytuacyjnym lub wysokościowym wykonywanym na modelu terenu utworzonym z przetworzonych zdjęć lotniczych lub satelitarnych. Jest to pomiar stereoskopowy zdjęć fotogrametrycznych o znanych elementach orientacji zewnętrznej. W pomiarze takim wykorzystywany jest sztuczny efekt stereoskopowy – aby go osiągnąć należy przygotować dwa obrazy pozyskane z przesunięciem detektora wzdłuż ich poziomej osi (np. przemieszczającego się skanera lotniczego (samolot, statek UAV) lub satelitarnego. Umożliwia to analizę obszaru zarejestrowanego z perspektywy lewego oraz prawego oka. Obrazy te (tzw. stereopara) umożliwiają wygenerowanie sztucznego, trójwymiarowego obrazu umożliwiającego obserwację głębokości tak powstałej sceny. Pomiar odbywa się poprzez wskazanie znacznikiem pomiarowym mierzonego punktu na modelu stereoskopowym – operator postrzega obserwowany obszar w przestrzeni trójwymiarowej i w odniesieniu do niej wyznaczane są współrzędne  $XYH$  mierzonego punktu. Cyfrowo pozyskane obrazy stereoskopowe umożliwiają wygenerowanie Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu (NMPT), pozwalając na szczegółową analizę pokrycia terenu (np. wysokość i objętość budynków, drzew). W niniejszym rozdziale zostanie omówione zastosowanie geodezyjnych pomiarów fotogrametrycznych przy wykazywaniu przebiegu granic działek i klaso-użytków, a także przy wskazywaniu położenia budynków.

NMPT

### 8.2.1

#### Pomiar stereoskopowy w identyfikacji granic działek i klaso-użytków:

W Polsce punkty graniczne działek zazwyczaj nie są stabilizowane w gruncie (Kurczyński, Bakuła, 2016). W niektórych przypadkach punkty załamania granic łatwiej jest określić na wysokorozdzielczych zdjęciach lotniczych niż w terenie, zwłaszcza w przypadku, gdy przebieg granicy ma charakter osiowy – np. granica przebiegająca środkiem miedzy jest łatwiejsza do identyfikacji w widoku z góry niż w terenie (Rys. 8.1).



Rys. 8.1: Wysokorozdzielcze zdjęcie lotnicze w wielu przypadkach umożliwia wskazanie granic działek iklaso-użytków (źródło: SmallGIS.).

W przypadku korzystania ze zdjęć lotniczych istotna jest znajomość elementów orientacji zewnętrznej obrazowań oraz rozmiaru piksela, który ma szczególny wpływ na dokładność identyfikacji punktów granicznych. Istotna jest także pora roku, w której dokonywany był nalot fotogrametryczny. Nalot do celów modernizacji EGiB w kontekście działek ewidencyjnych powinien być planowany na okres wczesnej wiosny bądź w okresie sierpień-październik, tak aby unikać wysokiego stanu upraw i okresu pełnego rozwoju liści na drzewach (w celu łatwiejszej identyfikacji ogrodzeń w terenach zabudowanych).

Aby metody fotogrametryczne mogły być stosowane w warunkach produkcyjnych zalecane jest użycie kamer wielkoformatowych, a rozdzielczość nie powinna przekraczać wartości  $GSD \leq 0,10m$ . Proponowane jest zwiększenie pokrycia poprzecznego w trakcie nalotu do  $40 \div 60\%$  w zależności od tego czy będzie prowadzony pomiar budynków. Dobrą praktyką jest także dodatkowa sygnalizacja w terenie istniejących punktów granicznych oraz sygnalizacja w terenie fotopunktów do aerotriangulacji. Na zdjęciach lotniczych często widoczna jest również zmiana w sposobie użytkowania gruntu, w szczególności zarastanie lasem dawnych pól uprawnych.

### 8.2.2

#### Pomiar stereoskopowy w pomiarze budynków

Pomiar budynków na modelach stereoskopowych odbywa się poprzez digitalizację krawędzi ścian bocznych. Ponieważ przyziemie budynku jest szczegółem I klasy, wymagania dokładnościowe są w tym przypadku wyższe niż w przypadku linii granicy działki. Pomimo, że narożniki budynku są łatwiejsze do jednoznacznej identyfikacji na modelu niż nieoznaczony w terenie punkt graniczny, należy zwrócić uwagę na fakt, że pomiar stereoskopowy budynków zazwyczaj wykonuje się po krawędzi dachów. Podejście to zawodzi w sytuacji, gdy krawędź dachu wystaje poza obrys przyziemia – należałoby wówczas uwzględnić okap dachu, np. poprzez uzupełniający pomiar w terenie. Inną, kosztowniejszą możliwością byłoby zwiększenie pokrycia poprzecznego zdjęć do  $40 \div 50\%$ , co umożliwiłoby pomiar przyziemi wszystkich ścian budynku. Przy zwiększeniu pokrycia poprzecznego do  $60\%$  możliwy byłby wybór stereopar w prostopadłych do siebie kierunkach. Zastosowanie tej metody ma ekonomiczny sens w przypadku, gdy po zwiększeniu kosztów nalotu, zmniejszy się odpowiednio potrzebny nakład prac terenowych związanych z pomiarem budynków. Klasyczna stereodigitalizacja budynków cechuje się błędem średnim wynoszącym około 10-15 cm (Kurczyński, Bakuła, 2016) przy dziesięciocentymetrowej rozdzielczości zdjęć. Dokładność ta może być zmniejszona dodatkowo w sytuacji, gdy identyfikacja narożnika jest utrudniona – przykładowo pozostaje on w cieniu bądź jest zasłonięty przez wyższe obiekty.

## 8.3

### Pomiary na ortofotomapie

Ortofotomapa będąca przekształceniem zdjęć fotogrametrycznych wykonanych w rzucie środkowym do rzutu ortogonalnego w określonej skali zachowuje kartometryczność, co oznacza, że można prowadzić na niej pomiary 2D w sposób analogiczny jak na innych materiałach kartograficznych. Dzięki bogatej treści oraz swojej spójności i jednorodności w obrębie jednego opracowania często jest wykorzystywana do oceny dokładności innych produktów. Weryfikacja danych EGIB w oparciu o aktualną ortofotomapę pozwala nie tylko ocenić jakość danych gromadzonych w bazie, ale również ocenić zgodność rejestru ze stanem faktycznym. [Ortofotomapa katastralna \(Florek, 2000\)](#) czyli wizualizacja danych katastralnych i treści mapy zasadniczej na podkładzie ortofotomapy umożliwia wykrycie samowoli budowlanych czy błędnej lub nieaktualnej klasyfikacji użytków gruntowych. Może ona znaleźć również zastosowanie podczas okazania stronom, granicy w terenie. Zaletą takiej mapy jest łatwość jej interpretacji, nie tylko dla geodetów, ale i właścicieli nieruchomości. Obecnie stanowi ona czołowy produkt fotogrametryczny gromadzony w PZGiK.

Identyfikacja niestabilizowanych w terenie punktów granicznych na ortofotomapie, podobnie jak w przypadku stereoskopowych pomiarów fotogrametrycznych sprawia mniej trudności niż

w przypadku klasycznego pomiaru terenowego. Granice nieruchomości czy użytków są lepiej widoczne z góry niż z powierzchni terenu. Kartometryczny pomiar geodezyjny na ortofotomapie charakteryzuje się jednak mniejszą dokładnością niż pomiar fotogrametryczny. Prawidłowość ta jest spowodowana wpływem błędów Numerycznego Modelu Terenu (NMT) użytego do przetworzenia zdjęć. Błąd położenia na ortofotomapie uzyskanej ze zdjęć o 10-centymetrowym pikselu szacuje się na około  $0,20 \div 0,25$ m.

*Kartometryczny pomiar położenia budynków na ortofotomapie jest praktycznie niemożliwy, ze względu na przesunięcia radialne wysokich obiektów, szczególnie widoczne na obszarach oddalonych od środka rzutu. Teoretycznie problem jest możliwy do wyeliminowania poprzez zastosowanie true ortho - „prawdziwej ortofotomapy”, gdzie przesunięcia radialne wysokich obiektów zostają zniwelowane i dachy budynków odwzorowane są w rzucie ortogonalnym (Borowiec, Zabrzęska–Gąsiorek, 2006) jednak w praktyce rozwiązanie to jest zbyt kosztowne i nie znalazło szerszego zastosowania w produkcji.*

Podczas modernizacji EGİB często zachodzi potrzeba kalibracji istniejących map ewidencyjnych. Wówczas z powodzeniem można oprzeć kalibrację na warstwie referencyjnej w postaci wysokorozdzielczej ortofotomapy.

## 8.4

### Skaning laserowy, modelowanie 3D

Według Rozporządzenia MSWiA z dnia 9 listopada 2011 r. przez pojęcie skaningu laserowego rozumie się „**metodę obrazowania powierzchni terenu, polegającą na pomiarze odległości między obiektem objętym pomiarem a urządzeniem (skanerem), zainstalowanym na statku powietrznym, na samochodzie lub na stanowisku stacjonarnym, emitującym i odbierającym impulsy laserowe odbite od tego obiektu, z jednoczesnym wyznaczaniem współrzędnych przestrzennych (X, Y, Z), określających położenie tego urządzenia w przestrzeni, oraz kierunku promienia laserowego w momencie wysłania impulsu**”. W tym samym rozporządzeniu znajdują się zapisy klasyfikujące skaning laserowy zarówno dogeodezyjnych metod pomiaru terenowego jak i fotogrametrycznego – może być on zatem metodą pomiarową użytą do aktualizacji EGİB.



# 8.5

## Aktualizacja rejestrów bazy EGiB z użyciem ALS

Lotniczy skaningu laserowego (ALS) może znaleźć zastosowanie w modernizacji EGiB, w szczególności przy wykazywaniu zmian w użytkowaniu gruntów oraz wskazywaniu niezgodności w ewidencji budynków (np. samowole budowlane, budynki posadowione w granicy działki). Surowa chmura punktów pozyskana w wyniku lotniczego skaningu laserowego (ALS) wymaga wstępnego przetworzenia, aby mogła stanowić właściwy produkt. Przetworzenie to polega na przypisaniu, do jakiej powierzchni należą konkretne grupy zarejestrowanych punktów. Wstępne przetworzenie chmury wymaga przeprowadzenia dwóch procesów – klasyfikacji punktów do odpowiednich warstw oraz filtracji chmury poprzez usunięcie punktów zarejestrowanych poza właściwymi powierzchniami (Borowiecki, Michalik, 2012). Algorytmy filtrujące i klasyfikujące chmurę punktów wykorzystują różnego rodzaju metody do przetwarzania danych z surowej chmury. Są one opracowane tak, aby na podstawie typowych zależności geometrycznych między punktami wnioskować o ich przynależności do danej klasy. Przetwarzanie chmury będzie obciążone dużą ilością błędów w przypadku skomplikowanej geomorfologii skanowanego obszaru.

# ALS

*Wyróżniono metody bazujące na podstawach matematycznych takich jak:*

- *odporna predykcja liniowa,*
- *iteracyjne przybliżenie powierzchni startowej do pomierzonych punktów,*
- *analiza skupień,*
- *operatory matematycznej morfologii (kryterium spadków terenu),*
- *minimalizacja energii całkowitej powierzchni, zależnej od nachylenia,*
- *szybka transformata Fouriera (FFT),*
- *analiza falkowa.*

W wyniku działań algorytmów klasyfikujących chmurę punktów wydzielane są poszczególne warstwy, na które przenoszone są odpowiednie punkty:

- punkty niesklasyfikowane,
- powierzchnia terenu,
- niska roślinność,
- średnia roślinność,
- wysoka roślinność,
- zabudowa,
- punkty poniżej powierzchni (Low point), spowodowane przez szумы,
- punkty kluczowe NMT,



- woda,
- punkty pokrywające się.

*Wymienione warstwy pojawiają się w standardzie dotyczącym klasyfikacji punktów lotniczego skaningu laserowego opracowanym przez Amerykańskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji (ASPRS, 2011). Analizując powyższą listę można stwierdzić, że w kontekście tradycyjnej ewidencji gruntów i budynków dane laserowe w postaci chmury punktów lub przetworzone do NMPT wykazują potencjał w następujących zastosowaniach:*

- wykrywanie zabudowy,
- wskazanie granicy działek wzdłuż brzegu cieku wodnego,
- weryfikacja klaso-użytków.

### 8.5.1

#### Wykrywanie zabudowy

Chmura punktów pozyskana z ALS zawiera punkty napowierzchni dachów, które mogą zostać zrzutowane na powierzchnię terenu, a następnie na poziom odniesienia. W ten sposób możliwe jest szybkie pozyskanie warstwy budynków, a konkretnie trójwymiarowych modeli ich zadaszeń. Aby móc wykorzystywać dane laserowe pozyskane z samolotu do aktualizacji budynków w EGiB, należałoby zatem podobnie jak w przypadku omawianych wcześniej zdjęć lotniczych uwzględnić ewentualne okapy dachów wystające poza rzut przyziemia, co z kolei wymagałoby przeprowadzenia dodatkowych pomiarów uzupełniających. Zastosowanie jako platformy bezzałogowych statków powietrznych (UAV) mogłoby pomóc wyeliminować ten problem, jednakże pułap takiej rejestracji musiałby być dużo niższy, a co za tym idzie wydłużeniu uległby czas nalogu. Dane pozyskane z wyższego pułapu nadal z powodzeniem mogą znaleźć zastosowanie przy wykrywaniu niezgodności w ewidencji, takich jak samowole budowlane czy budynki naruszające granice nieruchomości gruntowej.

### 8.5.2

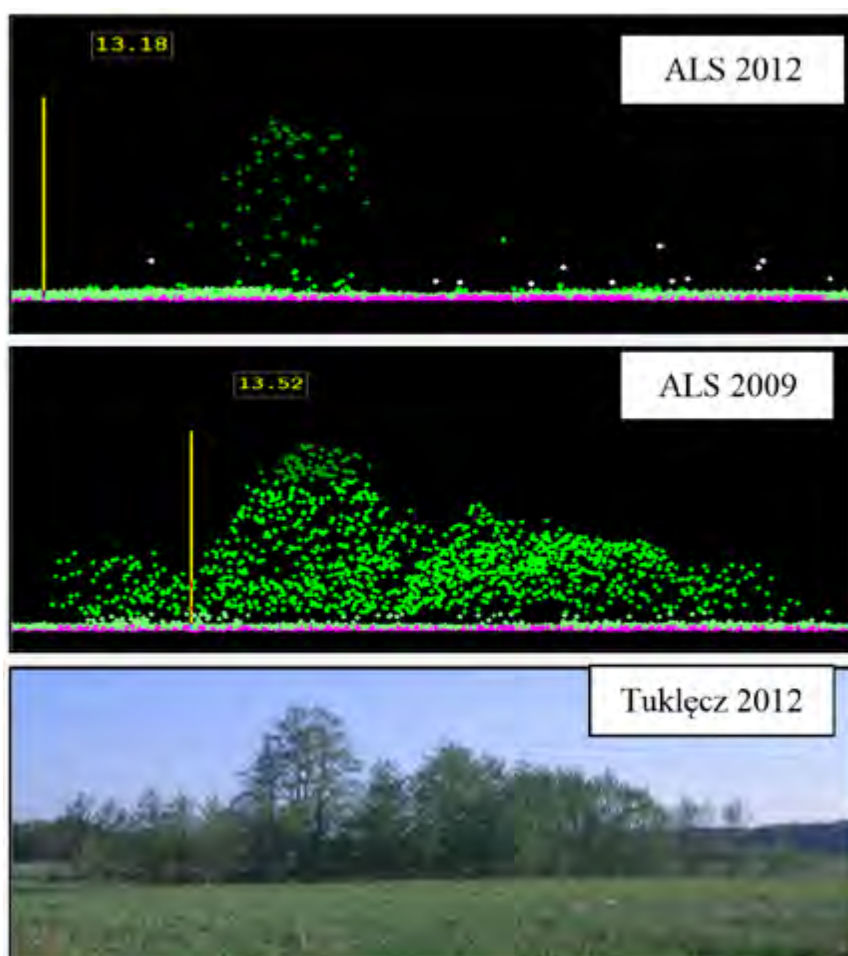
#### Wskazanie granicy działek wzdłuż brzegu cieku wodnego

Jednoczesne użycie chmury punktów oraz ortofotomapy może być przydatne przy wyznaczeniu granic działek przebiegających wzdłuż brzegów cieków naturalnych. Zazwyczaj precyzyjny pomiar terenowy, jak i kartometryczny na ortofotomapie jest niemożliwy, ze względu na roślinność porastającą brzeg rzeki, rowu czy zbiornika (Kurczyński, Bakula, 2016). Dzięki zastosowaniu przeklasyfikowanej chmury punktów można łatwo odróżnić drzewa i krzewy od zwierciadła wody i powierzchni terenu, co ułatwia wskazanie przebiegu granic.

### 8.5.3

#### Weryfikacja klaso-użytków

Dzięki klasyfikacji roślinności na niską, średnią i wysoką przetworzona chmura punktów może być wykorzystana do aktualizacji bazy klaso-użytków. W wyniku przemian gospodarczych i społeczno-ekonomicznych związanych z transformacją ustrojową w Polsce, nastąpiła dynamiczna zmiana w sposobie użytkowania gruntów, charakteryzująca się w szczególności zanikiem rolnictwa ekstensywnego. Znajduje to odzwierciedlenie w różnicach między stanem wykazywanym w często nieaktualizowanej ewidencji, a stanem rzeczywistym. Dotychczasowe rozwiązania związane z prowadzeniem i aktualizacją rejestru EGiB, czy kontrolami dopłat bezpośrednich (system LPIS) często okazują się niewystarczające pod względem wydajności w kontekście wyzwania jakim jest udokumentowanie zjawiska sukcesji leśnej na terenach rolnych, a co za tym idzie zmiany sposobu użytkowania gruntu.



Rys. 8.2: Porównanie liczby zarejestrowanych punktów w chmurze ALS dla zadrzewień liściastych (Olcha czarna; *Alnus glutinosa*) dla geodanych: 2012 (ISOK) oraz 2009 (RZGW). Źródło: (Wężyk, Gęca 2013).

Lotniczy skaniny laserowy jest rozwiązaniem, które w wydajny sposób może dostarczyć aktualnych informacji o klaso-użytkach (Wężyk, Gęca 2013). Autorzy cytowanego opracowania wykazali, że rejestr EGIB wymaga gruntownej aktualizacji w zakresie bazy klaso-użytków. Wskazano również, iż sukcesja lasu na obszary rolne dotyczy w największym stopniu porzuconych przez rolników gruntów ornych, w dużo mniejszym zaś niekoszonych łąk i pastwisk. Jest to powiązane z brakiem konkurencji dla gatunków pionierskich (gatunki drzew i krzewów zdolne do zasiedlania nieleśnych ekosystemów) na polach uprawnych, co przyspiesza proces postępowania sukcesji na tych obszarach. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że wartość zarejestrowanej sukcesji może być zaniżana w wyniku braku odbić lasera od roślinności liściastej, w przypadku zrzucenia przez nie liści, zwłaszcza w górnych partiach drzewostanu (Rys. 8.2). Pomimo takiej możliwości autorzy opracowania (Wężyk, Gęca 2013) wskazują na zajęcie ok. 60% gruntów ornych na obszarze badań przez roślinność o wysokości powyżej 0,4m, co wskazuje na poważny problem z aktualnością rejestru EGIB w tym zakresie. Podobnie wykazano, że jedynie 25% gruntów wykazanych jako zadrzewienia i zakrzewienia jest porośnięte roślinnością klasy *medium vegetation i high vegetation*, co przy braku śladów wycinki może wskazywać na poważne błędy w rejestrze i konieczność jego aktualizacji. Zastosowana przez autorów metodyka może być z powodzeniem wykorzystana do tego celu – skaniny laserowy może stanowić idealne uzupełnienie danych dwuwymiarowych w postaci ortofotomapy. Dużą zaletą tego rozwiązania jest również wysoki stopień automatyzacji przetwarzania chmury punktów, dzięki czemu jest to wydajna metoda pozyskania informacji o sposobie użytkowania gruntu.

## 8.6

### Możliwość zastosowania skaniny laserowego w katastrze 3D

Dane katastralne w Polsce zasadniczo są rozpatrywane w przestrzeni dwuwymiarowej. Jednak niektóre atrybuty budynków i lokali niosą ze sobą szcążtkowe informacje związane z przestrzenią trójwymiarową – przykładem może być ilość kondygnacji naziemnych i podziemnych budynku. W wielu krajach, w tym w Polsce coraz częściej prowadzone są badania i dyskusje na temat możliwości uwzględnienia trzeciego wymiaru w modelach danych katastralnych (Bydłosz, 2016). Klasyczne ujęcie pojęcia własności nieruchomości gruntowej przestaje być wystarczające w przypadku budowli znajdujących się pod powierzchnią takich, jak tunele metra czy parkingi podziemne. Pojawia się problem czy i w jaki sposób należy rozróżnić granice własności obiektu podziemnego oraz gruntu znajdującego się bezpośrednio ponad nim? Odpowiedzią na to pytanie mógłby być stratyfikowany system katastralny oparty na trzech wymiarach, uwzględniający definicję działki 3D funkcjonującą obok definicji działki 2D.

Dzięki dynamicznemu rozwojowi nowoczesnych technologii na wielu polach, tj.: skaniny laserowego, teledetekcji (w szczególności rozwój platform UAV i mobilnych), grafiki, modelowania oraz druku 3D, uwzględnienie w katastrze trzech, a właściwie czterech wymiarów (Siejka et al., 2014) może w przyszłości zostać usankcjonowane prawnie. Istnieją zatem środki techniczne do stworzenia

takiego systemu katastralnego. Przy jego opracowaniu należałoby zdefiniować pojęcie trójwymiarowych działek, które określałyby granice własności nie tylko na powierzchni terenu, ale również ponad i poniżej tej powierzchni. System taki na dalszym etapie rozwoju mógłby korzystać z modeli BIM opracowanych na podstawie danych pozyskanych ze skaningu naziemnego, w szczególności do opisu budowli pod powierzchnią Ziemi (Kimetal., 2015), a także budynków i lokali na jej powierzchni. Należy również zwrócić uwagę, że trzeci, pionowy wymiar katastralnych działek 3D, musi uwzględniać wysokości istniejących i planowanych budynków w jej przestrzeni. Jednocześnie w oparciu o dolną i górną granicę takiej działki mogłyby być ustalane ograniczenia co do głębokości oraz wysokości obiektów zawartych przez tą przestrzeń.

# 3D

*Interesującym aspektem przetwarzania chmury ALS w kontekście możliwości jego potencjalnego wykorzystania w katastrze trójwymiarowym jest możliwość skutecznego, półautomatycznego modelowania budynków 3D. które mogłoby znaleźć zastosowanie w katastrze trójwymiarowym. Modelowanie takie korzysta z istniejących baz danych 2D do odwzorowania przyziemi budynków (np. z bazy EGiB), natomiast płaszczyzny dachów odtwarzane są na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego (Marjasiewicz, Malej, 2014).*



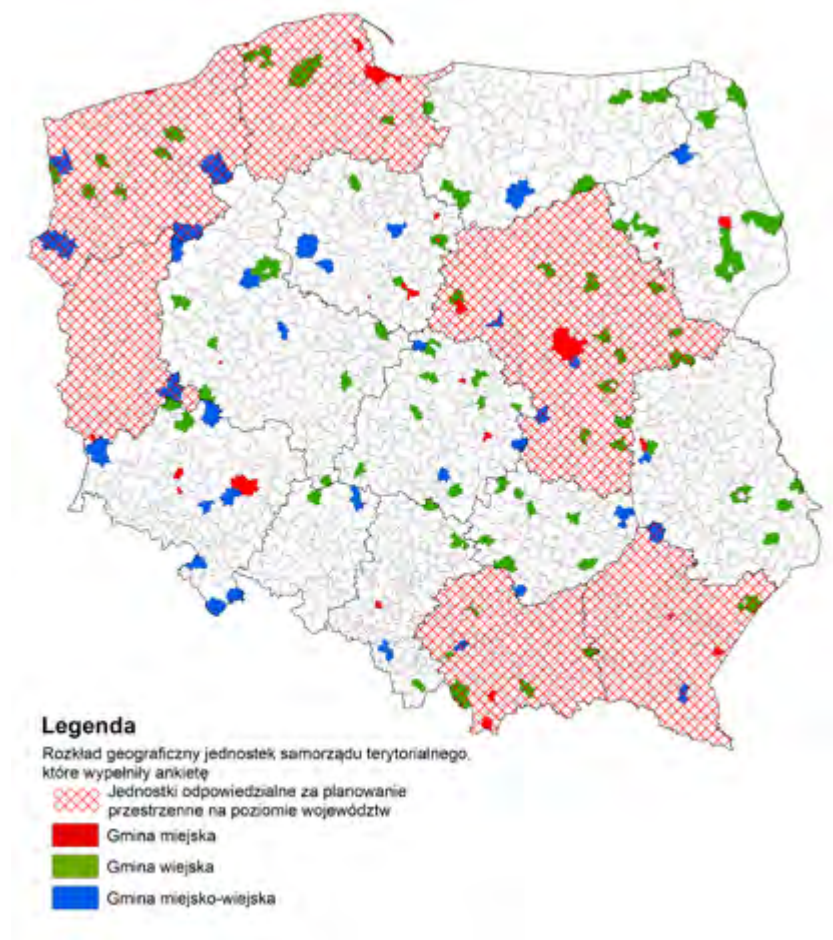
# ROZDZIAŁ 9

PRZYKŁADY „DOBRYCH PRAKTYK” -  
- ZASTOSOWAŃ TELEDETEKCJI  
W JEDNOSTKACH SAMORZĄDU  
TERYTORIALNEGO

# 9.1

## Metody identyfikacji „dobrych praktyk” w zakresie stosowania Teledetekcji w jednostkach samorządu terytorialnego

W celu rozeznania intensywności wykorzystania produktów teledetekcji w jednostkach samorządu terytorialnego (JST) oraz identyfikacji najlepszych przykładów wykorzystania technik geomatycznych w procesach planowania i zagospodarowania przestrzennego, jak również kształtowania przestrzeni miejskiej, przeprowadzono jednomiesięczne badania rynkowe na grupie kilkuset respondentów reprezentujących głównie JST. Badania były prowadzone z wykorzystaniem metod: ankiety internetowej, wywiadów telefonicznych, webinarów i wyszukiwania informacji po słowach kluczowych w Internecie oraz na stronach BIP urzędów. Zaproszenie do współpracy wysłano do ponad 2100 adresatów. Stworzono również forum internetowe, w którym uczestnicy badań mogli dzielić się informacjami.



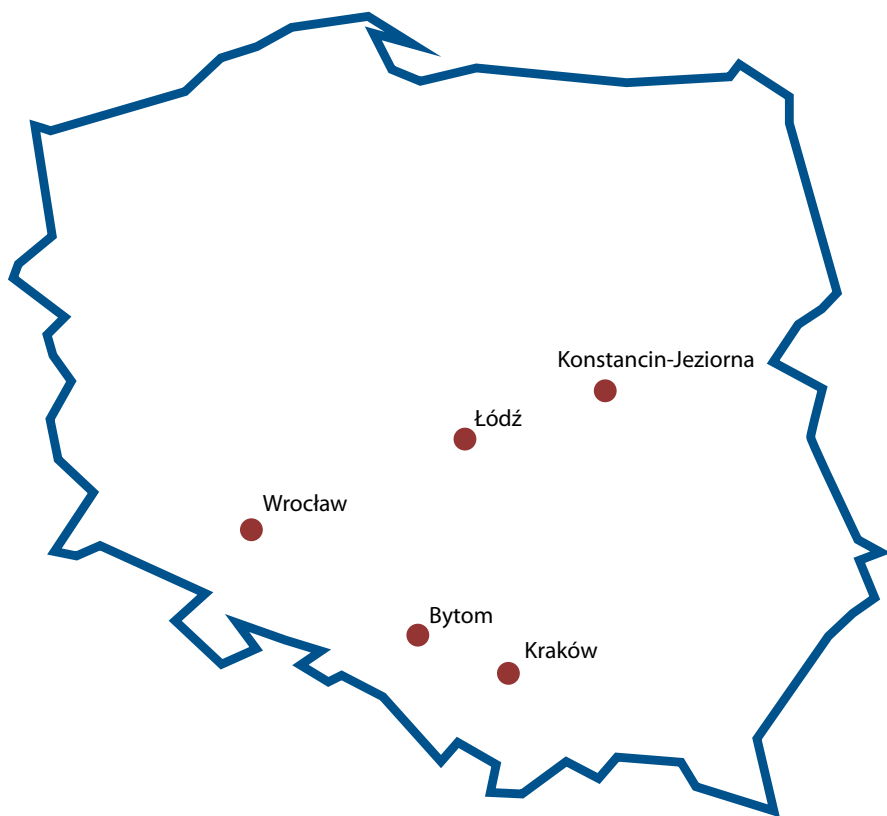
Rys. 9.1 Rozkład graficzny jednostek, które wzięły udział w badaniach ankietowych. (Opracowanie własne SmallGIS).



Wynikiem badań była lista zidentyfikowanych form i metod wykorzystania danych pozyskiwanych techniką teledetekcyjną, z pośród których wybrano pięć przykładów opisanych poniżej jako dobre praktyki. Przykłady te stanowią zarówno projekty badawczo-rozwojowe wykonane w ramach celowych projektów dofinansowanych ze źródeł zewnętrznych, np. MONIT-AIR, jak i działania wykonane z inicjatywy i poprzez pracowników gminy z funduszy własnych - G-SIP Konstancin-Jeziorna. Zidentyfikowane praktyki w większości skupiały się wokół istniejących systemów informacji przestrzennej i dotyczyły ważnych aspektów funkcjonowania przestrzeni miejskiej. W pewnym stopniu dotyczyły one również wtórnego wykorzystania powstałych produktów teledetekcyjnych, a w szczególności wyników analiz w procedurach sporządzania dokumentów planistycznych.

Poniżej scharakteryzowano 5 przykładów dobrych praktyk, do których zaliczono:

- 1** modelowanie matematyczne warunków przewietrzania Krakowa z użyciem danych pochodzenia teledetekcyjnego, zrealizowane w projekcie MONIT-AIR;
- 2** trójwymiarowe modelowanie przestrzeni miejskiej Łodzi, wykorzystywane w procesach rewitalizacji i konsultacji społecznych;
- 3** autorski system WEB-GIS zbudowany przez Wydział Informatyczny Urzędu Gminy Konstancin-Jeziorna w celu wspomagania zarządzania gminą; intensywne wykorzystanie w monitoringu zmian wysokiej jakości ortofotomap o dużej rozdzielczości czasowej, przestrzennej i spektralnej;
- 4** lotniczy monitoring szkód górniczych - osiadania i deformacji terenu w Bytomiu;
- 5** teledetekcyjną inwentaryzację zieleni miejskiej i powierzchni biologicznie czynnej we Wrocławiu mocno weryfikującą statystyki publiczne oraz dotychczasową wiedzę o stanie przyrodniczym miasta i Wrocławskiego Obszaru Funkcjonalnego.



Rys. 9.2 Rozmieszczenie jednostek, które opisano jako przykłady dobrych praktyk. (Opracowanie własne SmallGIS).

## 9.2

### MONIT-AIR

Projekt Zintegrowany system monitorowania danych przestrzennych dla poprawy jakości powietrza w Krakowie (akronim MONIT-AIR) zrealizowany został przez Urząd Miasta Krakowa ze środków Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego 2009-2014. Wartość projektu wynosiła 3 685 671 zł, natomiast dofinansowanie stanowiło 85% wartości tj. 3 132 820 zł. Celem projektu było dostarczenie nowoczesnej bazy informacji przestrzennej, uzyskanej w wyniku monitoringu, kontroli i badań pomiarowych wykonanych z wykorzystaniem nowoczesnych technologii, w celu wspomagania procesu decyzyjnego zmierzającego do poprawy jakości życia mieszkańców, zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju. Jednym z działań w ramach projektu była. *„Ocena warunków przewietrzania Krakowa przy wykorzystaniu zaawansowanego systemu modelowania”*. To działanie miało odpowiedzieć na pytania: jak wieje w Krakowie? z jaką prędkością? jak wygląda mapa korytarzy przewietrzania miasta i jak kształtują się wskaźniki wentylacji dla Krakowa? Jedną ze składowych badań był pomiar wiatru za pomocą SODARU – urządzenia wykorzystującego mechanizm podobny do echolokacji używanej przez nietoperze. SODAR(ang.

Sound Detection and Ranging) wysyła sygnał w górę i zbiera zwrotnie dane o ruchu poszczególnych drobinek przenoszonych wiatrem. Wyliczane są parametry turbulencji, od dolnych warstw do 500 m w przeciętnych warunkach pogodowych, a maksymalnie do 1000 m przy optymalnej pogodzie. SODAR wykonuje pomiary dzięki emitowaniu i odbieraniu fal dźwiękowych o częstotliwość od 1500 – 2600 Hz, dlatego urządzenie co kilka sekund wydaje charakterystyczny „melodyjny” dźwięk. W ramach projektu zakupiono również nowoczesną aparaturę pomiarową: automatyczną stację meteorologiczną mierzącą temperaturę, wilgotność, promieniowanie, prędkość i kierunek wiatru we wszystkich wymiarach. Urządzenia zostały przekazane partnerowi projektu Instytutowi Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowemu Instytutowi Badawczemu. Pomiary zostały rozpoczęte przy ul. Gronostajowej 7 gdzie zlokalizowany jest ogródek meteorologiczny Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Inne, korespondujące tematycznie z powyższym działania w projekcie dotyczyły modelowania matematycznego z użyciem produktów pochodzenia teledetekcyjnego. Działanie nosiło nazwę: *„Wykonanie szczegółowych map pokrycia terenu z przyporządkowaniem współczynników aerodynamicznej szorstkości terenu w ujęciu sezonowym”*. W działaniu tym wykorzystano dane dostępne w CODGiK, takie jak: modele terenu i dane pomiarowe projektu ISOK, dane przestrzenne Urzędu Miasta Krakowa oraz zamówione na potrzeby projektu zobrazowania satelitarne WorldView2. Zadania ujęte w tym działaniu zmierzały do sparametryzowania przestrzennych danych morfometrycznych pokrycia terenu jako danych zasilających model przewietrzania miasta (Bajorek-Zydroń et al, 2016). Opracowaniem objęto obszar 581 km<sup>2</sup> obejmujący miasto Kraków wraz z najbliższą okolicą.

Nazwa projektu:	MONIT-AIR Zintegrowany system monitorowania danych przestrzennych dla poprawy jakości powietrza
Nazwa podmiotu realizującego:	Gmina Miejska Kraków we współpracy z Zakładem Monitoringu i Modelowania Zanieczyszczeń Powietrza Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowym Instytutem Badawczym.
Okres realizacji:	2014-2016
Cele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>wspomaganie procesów decyzyjnych zmierzających do poprawy jakości życia mieszkańców, w myśl idei zrównoważonego rozwoju, w tym adaptacji do zmian klimatu.</li> <li>pośrednio - poprawa jakości powietrza w Krakowie.</li> </ul>

Zakres podejmowanych działań:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ocena warunków przewietrzania Krakowa przy wykorzystaniu zaawansowanego systemu modelowania,</li> <li>• inwentaryzacja niskiej emisji,</li> <li>• kontrola likwidacji pieców na paliwa stałe wraz ze wspomaganiem informatycznym,</li> <li>• mapa pokrycia terenu oraz ogólna inwentaryzacja terenów pokrytych roślinnością, ze szczególnym uwzględnieniem terenów zieleni miejskiej,</li> <li>• komputerowy system zarządzania zielenią i szczegółowa inwentaryzacja terenów zieleni,</li> <li>• promocja projektu,</li> <li>• seminaria, szkolenia i warsztaty,</li> <li>• zarządzanie projektem.</li> </ul>
Wartości czyniące przedsięwzięcie przykładem „Dobrej Praktyki”:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podjęcie kompleksowych działań mających na celu minimalizację problemu, jakim jest zanieczyszczenie powietrza w Krakowie,</li> <li>• wykorzystanie nowoczesnych narzędzi modelowania zjawisk zachodzących w przestrzeni miejskiej,</li> <li>• wykorzystanie nowoczesnych metod monitoringu środowiska (np. zastosowanie skaningu laserowego do monitoringu roślinności),</li> <li>• wykorzystanie zaawansowanych narzędzi przetwarzania danych teledetekcyjnych (klasyfikacja OBIA),</li> <li>• wysoki poziom aktualności i rzetelności danych użytych do analiz, a co za tym idzie – wysoka użyteczność produktów końcowych projektu,</li> <li>• udostępnienie publiczne map opracowanych w ramach Działania 4 na portalu mapowym podadresem:</li> <li>• <a href="http://obserwatorium.um.krakow.pl/obserwatorium/">http://obserwatorium.um.krakow.pl/obserwatorium/</a>.</li> </ul>

Tabela 9.1: Metryka projektu MONIT-AIR

W badaniach przewietrzania Krakowa przyjęto autorski, hybrydowy wariant znanych metod modelowania dyspersji zanieczyszczeń (kaskadowego oraz w oparciu o dane topograficzne i modele budynków), a wyniki modelowania weryfikowano pomiarami stanu atmosfery przy użyciu SODARU i wartościami pomiarów jakości powietrza.

*Badania opierały się na dwóch równoległe przebiegających postępowaniach:*

- *utworzeniu mapy warunków przewietrzania miasta w zależności od warunków meteorologicznych poprzez modelowanie pola wiatru przy wykorzystaniu hybrydowego systemu modelowania;*
- *pomiaru parametrów anemologicznych w warstwie granicznej atmosfery nad Krakowem przy wykorzystaniu SODARU.*



Przy modelowaniu oparto się o dane meteorologiczne z roku 2013 oraz o mapy (modele) wykonane na potrzeby analiz.

#### **Najważniejsze z nich to:**

mapa strumienia ciepła antropogenicznego, mapa wysokość przesunięcia opisującego pozorne podniesienie wysokości powierzchni ziemi związane z obecnością drzew i budynków, mapa wartości wskaźnika ulistnienia LAI, mapy stosunku Bowena - określająca stosunek wymiany ciepła między podłożem a atmosferą i mapy albedo – określające intensywność odbicia promieniowania słonecznego od powierzchni terenu. Mapy wykonano w wersjach sezonowych dla okresu lata i zimy.

Głównym rezultatem projektu w przywoływanym kontekście dobrej praktyki jest modelowanie pola wiatru określające zdolność przewietrzania miasta. Określono graniczną prędkość wiatru (4m/s na terenie otwartym) na wysokości 10m, dla której względy urbanistyczne zaczynają odgrywać rolę. Określono obszary, w których obserwuje się najwyższe na terenie miasta prędkości wiatru odpowiadające za przewietrzanie miasta. Obszary te są odpowiedzialne za transport zanieczyszczeń, gdzie należy ograniczyć procesy urbanizacyjne oraz unikać zabudowy zwartej. Wyniki modelowania pozwalają przyjąć szereg bardzo szczegółowych wytycznych do optymalizacji przewietrzania miasta. Powstały szczegółowe mapy mogące stanowić podstawę do kształtowania polityki przestrzennej w zakresie ochrony jakości powietrza.

#### **Inne, warte wyróżnienia działania i rezultaty projektu to:**

- szczegółowa inwentaryzacja terenów zieleni,
- aktualizacja mapy roślinności rzeczywistej Krakowa,
- waloryzacja botaniczna i przyrodnicza,
- inwentaryzacja inwazyjnych gatunków obcego pochodzenia,
- określenie potencjału solarnego w oparciu o NMPT,
- inwentaryzacja zielonych dachów,
- określenie potencjału ich stosowania.

*Produkty projektu charakteryzują się wysoką dokładnością i są unikalne w skali kraju. Projekt mógł być zrealizowany w takim zakresie dzięki dość pokaźnemu budżetowi, ale również dzięki zaangażowaniu środowisk naukowych i podmiotów posiadających przygotowanie do prowadzenia tego typu badań.*

Szczegółowe opracowanie dotyczące projektu znajduje się na stronie internetowej [http://obserwatorium.um.krakow.pl/Dane/WS/MonitAir/MonitAir-Atlas\\_Czesc\\_tekstowa.pdf](http://obserwatorium.um.krakow.pl/Dane/WS/MonitAir/MonitAir-Atlas_Czesc_tekstowa.pdf)



Warto również zauważyć, że oprócz wspomnianych technik badania atmosfery przy użyciu SODARU, w projekcie zastosowano kilka nowoczesnych technik teledetekcyjnych, takich jak skanowanie laserowe, wykonywany z różnych platform, użyty w monitoringu zieleni miejskiej. Do pomiaru środków pni drzew wykorzystano głównie zintegrowane dane z MLS (mobilne skanowanie laserowe) oraz

## SODAR

uzupełniając TLS (naziemne skanowanie laserowe). Metody te są nie tylko wydajniejsze, ale w przypadku obiektów takich jak drzewa dokładniejsze niż tradycyjny pomiar geodezyjny, w którym mamy do czynienia z problemem wyznaczenia środka pnia (Warchoła, 2016). Prócz tego chmura punktów uzyskiwana ze skanowania umożliwia pomiar charakterystyk geometrycznych drzew, takich jak:

wysokość, szerokość korony, wysokość podstawy żywej korony oraz charakterystyk innych obiektów przestrzeni miejskiej, nie związanych bezpośrednio z zielenią, jak: mała architektura, infrastruktura związana z zielenią, etc. Chmura punktów ze skanowania naziemnego może z powodzeniem zostać wykorzystana nie tylko do realizacji zadań w obrębie projektu MONIT-AIR – może ona stanowić cenny zasób informacyjny dla potrzeb zarządzania elementami przestrzeni.

*Dzięki zastosowaniu nowoczesnych technologii pozyskania danych przestrzennych w projekcie MONIT-AIR udało się stworzyć kompletne, aktualne i szczegółowe opracowania dotyczące pokrycia terenu i innych uwarunkowań związanych z prowadzeniem monitoringu powietrza oraz zarządzania zielenią. Dane te, ze względu na swój przestrzenny aspekt niosą informację pełniejszą niż punktowe pomiary prowadzone na pojedynczych stacjach monitoringu powietrza. Jest to krok naprzód w zakresie modelowania zjawisk zachodzących w przestrzeni miejskiej, umożliwiając usprawnienie procesów decyzyjnych związanych z ochroną środowiska w przestrzeni miejskiej i zwiększeniem komfortu i bezpieczeństwa mieszkańców.*

## 9.3

### Cyfrowa Łódź 3D

Miasto Łódź wyróżnia się obecnie na tle kraju dużą aktywnością urbanistyczną i dynamiką rozwoju, w szczególności w zakresie rewitalizacji obszarów miejskich i aktywizacji historycznie zaniedbanych obszarów miasta. To trzecie co do liczności populacji miasto w Polsce, posiada dobrze zorganizowany system informacji przestrzennej zarządzany przez Wydział Geodezji Urzędu Miasta, a integrujący wiele różnych modułów tematycznych dotyczących wspólnej przestrzeni. W związku z wdrożeniem w Łodzi Gminnego Programu Rewitalizacji Łodzi 2026+ (UM Łodzi, 2016) przewidywane jest podjęcie szeregu kompleksowych działań związanych z polepszeniem jakości życia mieszkańców miasta oraz zwiększenia jego znaczenia w zakresie ekonomii, gospodarki i kultury. Rozpoczęte

przedsięwzięcie z zakresu rewitalizacji, obejmujące ponad 20 ulic i około 100 budynków, jest jak do tej pory największym tego rodzaju działaniem na terenie miasta. Zmiany w krajobrazie miejskim będą znaczące, zatem pojawił się problem prowadzenia konsultacji społecznych i wizualizacji przedsięwzięć realizowanych w istniejącym już środowisku miejskim oraz wśród istniejącej zabudowy miejskiej. Aby ułatwić wymienione procesy wizualizacji, komunikacji i konsultacji, Miejska Pracownia Urbanistyczna w Łodzi przystąpiła do budowy rozwiązania informatycznego o nazwie „Cyfrowa Łódź 3D”. Do głównych zadań Pracowni należy sporządzanie dokumentów planistycznych (MPZP, SUIKZP) oraz koncepcji zagospodarowania, które mają na celu wspomagać decyzje administracyjne o charakterze finansowo-przestrzennym. W przypadku tak dużego przedsięwzięcia, jakim jest rewitalizacja centrum miasta, klasyczne metody wizualizacji na podkładzie mapy zasadniczej okazują się niewystarczające, zarówno dla urbanistów, decydentów jak i mieszkańców. Efektem projektu Cyfrowa Łódź 3D jest trójwymiarowy, szczegółowy model centrum miasta zawierający modele budynków, wizualizację zieleni i infrastruktury, a celem jest projektowanie i wizualizacja koncepcji rewitalizacyjnych.

Przedsięwzięcie:	Cyfrowa Łódź 3D
Nazwa podmiotu realizującego:	Miejska Pracownia Urbanistyczna w Łodzi
Okres realizacji:	2014-2017
Cele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przyspieszenie i usprawnienie procesu podejmowania strategicznych decyzji dotyczących przyszłego rozwoju miasta,</li> <li>• wsparcie procesów planistycznych, w szczególności konsultacji społecznych MPZP oraz SUIKZP,</li> <li>• prognozowanie skutków finansowych uchwalonych dokumentów planistycznych,</li> <li>• pozyskanie inwestorów i promocja miasta,</li> <li>• wspomaganie projektowania lokalizacji nowej zielonej infrastruktury, a w rezultacie poprawa jakości życia mieszkańców oraz zapewnienie zrównoważonego rozwoju miasta, z naciskiem na ochronę środowiska.</li> </ul>
Zakres podejmowanych działań:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• inwentaryzacja zieleni miejskiej,</li> <li>• utworzenie modeli 3D istniejącej zabudowy, na podstawie pozyskanych wcześniej ukośnych zdjęć lotniczych, ortofotomapy oraz danych ze skaningu laserowego,</li> <li>• modelowanie 3D zabudowy projektowanej.</li> </ul>

Wartości czyniące przedsięwzięcie  
przykładem „Dobrej Praktyki”:

- zminimalizowanie kosztów związanych z wywiadem terenowym,
- możliwość szybkiego wydobywania parametrów geometrycznych budynków (wysokość, powierzchnie dachów),
- utworzenie łatwego w interpretacji materiału na potrzeby opiniowania i konsultacji społecznych, umożliwiającego modyfikację wizualizacji w czasie rzeczywistym,
- możliwość przeprowadzenia na modelu analiz przestrzennych, w tym analiz zacienienia i widoczności,
- dane dotyczące wielu dziedzin gromadzone i przetwarzane w jednej bazie (infrastruktura techniczna, komunikacja, projektowanie), wykorzystanie spójnej platformy do przetwarzania i wymiany danych.

Tabela 9.2: Metryka przedsięwzięcia: Cyfrowa Łódź 3D.

Wykorzystanie wizualizacji 3D jako narzędzia wspomagającego cały proces planistyczny wydaje się być najlepszym rozwiązaniem na miarę współczesnych czasów. Proces budowy systemu rozpoczęto od zgromadzenia danych teledetekcyjnych. W latach 2012-2013 pozyskano zdjęcia ukośne oraz gęstą chmurę punktów z lotniczego skaningu laserowego (20 pkt/m<sup>2</sup>), następnie uzupełniono dane owysokorozdzielczą ortofotomapę (GSD=5cm). Wysoki poziom szczegółowości danych umożliwił opracowanie precyzyjnych modeli istniejących budynków, infrastruktury technicznej i drogowej oraz obiektów małej architektury miejskiej. Dokonano również inwentaryzacji zieleni miejskiej. Już w 2014 roku dane teledetekcyjne wykorzystane zostały w procedurze sporządzenia MPZP dla obszaru Nowe Centrum Łodzi.

3D

Model aktualnego stanu przestrzeni miejskiej zawiera następujące warstwy tematyczne:

- numeryczny model terenu,
- ortofotomapę,
- mapę zasadniczą,
- warstwę infrastruktury komunikacyjnej,
- warstwę infrastruktury technicznej,
- warstwę budynków 3D, w szczególności LOD2,
- warstwę drzew pokazanych w dwóch wariantach: jako chmura punktów zieleni wysokiej i trójwymiarowych modeli.



Rys. 9.3: Fragment wizualizacji modelu miasta w widoku perspektywnym. (Źródło: MPU w Łodzi).

W toku kolejnych etapów budowania Systemu, Model 3D został uzupełniony o projektowane budynki, odróżnione od istniejącej zabudowy innym sposobem prezentacji (biały kolor na rys. 10.3). Parametry projektowanych budynków oraz całej sceny mogą być modyfikowane w czasie rzeczywistym, co jest doskonałym sposobem scenariuszowania przy projektowaniu wariantowym oraz weryfikacji decyzji projektowych. W oprogramowaniu do wizualizacji można natychmiastowo zmienić wysokość budynku, czy warunki oświetleniowe sceny3D. Atuty wizualizacji3D pozwalają na zwiększenie partycypacji społecznej przy przeprowadzaniu konsultacji społecznych – łatwiej zobrazować przeprowadzane zmiany na modelu trójwymiarowym, gdzie możliwe jest zademonstrowanie różnic w krajobrazie przed i po inwestycji oraz modelowanie pojemności (chłonności) krajobrazu miejskiego.

Dzięki rozwojowi technologii druku 3D możliwa jest również materializacja makiety - z formy cyfrowej do postaci makiety fizycznej. W przyszłości przewiduje się również dalsze rozpowszechnienie technologii wirtualnej rzeczywistości, dzięki czemu wizualizacja będzie jeszcze bardziej atrakcyjna dla odbiorcy.



Rys. 9.4: Widok zabudowy istniejącej (biała) i projektowanej (szara) na modelu 3D. (Źródło: MPU w Łodzi).

Do realizacji modelu i wizualizacji wykorzystano kompleksowe rozwiązania aplikacyjne dostępne komercyjnie. Dzięki zastosowaniu spójnej platformy zapewniony został jednolity sposób przechowywanych danych, bez konieczności konwersji plików w przypadku wykorzystania wielu aplikacji. Dane dotyczące różnych warstw tematycznych gromadzone są w jednej bazie danych, co umożliwia integrację i analizowanie różnych komponentów przestrzeni miejskiej. Zadbano również o ciągłą aktualizację modelu – w 2017 roku Łódzki Ośrodek Geodezji, współpracujący z Miejską Pracownią Urbanistyczną nabył naziemny skaner laserowy (TLS). Dane pozyskane ze skaningu naziemnego mogą być wykorzystane do dalszej inwentaryzacji obiektów i aktualizacji modelu 3D miasta.

*Dzięki wizualizacjom 3D w większym stopniu możliwe jest świadome i odpowiedzialne podejmowanie decyzji dotyczących przestrzeni miejskiej. Prowadzone modelowanie pozwala z dużą skutecznością przewidywać skutki decyzji, a także stanowi atrakcyjną i łatwą do interpretacji formę prezentacji projektowanych założeń.*

## 9.4

### G-SIP Konstancin-Jeziorna

Konstancin-Jeziorna jest niewielką miejsko-wiejską, podwarszawską gminą z 25-cio tysięczną społecznością. Gminę wybrano jako przykład dobrej praktyki z uwagi na inicjatywę i zaangażowanie pracowników urzędu gminy, którzy samodzielnie zbudowali Gminny System Informacji Przestrzennej (G-SIP) oraz intensywnie wykorzystują produkty teledetekcji w monitoringu zmian.



Swą funkcjonalnością G-SIP obejmuje kilka modułów usprawniających pracę urzędu, ale również pełni funkcje komunikatora, wykorzystującego dane przestrzenne w kontakcie ze społeczeństwem. Podstawowe moduły komunikacyjne to prezentacja informacji o projektach planów zagospodarowania przestrzennego, inwestycjach celu publicznego, trasach zbiórki odpadów czy interfejs do przyjmowania zgłoszeń o problemach.

Nazwa projektu:	G-SIP Konstancin-Jeziorna
Nazwa podmiotu realizującego:	Biuro Informatyzacji i Infrastruktury Informacji Przestrzennej Urzędu Miasta i Gminy Konstancin-Jeziorna
Okres realizacji:	Od 2013 roku
Cele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stworzenie rozwiązania typu WEB-GIS wykorzystującego w całości wolne oprogramowanie (OpenSource) bez zaangażowania zewnętrznych wykonawców,</li> <li>• udostępnienie rzetelnych danych przestrzennych zarówno mieszkańcom jak i pracownikom urzędu,</li> <li>• utworzenie modułów w dostępie niepublicznym: umożliwiają one, m.in. tworzenie wyrysów z planów miejscowych, czy prowadzenie rejestrów gminnych.</li> </ul>
Zakres podejmowanych działań:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• udostępnianie systemu informacji przestrzennej wraz z katalogiem metadanych,</li> <li>• udostępnianie przeglądarki archiwalnych ortofotomap,</li> <li>• udostępnianie dokumentacji planistycznej,</li> <li>• stworzenie szeregu narzędzi automatyzujących pracę pracowników urzędu.</li> </ul>
Wartości czyniące przedsięwzięcie przykładem „Dobrej Praktyki”:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zastosowanie wieloczasowych ortofotomap, pozyskiwanych cyklicznie każdego roku,</li> <li>• udostępnianie danych przestrzennych w serwisie G-SIP,</li> <li>• wykorzystanie narzędzi OpenSource i własnych zasobów gminy, w celu stworzenia funkcjonalnego systemu.</li> </ul>

Tabela 9.3: Metryka projektu G-SIP.

Serwis G-SIP został uruchomiony w 2013 roku jako narzędzie rozwiązujące problemu trudnionego dostępu do danych przestrzennych zarówno w przypadku mieszkańców jak i pracowników urzędu. Do jego utworzenia wykorzystano komponenty na licencji GPL(OpenSource) takie jak **MapServer**, **GeoServer**, **GeoNetwork**, **GeoMoose** oraz **OpenLayers**. Budowę i rozwojem systemu zajęli się pracownicy Biura Informatyzacji i Infrastruktury Informacji Przestrzennej, bez zaangażowania zewnętrznych wykonawców, co jest dość unikatowe w skali kraju. Serwis został wykonany

# SERWIS G-SIP

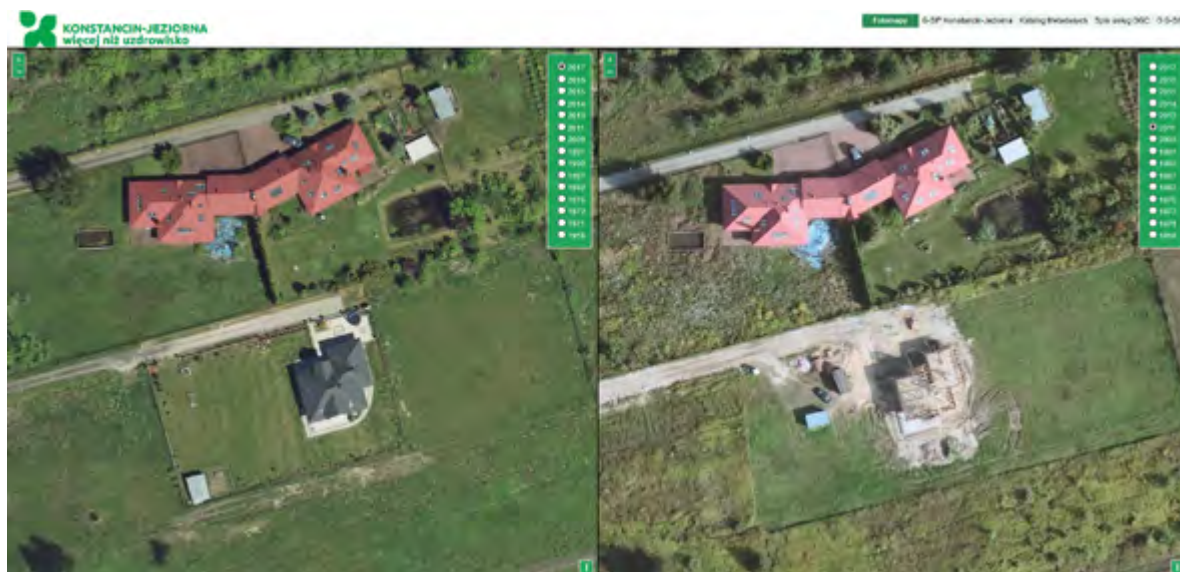


w przejrzysty logiczny sposób, nie jest przeciążony nadmiarem narzędzi i działa sprawnie. Podstawowym zaś skutkiem realizacji projektu jest podniesienie kompetencji pracowników urzędu w zakresie stosowania technologii geoinformacyjnych.

**G-SIP JEST DOSTĘPNY POD ADRESEM** [gsip.konstancinjeziorna.pl](http://gsip.konstancinjeziorna.pl).

*Mieszkańcy mogą korzystać z następujących modułów:*

- *System Informacji Przestrzennej – moduł umożliwiający przeglądanie na interaktywnej mapie posiadanych przez gminę danych przestrzennych,*
- *Zgłoś problem - moduł umożliwiający mieszkańcom zgłaszanie problemów z infrastrukturą gminną, np. uszkodzenie znaków drogowych,*
- *Katalog Metadanych – moduł umożliwiający wyszukiwanie i przeglądanie metadanych danych przestrzennych,*
- *Porównanie fotomap - moduł umożliwiający porównanie ortofotomap pozyskanych w różnych okresach czasu,*



Rys.9.5: Porównywanie ortofotomap w przejrzysty sposób pozwala na wykazanie zmian pokrycia terenu np. w przypadku powstawania nowych budynków.

- *Projekty MPZP. Wyłożenie do publicznego wglądu - umożliwia podgląd części tekstowej i graficznej projektów uchwał dot. MPZP wyłożonych do publicznego wglądu.*



Rys. 9.6: Przeglądanie Projektu Planu Miejsowego w serwisie G-SIP.

Inne moduły to: koncepcja Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego, strefy ochrony uzdrowskiej, sektory odbioru odpadów, trasy zbiórki opon, mapa inwestycji.

Serwis G-SIP udostępnia usługi OGC (WMS, WFS) dla użytkowników dowolnego oprogramowania klasy GIS.

Dla wewnętrznych potrzeb urzędu stworzono moduły automatyzujące wykonanie zadań własnych, do których należy zaliczyć:

- **Wyrys z MPZP**– moduł umożliwiający tworzenie wyrysów z planów miejscowych oraz funkcje analityczne.
- **Ewidencja Zabytków** – moduł umożliwiający zarządzanie ewidencją zabytków oraz wydruk kart zabytków,
- **Mienie** – moduł wspomagający zarządzanie mieniem gminnym,
- **Rejestr Decyzji Planistycznych**– moduł umożliwiający rejestrację wydanych warunków zabudowy.

Portal jest szeroko wykorzystywany w bieżącej pracy Wydziału Planowania Przestrzennego, gdzie wspomaga m.in. proces weryfikacji istniejącego stanu zagospodarowania przestrzennego w postępowaniach prowadzonych przez wydział. Również zewnątrzni wykonawcy projektów MPZP oraz SUIKZP wykorzystują narzędzia dostępne w serwisie. Przykładem może być opracowanie prognozy oddziaływania na środowisko do miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego osiedla Nowe Wierzbno - rejon ulicy Granicznej (Bielowska, Górecka, 2017).

Na szczególną uwagę zasługuje intensywne wykorzystanie ortofotomapy, stanowiącej w gminie podstawę do analiz zmian w faktycznym zagospodarowaniu terenu. Od roku 2013 ortofotomapy są pozyskiwane corocznie. Zamawiany jest produkt wysokiej jakości z wysoką rozdzielczością przestrzenną (5 cm), w dwóch kompozycjach barwnych: tradycyjnej - w barwach naturalnych (RGB), oraz barw fałszywych z użyciem pasma podczerwieni(CIR).

Gmina upublicznia wersje wektorowe MPZP, z których część jest wektoryzowana przez pracowników urzędu, a część pozyskiwana od wykonawców projektów planistycznych. W umowach z wykonawcami, gmina stosuje zapisy wymagające przekazania danych w formacie wektorowym z zachowaniem standardu zapisu przeznaczenia terenów w MPZP, jednolitego na terenie gminy (IGPiM, 2014).

Warto zwrócić uwagę, że projekt G-SIP był realizowany przez pracowników etatowych gminy, w szczególności z uwzględnieniem potrzeb Wydziału Planowania Przestrzennego. W trakcie rozwoju systemu uwzględniano nie tylko uwagi pracowników urzędu z niego korzystających, ale również uwagi mieszkańców. Dzięki temu system jest mocno ukierunkowany na konkretne potrzeby gminy Konstancin-Jeziorna, co może stanowić jego atut. Sama realizacja projektu jest pewnego rodzaju inwestycją w kapitał ludzki – pracownicy urzędu pracujący nad projektem zyskali cenne doświadczenie i pogłębili swoją specjalistyczną wiedzę na temat infrastruktury informacji przestrzennej. Portal dobrze realizuje swoje założenia – dzięki niemu usprawniono procesy związane z planowaniem i zarządzaniem przestrzenią, udostępniono mieszkańcom informację planistyczną w sposób przystępny. Dzięki narzędziom zaimplementowanym w serwisie możliwe jest zbieranie danych o stanie zagospodarowania przestrzennego, ocena tego stanu oraz prowadzenie analizy zmian w zagospodarowaniu na przestrzeni lat.

*Przykład gminy Konstancin-Jeziorna pokazuje, jak świadome i kompetentne wykorzystanie, nawet względnie nieskomplikowanych technologii, może znacząco wspomóc prowadzenie procesów związanych z zarządzaniem przestrzenią.*

## 9.5

### **Monitoring sytuacyjno-wysokościowy szkód górniczych na terenie Bytomia w ramach BIIP**

Miasto Bytom położone jest w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym i narażone jest na skutki wydobywania surowców mineralnych. Stosowanie zawałowych metod wydobywania generuje brzemienne w skutkach szkody górnicze, które szczególnie dotknęły mieszkańców dzielnicy Karb. W niektórych

rejonach w wyniku eksploatacji doszło do pęknięć infrastruktury wodociągowej, czy znacznego nachylenia budynków. Zakłady wydobywcze stanowią źródło dochodów znacznej części bytomian, z drugiej strony skutki wydobywania stanowią zagrożenie dla infrastruktury i mienia nieruchomego. W wyniku wieloletniej eksploatacji cały obszar Górnośląskiego Zagłębia Węglowego podlega deformacjom na powierzchni terenu. Skutkuje to przyspieszonym zużyciem technicznym obiektów, a częstokroć ich uszkodzeniem, przemieszczeniem, odkształceniem a także degradacją powierzchni terenu, np. wskutek zalania czy podtopień w powstających nieckach terenu. W efekcie pojawiają się dalsze konsekwencje, takie jak obniżenie wartości nieruchomości na zagrożonym obszarze – co za tym idzie zmniejsza się wartość inwestycyjna całego obszaru (Florkowska, 2016) oraz konieczność częstszego monitorowania istniejącej infrastruktury (Klabis, Kowalski 2015).

Nazwa projektu:	Monitoring sytuacyjno-wysokościowy szkód górniczych na terenie Bytomia w ramach BIIP (Bytomskiej Infrastruktury Informacji Przestrzennej)
Nazwa podmiotu realizującego:	Wydział Geodezji Urzędu Miejskiego w Bytomiu.
Okres realizacji:	Od 2009 roku
Cele:	<ul style="list-style-type: none"><li>• realizacja założeń BIIP: rozwój społeczeństwa informacyjnego, zwiększenie skuteczności zarządzania miastem oraz udostępnianie rzetelnych informacji przestrzennych,</li><li>• zwiększenie dokładności i szybkości szacowania wielkości powstałych szkód górniczych, dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod pozyskania danych,</li><li>• predykcja skutków eksploatacji w przyszłości,</li><li>• dostarczenie rzetelnego materiału dowodowego w przypadku ubiegania się o odszkodowania za szkody górnicze.</li></ul>
Zakres podejmowanych działań:	<ul style="list-style-type: none"><li>• monitorowanie osiadań i deformacji terenu spowodowanych eksploatacją surowców mineralnych z wykorzystaniem technologii LIDAR,</li><li>• wizualizacja ukształtowania i pokrycia terenu przestrzeni miejskiej za pomocą modeli 3D,</li><li>• analizy powodziowe z uwzględnieniem zbiorników wodnych, powstałych w wyniku osiadania terenu.</li></ul>
Wartości czyniące przedsięwzięcie przykładem „Dobrej Praktyki”:	<ul style="list-style-type: none"><li>• zastosowanie nowoczesnych technologii, dzięki czemu wzrasta szybkość pozyskania i dokładność opracowań związanych ze szkodami górniczymi,</li><li>• systematyczne pozyskiwanie danych LIDAR umożliwia monitoring zmian w ukształtowaniu terenu,</li><li>• wykorzystanie produktów skaningu i ortofotomapy do realizacji różnych zadań własnych (wyznaczenie stref zalewowych, aktualizacja mapy rejestrów w PZGiK),</li><li>• udostępnianie danych przestrzennych w serwisie i-BIIP.</li></ul>

Tabela 9.4: Metryka projektu BIIP.

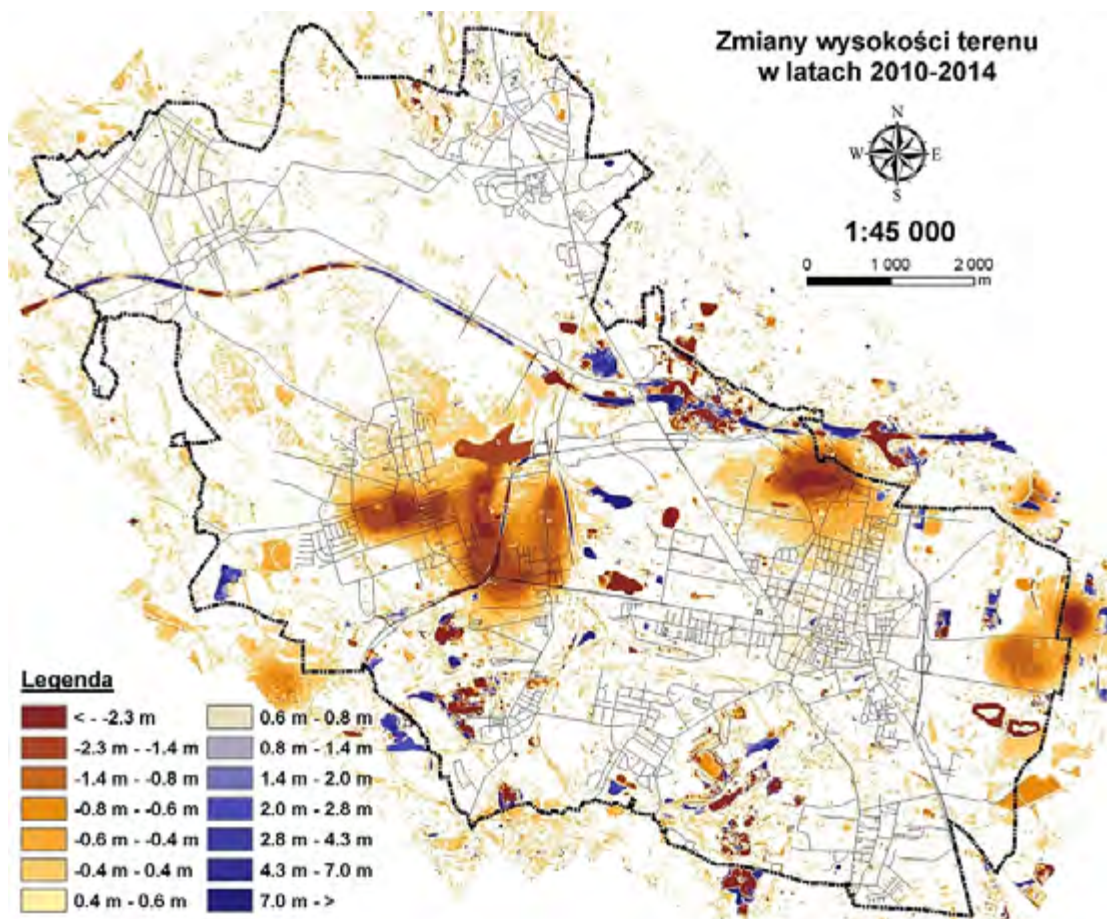
Dotychczas stosowane geodezyjne metody monitoringu osiadań i deformacji bazowały na manualnym pomiarze wysokościowym rozproszonych punktów kontrolnych. Nie dawały one wymiernych wyników, ze względu na problemy związane ze zmiennością w czasie położenia osnowy

wysokościowej (Kuźnicki, 2011). W rejonie deformacji i szkód górniczych dochodzi bowiem nie tylko do przemieszczeń pionowych ale również poziomych (pływanie gruntu) co destabilizuje osnowę geodezyjną i czyni ją w praktyce niepewną lub nieprzydatną. Wymagana jest wtedy referencja do zewnętrznego układu odniesienia, jakim współcześnie jest chociażby system satelitarny GNSS. Dodatkowo pomiar punktów rozproszonych nie jest idealnym materiałem do analizy – obszar pomiędzy punktami podlega interpolacji w celu uzyskania wartości przewidywanych – obciążony jest nieznany błąd losowym. Często taka interpolacja jest niewystarczająca do realnej oceny zagrożeń związanych ze szkodami, zatem należało szukać bardziej rzetelnej metody pomiarowej. Potrzebę tę realizują nowoczesne technologie takie jak skaniny laserowe, a także tradycyjne i ukośne zdjęcia fotogrametryczne. Wykorzystanie produktów teledetekcji stało się możliwe dzięki wykorzystaniu rozwiązań informatycznych o nazwie [Bytomska Infrastruktura Informacji Przestrzennej \(BIIP\)](#), która została utworzona z inicjatywy Wydziału Geodezji Urzędu Miejskiego w Bytomiu. Celem BIIP jest rozwój społeczeństwa informacyjnego, zwiększenie skuteczności zarządzania miastem oraz udostępnianie rzetelnych informacji przestrzennych. Wydział Geodezji UM w Bytomiu prowadzi również nadzór nad rozwojem i prowadzeniem BIIP.

W 2009 roku został uruchomiony pilotażowy program, dzięki któremu Bytom stał się jednym z pierwszych miast w Unii Europejskiej, wykorzystującym dane pozyskane zużyciem technologii lotniczego skanowania laserowego (ALS). Dostarczone modele zasiliły zasób Bytomskiej Infrastruktury Informacji Przestrzennej. Prócz tradycyjnego wykorzystania chmury punktów do analizy topografii terenu czy tworzenia przekrojów, dane ze skaningu wraz z ortofotomapą zostały wykorzystane pomocniczo do realizacji innych zadań w ramach prowadzenia zasobów BIIP. Stanowią także materiał źródłowy do przeprowadzenia szerszych analiz przestrzennych, takich jak stworzenie modelu terenów zagrożonych zalewaniem i podtopieniami - celem planowania działań ratunkowych i zarządzania kryzysowego na tych obszarach. Produkty teledetekcji są udostępnione w internetowym serwisie BIIP, a wyniki analiz są wykorzystywane przez pracowników różnych wydziałów Urzędu Miejskiego w Bytomiu.

W 2014 roku miasto ponownie pozyskało dane ze skaningu laserowego (*Raport [...]*, 2015) celem wizualizacji powierzchni terenu wraz z naziemnymi obiektami infrastruktury. Dzięki pozyskaniu nowej chmury punktów możliwe jest badanie zmian w ukształtowaniu terenu jakie zaszły na przestrzeni czasu pomiędzy 2009 a 2014 rokiem. Dodatkowo pozyskano barwny cyfrowy fotoplan dla obszaru administracyjnego miasta. Zostały także zakupione licencje oprogramowania LiMON Viewer, służące do obsługi chmur punktów pozyskanych ze skaningu lotniczego.





Rys. 9.7: Przykład analizy dotyczącej zmian w ukształtowaniu terenu (źródło i-BIIP).

W 2016 roku, do zasobu została dołączona nowa ortofotomapa (Raport [...], 2017), docelowo wykorzystywana do weryfikacji zasobów PZGiK oraz stanowiąca podstawę pracy dla użytkowników BIIP. Warto wspomnieć, iż pierwsza ortofotomapa cyfrowa dla Bytomia została utworzona w 1997 roku – od tego czasu miasto pozyskiwało ortofotomapy co kilka lat, dzięki czemu mogą być one wykorzystane jako materiał do analizy zmian w przestrzeni miejskiej. Dane gromadzone w BIIP posłużyły do wyznaczenia obszarów zdegradowanych oraz stworzenia Gminnego Planu Rewitalizacji. Zarówno ortofotomapa jak i numeryczny model terenu zostały udostępnione mieszkańcom miasta w serwisie i-BIIP. Z danych w postaci usługi WMS mogą skorzystać także użytkownicy innych systemów GIS. Istotnym przedsięwzięciem miasta w zakresie BIIP jest budowa i utrzymanie węzła Infrastruktury Informacji Przestrzennej, dofinansowany przez Unię Europejską środkami pochodzącymi jeszcze z poprzedniej perspektywy finansowej na lata 2007-2013. Celem budowy tego modułu było utworzenie jednolitego systemu gromadzącego dane o przestrzeni miejskiej, z którego mogłyby korzystać wszystkie jednostki i spółki gminne (PAP, 2015). System ma na celu wspomóc zarządzanie



przestrzeni, które w przypadku miast górniczych takich jak Bytom zawsze jest uwarunkowane oceną skutków eksploatacji górniczej. Zmiany w dokumentach planistycznych, czy wydawaniu pozwoleń na budowę powinny uwzględniać uwarunkowania wynikające z eksploatacji górniczej. Węzeł wspomaga również tworzenie wielu scenariuszy zagospodarowania terenu oraz predykcję wpływu podejmowanych decyzji na przestrzeń miejską. W ograniczonym zakresie scenariuszomogą być udostępniane zewnętrznym instytucjom czy firmom zainteresowanym inwestowaniem w mieście. Szczególnie istotna w kontekście pozyskania inwestorów jest informacja, czy dany obszar będzie w przyszłości podlegał wpływom eksploatacji surowców oraz jaki będzie zakres tych wpływów.

*Przykład miasta Bytom pokazuje, jak dane teledetekcyjne mogą być z powodzeniem wykorzystywane do złożonych analiz związanych z badaniem lokalnych uwarunkowań rozwojowych i gospodarczych. W przypadku pomiaru deformacji powierzchni terenu narzędzia teledetekcyjne sprawdzają się znacznie lepiej niż klasyczne metody pomiaru geodezyjnego. Po pierwsze nie wymagają one dowiązania do osnowy geodezyjnej, której położenie na terenach górniczych nie jest stabilne w czasie, po drugie – umożliwiają pomiar wysokości dla całej powierzchni opracowania w sposób ciągły i bezpośredni (ograniczeniem tej ciągłości jest rozdzielczość przestrzenna zobrazowania lub chmury punktów). Dzięki budowie węzła IIP usprawniono wiele procesów biznesowych zarówno wewnątrz urzędu jak i w spółkach gminnych, przyspieszając przepływ informacji między specjalistami z różnych dziedzin wykorzystujących dane przestrzenne.*

## 9.6

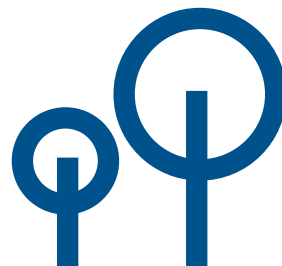
### **Analiza zieleni miejskiej - Biuro Rozwoju Wrocławia**

Miasto Wrocław jest piątym pod względem powierzchni miastem w Polsce i jednym z najszybciej rozwijających się ośrodków miejskich. W mieście mieszka ponad 1/5 mieszkańców województwa dolnośląskiego, a prawie 1/3 jest w nim zatrudnionych. Miasto jest największym ośrodkiem tzw. Wrocławskiego Obszaru Funkcjonalnego (WrOF). Przy szybkim rozwoju miasta należy szczególną uwagę zwrócić na aspekty zieleni, aby bezpowrotnie nie utracić tego cennego i środowiskotwórczego składnika przestrzeni miejskiej.

Na terenie Wrocławia znajdują się 44 parki, 25 kompleksów leśnych w zarządzie gminy, trzy duże ogrody i wiele zieleńców. Presja inwestycyjna związana m.in. z budownictwem i postępującą suburbanizacją na obszarze WrOF jest znaczna, zatem jednym z kluczowych problemów, z jakimi zmagają się administracja aglomeracji jest monitoring, planowanie i utrzymanie zielonej infrastruktury, tak by uwzględnić interes społeczny i dobro przyrody (Ładysz J., 2014). Już w 2006

roku został opracowany powiatowy program zwiększenia lesistości miasta Wrocławia, stanowiący wieloaspektowe i kompletne opracowanie w zakresie zalesień, którego celem pośrednim było zgromadzenie informacji o potencjalnych warunkach zalesieniowych na terenie miasta i jego otoczenia (RM Wrocławia, 2006).

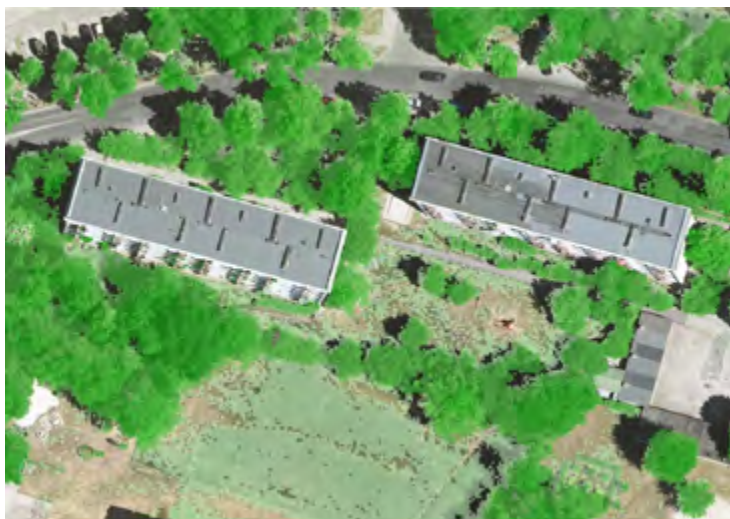
Według informacji pochodzących z Głównego Urzędu Statystycznego (Komarowska D., 2015) łączna powierzchnia terenów zieleni(lasów, parków spacerowo-wypoczynkowych i zieleńców) w roku 2012 wynosiła 1 832,5 hektara, zatem stanowiłyby one tylko znikomy odsetek (ok. 6%) w stosunku do całości obszaru miasta (29 282 ha). W tym samym roku serwis mojanapolis.pl opublikował raport, gdzie wskazano, że powierzchnia terenów zieleni stanowi zaledwie 12,2% obszaru miasta (Teisseyre, 2015).



Przedsięwzięcie:	Monitoring i inwentaryzacja zieleni miejskiej Wrocławia zużyciem ortofotomap oraz skaningu laserowego
Nazwa podmiotu realizującego:	Urząd Miejski Wrocławia: Biuro Rozwoju Wrocławia
Okres realizacji:	2016
Cele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• inwentaryzacja zieleni miejskiej, w tym oszacowanie udziału obszarów zieleni w przestrzeni miejskiej,</li> <li>• wspomaganie procesów decyzyjnych związanych z opracowywaniem MPZP i SUiKZP,</li> <li>• wspomaganie projektowania lokalizacji nowej zielonej infrastruktury, a w rezultacie poprawa jakości życia mieszkańców oraz zapewnienie zrównoważonego rozwoju miasta, z naciskiem na ochronę środowiska.</li> </ul>
Zakres podejmowanych działań:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• monitorowanie zmian zagospodarowania na potrzeby opracowania MPZP i SUiKZP,</li> <li>• aktualizacja warstwy zieleni miejskiej na potrzeby opracowań takich jak mapa podstawowa, opracowanie ekofizjograficzne, statystyki i bilanse,</li> <li>• aktualizacja trójwymiarowego modelu zabudowy dla różnych celów (mapa akustyczna, MPZP, wizualizacje),</li> <li>• nowa jakość w relacjach ze społeczeństwem (public relations).</li> </ul>
Wartości czyniące przedsięwzięcie przykładem „Dobrej Praktyki”:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• monitorowanie zmian zagospodarowania na podstawie danych teledetekcyjnych,</li> <li>• inwentaryzacja obszarów zieleni na podstawie ortofotomap w kompozycji CIR,</li> <li>• opracowanie obszaru zadrzewienia na podstawie danych LIDAR,</li> <li>• aktualizacja nowej zabudowy w zakresie wysokości,</li> <li>• korekta ortofotomapy CIR o obszary zasłonięte na podstawie trójwymiarowego modelu zabudowy,</li> <li>• wykorzystanie rezultatów końcowych analiz przy tworzeniu opracowań planistycznych.</li> </ul>

Tabela 9.5: Metryka przedsięwzięcia: Monitoring i inwentaryzacja zieleni miejskiej Wrocławia zużyciem ortofotomap oraz skaningu laserowego (Raport..., 2017).

Biuro Rozwoju Wrocławia w ramach realizacji zadań własnych gminy w roku 2016 przeprowadziło monitoring i inwentaryzację zieleni miejskiej na obszarze miasta – dokonano weryfikacji statystyk zużyciem danych teledetekcyjnych. Celem monitoringu było również podjęcie ewentualnych działań naprawczych z zakresu zrównoważonego rozwoju.



Rys.9.8: Wizualizacja wskaźnika roślinności NDVI na tle ortofotomapy  
(źródło: BRW, UM Wrocławia).

Do przeprowadzenia analiz wykorzystano lotniczą 4-ro kanałową (RGB,NIR) ortofotomapę cyfrową. Zastosowanie pasma podczerwieni umożliwiło nie tylko wykrycie obszarów pokrytych roślinnością, ale i ocenę jej kondycji. Dodatkowo wykorzystano dane zlotniczego skaningu laserowego umożliwiające zaklasyfikowanie roślinności do trzech klas: roślinności wysokiej, średniej i niskiej. Posłużyły one również do korekty ortofotomapy w kompozycji CIR o obszary nakładające się w przestrzeni - na

podstawie trójwymiarowego modelu zabudowy i roślinności. Tak opracowane dane skonfrontowano z bazą danych klaso-użytków. Wyniki analizy okazały się znacząco odbiegać od statystyk wykazanych w opracowaniach z 2015 roku. Pokryta roślinnością okazała się być ponad połowa obszaru miasta (51,53% powierzchni Wrocławia), z czego 39,3% obszaru miasta przypada na podstawowy system zieleni Wrocławia. Tak wielka różnica wynikała z zastosowania w poprzednich opracowaniach zawężonej definicji terenów zieleni.

*Bazując na metodach teledetekcyjnych udało się zinwentaryzować faktyczny stan zieleni miejskiej, włączając w to m. in.:*

- *tereny nadrzeczne,*
- *tereny leśne,*
- *tereny rekreacyjne i wypoczynkowe,*
- *tereny rolniczo nieużytkowane,*
- *zieleń na terenach mieszkaniowych, usługowych, przemysłowych i komunikacyjnych.*

Za zieleń miejską przyjęto obszary pokryte roślinnością, pełniące funkcje ekologiczne, ochronne, rekreacyjne i estetyczne, będące czynne biologicznie, bez względu na strukturę własności gruntu. Dodatkowo wydzielona została klasa terenów rolnych, stanowiąca niemal 19% powierzchni obszaru miasta. Wyniki analizy zweryfikowały wcześniejsze raporty, pozytywnie wpływając na wizerunek miasta. Wyniki przeprowadzonych analiz oraz wykorzystane produkty teledetekcyjne są nadal wykorzystywane przez UM Wrocławia do realizacji zadań gminy związanych z planowaniem przestrzennym. Dzięki analizie danych przestrzennych o zieleni możliwe jest skuteczne i optymalne projektowanie nowych terenów pod inwestycje związane z rekreacją, co w znaczący sposób podniesie w przyszłości komfort życia mieszkańców. Dane ze skaningu laserowego są również wykorzystywane w zadaniach własnych gminy niezwiązanych z zielenią miejską: w szczególności umożliwiają wygenerowanie trójwymiarowych modeli budynków i inwentaryzację wysokości powstającej zabudowy. Zgromadzone materiały są zatem stale wykorzystywane do wsparcia zrównoważonego rozwoju miasta.

Zastosowanie metod teledetekcyjnych do inwentaryzacji zieleni miejskiej we Wrocławiu przyczyniło się do obrony pozytywnego wizerunku miasta, a jednocześnie wskazało obszary przyszłych działań w zakresie zrównoważonego rozwoju. Połączenie nowoczesnych technologii rejestracji danych, zaawansowanych analiz przestrzennych, atakże działań na rzecz ochrony środowiska wpływa korzystnie na zrównoważony rozwój nie tylko miasta, ale także jego otoczenia.







# ROZDZIAŁ 10

WSPÓŁCZESNE POTRZEBY  
PLANOWANIA PRZESTRZENNEGO  
I ZARZĄDZANIA PRZESTRZENIĄ



# 10.1

## Sprawność zarządzania

Teledetekcja, jako zdalne wykrywanie, obserwacja oraz interpretacja zjawisk i procesów przebiegających na powierzchni Ziemi ma dość długą tradycję. Dziś kojarzona jest przede wszystkim z satelitami, samolotami i dronami, lecz jej początki sięgają nawet dalej niż historia lotnictwa. Ale to właśnie dzięki szerszemu udostępnieniu techniki satelitarnej do celów cywilnych, stała się ona atrakcyjną alternatywą dla coraz szerszych zastosowań na nowych polach aktywności. Dotyczą one także skali lokalnej – dla usprawnienia procesów decyzyjnych w miastach i gminach a także w różnego rodzaju administracjach specjalnych. Równoległy postęp techniki cyfrowej przyspieszył i obniżył pracochłonność przetwarzania danych pozyskanych z teledetekcji a rozwój sieci informatycznych ułatwił dostęp do danych zgromadzonych w różnych miejscach, pochodzących z różnych źródeł i przedziałów czasu. Możliwe i powszechnie dostępne stało się ich zestawianie, porównywanie i kompilacje.



Rys. 10.1. Przykładowe dane teledetekcyjne: zdjęcie z drona i cyfrowy model pokrycia terenu ze skanowania LIDAR, wykorzystywane w analizie wrażliwości krajobrazu. Ulica Tyniecka w Krakowie (źródło SmallGIS).

Jednym z nowych pól zastosowania teledetekcji jest planowanie przestrzenne. Dostęp do danych zgromadzonych tymi metodami zwiększa możliwości analityczne zjawisk i procesów przestrzennych. Jednak w praktyce zastosowanie teledetekcji dla potrzeb planowania przestrzennego wymaga od osób podejmujących to wyzwanie odpowiedniego przygotowania i swoistego dostosowania metodologicznego. Otóż teledetekcja w ciągu dziesięcioleci zastosowań do innych celów niż

planowanie przestrzenne dopracowała się bardzo zaawansowanych technik na specyficznych polach analizy, nieco innych niż tradycyjne analizy w procesie planistycznym. Dlatego to, co jest oferowane w zakresie technologii i dostępne metodologicznie nie zawsze odpowiada wprost na oczekiwania planistów – wymaga odpowiedniej interpretacji, zestawienia z informacjami z innych źródeł, trudu wyprowadzenia i opracowania właściwych wniosków. Z drugiej strony dostarcza jednak informacji rzetelnych, jednolitych, porównywalnych, spójnych czasowo, ukazujących szerszy kontekst procesów przestrzennych – o jakości i cenie dotąd w planowaniu przestrzennym nieosiągalnych.

W dotychczasowej praktyce planowania przestrzennego, kwestie dostępu do informacji dotyczyły głównie fazy analitycznej procesu planistycznego. Na podstawie informacji zbieranych w sposób systematyczny, jako inwentaryzacja czy kwerenda, budowano zręby analityczne i koncepcyjne



rozwiązań projektowych. W podobny sposób uszczegóławiano ramowe założenia kierunków rozwoju lub sposobów zagospodarowania przestrzennego. Oczywiście istotna też była końcowa faza uzgodnień czy tzw. „dyskusja publiczna”, gdy ustalenia poczynione w ramach czynności planistycznych „podawano do publicznej informacji” i upowszechniano. W takim modelu obieg informacji, był w zasadzie wewnętrzną sprawą organizacyjną służb planistycznych.

Rewolucja informacyjna spowodowała wzrost ilości, dostępności i szybkości pozyskiwania informacji. Ma to bardzo istotny wpływ na planowanie przestrzenne. O ile bowiem sama istota i cele planowania nie ulegają daleko idącym zmianom i wciąż polegają na wiedzy specjalistycznej rozwijanej od co najmniej stulecia, to dramatyczne zmiany zachodzą na styku tej sfery z całym, zmieniającym się i coraz ściślej powiązanym światem informacji, w szczególności w sferze publicznej. W procesie planowania obserwuje się coraz łatwiejszy dostęp do danych, a z drugiej strony odczuwa coraz silniejszy nacisk na udostępnianie jego produktów innym użytkownikom. Tak więc podstawowe systemowe przemiany sfery planowania przestrzennego dotyczą jego „wejścia” i „wyjścia”, czyli powiązań zewnętrznych. Teledetekcja jest istotnym elementem przemian „na wejściu” systemu planowania przestrzennego, wspierając zasadniczo jego fazę analityczną.

Tak więc teledetekcja to technologia, która daje istotne nowe możliwości planowaniu przestrzennemu. Warunkiem jej rozwoju jest popyt ze strony użytkowników, potrafiących z jej usług korzystać i czerpiących wymierne korzyści z ich stosowania. Należy pamiętać, że swe źródła technologia ta ma w zupełnie innej sferze, z której przeszła do dyspozycji planowania przestrzennego, tym samym poszerzając krąg swych odbiorców, ale to nie jedyny dla niej rynek. Zainteresowanie i przyciąganie nowych użytkowników ma znaczenie nie tylko w zakresie opłacalności oferowanych usług. Przede wszystkim popyt ten wyznacza nowe obszary, w których teledetekcja mogłaby się rozwijać. Stąd zainteresowanie dodatkowej grupy odbiorców nie tylko ma aspekt ekonomiczny, jako wzrost sprzedaży produktów i usług, ale również merytoryczny – wyznaczając dodatkowe nowe kierunki rozwoju.





Dla celów planowania przestrzennego teledetekcja nie jest celem autonomicznym, choć historia i zagadnienia techniczne z nią związane mogą być dla osoby planisty interesujące same w sobie. Należy jednak pamiętać, że celem planowania przestrzennego nie jest obserwacja jako taka, a wypracowanie przesłanek odpowiedzialnych decyzji, które mogłyby stać się podstawą wypracowania lub instrumentacji dla realizacji celów polityki przestrzennej. Politykę taką realizują władze różnych poziomów, ale nie tylko władze są zainteresowane danymi przestrzennymi. Informacje czy analizy z zakresu cech przestrzeni stanowią także podstawę decyzji związanych z jej wykorzystaniem podejmowanych przez inne podmioty: obywateli oraz różnego typu instytucje, w tym biznesowe. Planista, chcąc analizować zjawiska i trendy przestrzenne musi decydować, co należy poddawać obserwacji i w jaki sposób. Tego oczekują od niego ci, którzy zajmują się rozwijaniem technologii teledetekcyjnych i świadczenia usług z niej wynikających. W tym sensie rozwój sfery geoinformacji i teledetekcji pozostaje w sprzężeniu zwrotnym ze sferą planowania przestrzennego: teledetekcja pozwala na rozwój metodologii planowania przestrzennego a poszerzanie instrumentacji planowania przestrzennego pozwala szybciej rozwijać się teledetekcji.

## 10.2

### Poszerzenie bazy wiedzy

*Walory przestrzenne, określone przez jakość środowiska życia i pracy, przekładają się bezpośrednio na poziom rozwoju społecznego i ekonomicznego. Konkurencyjność regionów i miast w globalnej gospodarce budowana jest coraz częściej w oparciu o czynniki z pozoru pozaekonomiczne, jak jakość środowiska, w tym jakość przestrzeni zurbanizowanej. Przestrzeń staje się ważnym czynnikiem pobudzającym rozwój ekonomiczny i społeczny, przekładając się bezpośrednio na perspektywy rozwoju. Jednak osiągnięcie wysokiej jakości przestrzeni nie jest zadaniem prostym. Przestrzeń jest kształtowana w długim procesie przez wiele podmiotów. Proces decydowania w tej mierze staje się coraz bardziej złożony i trudno przewidywalny. Gospodarowanie przestrzenią wymaga więc wiedzy o coraz bardziej złożonych uwarunkowaniach i przestrzennych konsekwencjach podejmowanych działań.*

Aby zapobiegać sytuacjom niekorzystnym lub niepożądanym należy stale prowadzić odpowiednie obserwacje, a na ich podstawie analizy przestrzenne i badania pozwalające śledzić procesy zmian w przestrzeni. Konieczne jest więc konsekwentne monitorowanie zmian w całej sferze środowiska przyrodniczego oraz ciągle aktualizowanie informacji o stanie przestrzeni i jej zasobach, stanowiących podstawę rozwoju. Konieczny jest też potencjał analityczny, zdolny wyciągać odpowiednie praktyczne wnioski w sytuacji, gdy większość zmian w środowisku i w zagospodarowaniu przestrzennym

odbywa się w wyniku jednostkowych, zatomizowanych działań. Na ich podstawie możliwe jest diagnozowanie trendów, istoty kształtowanych przeobrażeń, ciągłe prognozowanie najbardziej prawdopodobnych kierunków rozwoju. Daje to podstawy do wyboru strategii działania oraz prognozowania i programowania rozwoju w oparciu o stale aktualizowany obraz kształtowanej rzeczywistości.



Tak więc warunkiem zachowania ciągłości procesu diagnozowania, prognozowania, programowania i projektowania przekształceń przestrzennych, będącym podstawą dla podejmowania właściwych decyzji w zakresie polityki przestrzennej, jest stała obserwacja – czyli **monitoring przestrzenny**. Jego rolą jest diagnozowanie przekształceń. Monitoring powinien być dynamiczny, czyli nie tylko powinien gromadzić informacje, ale także przetwarzać je, ostrzegać, a nawet przewidywać hipotetyczny rozwój sytuacji w przypadku braku interwencji decyzyjnej. Operacyjnym narzędziem monitoringu są systemy geoinformacyjne, umożliwiające bezpośredni dostęp do informacji przestrzennych za pośrednictwem internetu.

Znajdujemy się na etapie, gdzie technologie teledetekcji oferują pewne gotowe produkty, pochodzące z zastosowań w innych sferach, poza planowaniem przestrzennym. Jak większość nowych technologii teledetekcja powstała dla realizacji zadań o charakterze militarnym. Stąd wkroczyła do badań zasobów środowiska i rolnictwa, ale też na początku także z uwagi na strategiczne znaczenie obserwacji w tych sferach. Od zagadnień środowiskowych droga do sfery przestrzennej była już krótka, zwłaszcza wobec wzrostu dokładności obserwacji.

Postęp technologiczny otwierał więc coraz to nowe pola zastosowań a związany był zarówno z nowymi cechami technicznymi jak i wzrostem dostępności – zwolnieniem z klauzul tajności czy obniżeniem jednostkowej ceny, a więc kosztów pozyskania przez końcowego użytkownika. Postęp technologiczny wiąże się jednak na ogół ze wzrostem nakładów inwestycyjnych. Dlatego wzrost dostępności, czyli obniżenie ceny jednostkowej, wynika przede wszystkim z większej liczby klientów i umiejętnego dostosowania usług do ich indywidualnych potrzeb. W związku z tym pojawia się specjalizacja rynku i wyodrębnienie usług specjalistycznych polegających na obserwacji konkretnych zjawisk. Ewolucja w praktyce polega na zastępowaniu dotychczasowych prostych czynności przez działania z użyciem bardziej zaawansowanych technologii, co w efekcie przynosi wzrost jakości, skrócenie terminów realizacji lub spadek ceny. Przykładem może być inwentaryzacja urbanistyczna - niegdyś robiona była przez planistę w terenie, co wiązało się z fizycznym kontaktem i obecnością w inwentaryzowanym miejscu. Teraz też ta obecność jest zasadna, aby dostrzec spłot powiązań pomiędzy różnymi zjawiskami i ewentualnie subiektywne okoliczności dodatkowe, ale już nie po to by inwentaryzować fakty. Te pozyskuje się zdalnie, zza biurka. Mapy, czy dynamiczne zobrazowania i wizualizacje terenu pobierane wprost z internetu stają się codziennością, a korzystają z nich nawet dzieci. Tym bardziej więc presję odczuwają profesjonalści.



*Inwentaryzacja urbanistyczna przestała więc być kluczowym elementem harmonogramu większości prac planistycznych, jak jeszcze kilkanaście lat temu, gdzie oprócz analiz dokumentów niezbędne były żmudne prace terenowe. Dziś czynności te można często ograniczyć ze względu na dostępność informacji w sieci. Udostępniane publicznie zasoby różnych instytucji przygotowywane są w różny sposób: najczęściej są to zbiory gromadzone i opracowywane tradycyjnie, gdzie rewolucja informacyjna spowodowała jedynie ich przeniesienie z segregatorów na nośniki cyfrowe. Ale zasoby sieci składają się też z informacji o procesach przebiegających na powierzchni Ziemi, gromadzonych przy pomocy technik lotniczych i satelitarnych. Ich wykorzystanie to nowe, wcześniej niedostępne wyzwanie dla planisty.*

## 10.3

### Nowe pola poznawcze

Dzięki teledetekcji można poznać zarówno stan zagospodarowania przestrzeni w wybranym okresie, określić istotne uwarunkowania rozwoju, a co najbardziej obiecujące i najefektywniejsze – zestawić pozyskane dane z innymi informacjami, na przykład formalno-prawnymi, co otwiera niezwykle możliwości praktyczne w zarządzaniu rozwojem przestrzennym. Potencjalne zastosowania teledetekcji w planowaniu przestrzennym są więc bardzo szerokie i warto z nich skorzystać.

Przede wszystkim, dzięki dostępności zobrazowań lotniczych i satelitarnych z różnych przedziałów czasowych możliwe jest monitorowanie zmian zagospodarowania przestrzeni: zmian pokrycia i funkcji terenu, gęstości zabudowy, powierzchni biologicznie czynnej, a także szczegółowe analizy procesów odrolniania (dezagraryzacji) czy rozlewu osadnictwa (suburbanizacji). Pozwala to ocenić skutki prowadzonej polityki przestrzennej wraz z ich dynamiką, więc także powiązanie z innymi czynnikami, jak koniunktura gospodarcza, procesy społeczne, inwestycje publiczne czy uwarunkowania formalno-prawne, jak obowiązujące przepisy czy plany zagospodarowania.

Oprócz analiz retrospektywnych możliwe są też analizy potencjału terenów, np. chłonności: terenów pod zabudowę czy obszarów o walorach przyrodniczo-środowiskowych. Znacznie rozwinięte w sferze teledetekcji są metody badania stanu, potencjału i zagrożeń środowiska, związane z potrzebami ochrony powietrza, gleb czy wody, np. zasięgu „wysp ciepła”, korytarzy ekologicznych, potencjalnych korytarzy przewietrzania miast, badania zdrowotności i warunków rozwoju roślinności miejskiej czy uciążliwości akustycznej. Dzięki teledetekcji możliwe jest wyodrębnianie klas użytków rolnych, badanie dynamiki granicy rolno-leśnej, analizy osiadania terenu i budynków oraz wpływu szkód górniczych na planowaną infrastrukturę.



Teledetekcja może wspomagać zadania związane z wyceną nieruchomości, a także uszczegóławiać analizy demograficzne w skali lokalnej, różnicując wskaźniki gęstości zaludnienia w zależności od pokrycia terenu i rodzaju zabudowy. Osobną kategorię stanowią analizy związane z klasyfikacją (audyt) i ochroną krajobrazu, np. widoczności w krajobrazie, fotointerpretacji, a także jako dane wejściowe do tworzenia wizualizacji lub tworzenia trójwymiarowych wirtualnych modeli miast. Dane z teledetekcji mogą też pomagać w modelowaniu i analizie innych zjawisk i procesów toczących się w przestrzeni.

Większość profesjonalnych zastosowań danych przestrzennych ma swe źródła w technologiach teledetekcji, czyli procesie zdalnego pozyskiwania informacji o obiektach, obszarach czy zjawiskach bez fizycznego kontaktu z nimi. Zakres tego co podlega obserwacji wynika ze sposobu zdefiniowania potrzeb. Dostawcy usług obserwacyjnych, z przyczyn ekonomicznych skupiają się na informacjach użytecznych dla jak najszerszego kręgu odbiorców. Stąd początki zastosowań przede wszystkim dotyczą informacji bardzo ogólnych. Tak też jest w przypadku planowania przestrzennego – początkowo dominujące zastosowanie to głównie georeferencja (podkład mapowy). Zwłaszcza wobec katastrofalnego stanu zasobów urzędowych i wieloletniej praktyce utrudniania do nich dostępu, łatwo pozyskiwalne mapy z internetu okazały się efektywnym substytutem do wielu zastosowań profesjonalnych w dziedzinie gospodarowania przestrzenią i planowania przestrzennego. Przełamanie barier na tym polu wymusił internet, oferując tańszy produkt o zadowalającej jakości.



Tą drogą będzie najprawdopodobniej następował dalszy rozwój zastosowań. Sama technologia teledetekcji będzie stawała się coraz bardziej skomplikowana i kosztowna, ale jej produkty coraz łatwiej dostępne i tańsze. Stąd podział ról między dostawców i użytkowników oraz konieczność wymiany informacji między nimi. Polem zainteresowania planowania przestrzennego nie powinna być sama technologia, ale to co da się z niej uzyskać. Dostawcy usług obserwacyjnych są i pozostaną poza sferą właściwego planowania – będą oni outsourcingowani, z uwagi na duże koszty inwestycyjne jak i eksploatacyjne pozyskiwania danych. Jak w wielu nowych technologiach koszty inwestycyjne technologii teledetekcyjnych są bardzo wysokie, a ich żywotność do czasu zastąpienia nowymi rozwiązaniami – krótka, stąd bardzo duże ryzyko gospodarcze i konieczność zapewnienia szerokiego kręgu odbiorców – rynku tych usług.

# 10.4

## Wyzwania i dylematy

Jak wskazano w poprzednich rozdziałach niniejszej publikacji, wdrażanie nowych technologii jest o mniej więcej dekadę opóźnione względem pojawienia się praktycznej dostępności nowych możliwości technicznych i oferty usług z nią związanych. Planowanie przestrzenne nie jest jeszcze w pełni gotowe by przyjąć zaawansowane technologie teledetekcji i potencjalne jej produkty. Dopiero niedawno, i to nie bez oporów wdrożono w nim techniki cyfrowe, choć jeszcze nie w pełni w zakresie systemów geograficznych. Technika cyfrowa w planowaniu przestrzennym jeszcze nie zawsze wykorzystuje możliwości georeferencyjne systemów GIS, używając komputera jedynie jako prostego „kartezjańskiego” narzędzia graficznego.

Podstawowym atutem technik cyfrowych w planowaniu przestrzennym jest możliwość łączenia różnych danych, dzięki harmonizacji różnych ich zasobów i źródeł. Planowanie przestrzenne w dużej mierze wymaga znajomości faktów, które nie są widoczne okiem kamery czy innych czujników. Stąd oczekiwania sfery planowania przestrzennego wobec usług teledetekcji wiążą się właśnie z harmonizacją danych, co jest podstawą spójnego równoległego korzystania z różnych zasobów. Należy pamiętać, że w praktyce da się zaobserwować tylko najprostsze fakty, dopiero z zestawienia różnych danych i rozpoznania ich łącznych cech można budować głębszą wiedzę. Trzeba więc wiedzieć, które z dostępnych danych mogą mieć znaczenie oraz jakie dane teledetekcyjne można skojarzyć z innymi obserwacjami lub informacjami pochodzącymi z innych źródeł - wtedy można wyciągnąć bardziej zaawansowane wnioski. Celem pracy planisty nie jest sama obserwacja objawów ale dochodzenie ich przyczyn, czyli przebiegu procesów rozpoznawanych w wyniku sumy obserwacji, wraz z prognozowaniem ich trendów i konsekwencji.



Przykładowo w ramach teledetekcji możemy zaobserwować fakt istnienia samochodu na drodze, ale ten fakt nie pozwala określić skąd i dokąd ono jedzie, czy z jaką prędkością. Aby to wiedzieć potrzebna jest sekwencja zdjęć lub inne informacje. Nie wszystkie sposoby pozyskiwania niezbędnych informacji musi znać planista. On raczej powinien umieć stawiać problem, zadawać pytanie, ale aby to skutecznie zrobić musi znać uwarunkowania i możliwości dostępnych technologii. Umiejętność łączenia różnych zjawisk i danych oraz kojarzenie występujących faktów - to zadanie dla planisty.



Przeanalizujmy jako przykład pozornie błahą sprawę chłonności terenu pod zabudowę. Upraszczając można by powiedzieć, że jest to powierzchnia terenu wolna od zabudowy. W dużej regionalnej skali taka formuła mogłaby się sprawdzić, ale w sposób niezwykle przybliżony. W skali urbanistycznej w ogóle nie przyniosłaby efektu – bo realną chłonność wyznacza suma skrawków terenu na których dałoby się coś zbudować. Przyjmijmy roboczo, że mogłyby to być fragmenty terenu położone w odległości co najmniej 8 metrów od innych budynków oraz 4 metrów od granicy działki. Przebieg granic geodezyjnych nie może być na ogół ustalony techniką teledetekcji, a więc do rzetelnej analizy potrzeba danych istniejących, ale nie widocznych dla teledetekcyjnych sensorów. Zatem dla poznania rzeczywistego potencjału inwestycyjnego należy połączyć różne dane, w tym pochodzące z teledetekcji, ale nie wyłącznie.

Bardzo elastycznie należy też podchodzić do zakresu stawianych pytań. Rozwój techniki komputerowej umożliwia analizy niegdyś praktycznie niedostępne. Na przykład zobrazowania terenu pozyskiwane w formie chmury punktów nie musi przechodzić procesu przetwarzania na kształty geometryczne (bryły i płaszczyzny), mimo takich możliwości technicznych, gdyż powstało tanie i wydajne oprogramowanie umiejące operować na samej chmurze, a kształty terenu i zabudowy oko ludzkie umie odczytywać intuicyjnie na podstawie „widoku chmury”. Ale wiele z technicznych nowości, niosąc nowe atrakcyjne możliwości wymaga operacji na bardzo dużym zbiorze danych. Stąd pojęcie „big data”, którym określa się zbiory informacji o dużej objętości, dużej zmienności lub dużej różnorodności, które wymagają zaawansowanych form przetwarzania w celu wspomaganie odkrywania nowych zjawisk i trendów oraz optymalizacji podejmowanych decyzji. Termin „big data” odnosi się do dużych, zmiennych i różnorodnych zbiorów danych, których przetwarzanie i analiza jest trudna, ale jednocześnie z punktu użytkownika wartościowa, ponieważ może prowadzić do

zdobycia nowej wiedzy. Pojęcie „dużego zbioru danych” jest względne i oznacza sytuację, gdy zbioru nie da się przetwarzać przy użyciu tradycyjnych, powszechnie dostępnych metod. Big data ma zastosowanie wszędzie tam, gdzie dużej ilości różnorodnych danych cyfrowych towarzyszy potrzeba zdobywania nowych informacji lub wiedzy.

## BIG DATA

Z zagadnieniem „big data” wiąże się kategoria „hurtowni danych”. Jest to rodzaj bazy danych, która jest zorganizowana i zoptymalizowana pod kątem pewnego wycinka rzeczywistości. Tworzy się je w sytuacjach, gdy potrzebne dane istnieją, lecz struktury baz danych, w których są zgromadzone uniemożliwiają praktyczny nieskrępowany do nich dostęp. Często bezpośredni dostęp jest ograniczany z uwagi na bezpieczeństwo transakcji lub poufność niektórych informacji. Hurtownie danych ułatwiają wspieranie podejmowania decyzji, w warunkach niepełnej diagnozy czynników na nią wpływających, które do tej pory analizowane były niezależnie. Wymagają przepływu dużych ilości danych. W praktyce hurtownie są bazami danych integrującymi dane z różnych źródeł. Integracja ta następuje w wyniku cyklicznego zasilania hurtowni danymi z różnych, nawet rozproszonych systemów.

Hurtownia danych stanowi zatem rozbudowaną bazę danych, przechowującą olbrzymią ilość danych zbieranych w odpowiednich odstępach czasu. Przeprowadzane na zgromadzonych danych operacje mają wyłącznie charakter analityczny - wyszukiwanie i analiza. Nie stosuje się ich edycji ani typowych transakcji (operacji). Ze względu na ilość i tematykę danych przeprowadzane analizy mogą polegać na szukaniu trendów, zależności, wzorców itp. Stosowana tu, eksploracja danych („data mining”) generuje pewną formę wiedzy z olbrzymiej ilości danych. Przeprowadzane na hurtowniach danych wyszukiwania mają najczęściej charakter wielowymiarowy – nie ograniczają się bowiem tylko do jednego zasobu lecz korzystają z wielu relacji. Dane przechowywane w hurtowni są tematycznie spójne (dotyczą konkretnego problemu lub instytucji) oraz zintegrowane, co najczęściej cechuje się centralizacją ich przechowywania. Istnieją również zawężone tematycznie hurtownie danych nazywane minihurtowniami danych, które mogą istnieć jako oddzielne jednostki lub stanowić element większych hurtowni danych.

*Model pracy z zasobami hurtowni danych ma trzy podstawowe cechy: duża ilość danych, duża zmienność danych i duża różnorodność danych. Przebiega on w czterech podstawowych fazach:*

- *dobór i pozyskanie danych, w pierwszej kolejności tych najłatwiej dostępnych;*
- *wnioskowanie z zastosowaniem technik analitycznych i wiedzy ekspertów;*
- *wzbogacanie o dodatkowe informacje uzyskane w sieci lub wytworzone z użyciem słowników i baz referencyjnych;*
- *weryfikacja stawianych hipotez i wniosków.*
- *Konieczne jest też wartościowanie, czyli szacowanie, jakie znaczenie dla analizowanego problemu ma specyficzna analiza.*

## 10.5

### Przemiany form pracy

Rozpatrując współczesne potrzeby planowania przestrzennego i zarządzania przestrzenią pod względem warsztatu analitycznego można posłużyć się analogią analityki we współczesnym biznesie. „*Business intelligence*” to dziś pojęcie o szerokim znaczeniu, najogólniej przedstawiane jako proces przekształcania danych w informacje, a informacji w wiedzę, która może być wykorzystana do zwiększenia konkurencyjności przedsiębiorstwa. Proces ten opiera się na połączeniu możliwości systemu komputerowego i jego oprogramowania z bazami danych, co łącznie umożliwia prowadzenie w czasie rzeczywistym analiz dostarczających potrzebną informację i kształtujących wiedzę managerów. Efektywne prowadzenie analityki biznesowej jest silnie uzależnione od istnienia hurtowni danych, udostępniających jednolite i powiązane dane zgromadzone w różnorodnych miejscach oraz różnego rodzaju narzędzi analitycznych. Techniki

prezentacyjne dobierane są odpowiednio do potrzeb użytkownika, tak aby uniknąć konieczności przeglądania gąszczy liczb a korzystać z zaawansowanych technik wizualizacji. Wydaje się, że w tym kierunku zmierza analityka przestrzenna, z całą swoją odmiennością, choć realizująca zbliżone cele.

Niebezpieczeństwa związane ze stosowaniem tego typu analiz wiążą się przede wszystkim z brakami wiedzy analityków co do istoty danych lub złożoności problemów, których analizy się podejmują (ignorancja lub pomyłki powodujące nie dostrzeganą nieadekwatność wyników analizy do występujących procesów lub tendencyjna interpretacja faktów), oraz zbyt częste oczekiwanie od systemów analitycznych jednoznacznych, prostych odpowiedzi, czy wskazania „*jedynie słusznego rozwiązania*”, co w zarządzaniu, także rozwojem przestrzennym jest praktycznie niemożliwe do zrealizowania.

W planowaniu przestrzennym pojawia się więc nowa specjalność, jeśli nie nowy zawód - analityk przestrzenny. Od dalszego biegu wydarzeń będzie zależało, gdzie instytucjonalnie zawód ten zostanie umiejscowiony: czy u dostawcy danych przestrzennych, w tym teledetekcyjnych i związanych z nimi usług czy w gronie służb planistycznych. Zapewne specjaliści tych zagadnień znajdują się w obu tych strukturach. Jest to konieczne, gdyż w wyniku przyspieszenia procesów rozwoju w ostatniej dekadzie wychodzi na jaw wiele istotnych braków w zakresie wiedzy o przestrzeni. Często wydaje się, że coś wiemy, ale tkwimy w błędzie – przykładem może być opisana sprawa urzędowej klasyfikacji gruntów, czy powierzchni obszarów zieleni, gdzie w oficjalnych rejestrach występuje czterokrotne niedoszacowanie ich ilości. Jaka to więc może być podstawa podejmowania decyzji?

Dostęp do danych przestrzennych wymaga określonej rzetelności, współpracy, otwartości, zaufania i wzajemności. Leżały one u podstaw dyrektywy INSPIRE, której realizacja została ostatnio w pewnym stopniu zamrożona. Ale zainicjowała ona szereg badań, także dotyczących sfery planowania przestrzennego. Ważnym wynikiem tych badań było wykazanie, że w planowaniu przestrzennym warunkiem skutecznej cyfryzacji i harmonizacji jest standaryzacja danych. Jest to dużą bolączką polskiego systemu planowania, iż standaryzacji takiej brak, a nawet tradycyjne (historyczne) standardy w wyniku regresu systemu planowania zostały zatarte.

*Systemy informacji przestrzennej w Polsce w dużym stopniu mają przede wszystkim znaczenie marketingowe dla wizerunku obszaru lub pozyskiwania inwestorów. Rzadko są one na bieżąco aktualizowane, i w takich wypadkach nie stanowią rzetelnego źródła danych. Ich utrzymywanie wiąże się z wysokimi kosztami, co nie zawsze, lecz ze szlachetnymi wyjątkami, znajduje zrozumienie u władz. W zakresie cyfryzacji planowania przestrzennego obserwować można ograniczoną pomysłowość, planiści uważają, iż w tym zakresie wystarczy publikacja dokumentów planistycznych w sieci, ale i to rodzi problemy także prawno-administracyjne, nie mówiąc już o problemach związanych z brakiem georeferencyjności. Środowisku planistów oraz instytucjom kreującym system planowania przestrzennego konieczna jest wysoka kreatywność, aby wyrwać się z tego trwałego stagnacyjnego kręgu niemożności.*





Na razie największe zainteresowanie środowisk profesjonalnych budzą techniki wizualizacji, powodując niemal zachwyt, oferując coś, co bardzo trudno jest osiągnąć „ręcznie”. Mieści się to w dominującym nurcie zainteresowań kwestiami prezentacji i publikacji dokumentów planistycznych. Pojawia się pytanie czy tego typu narzędzia są efektywne, także w relacji nakłady/efekty, oraz czy niosą niezbędną wartość dodaną - czy wzbogacają wiedzę czy tylko ułatwiają promocję wypracowanych idei. Wydaje się, że nadszedł już czas na szersze zaprzęgnięcie technologii cyfrowych także w zadania z zakresu pozyskiwania informacji, w tym technologiami teledetekcji i cyfrowego przetwarzania. Tu pole tego, czego nie potrafimy pozyskać „ręcznie” jest znacznie szersze. Bez nowej technologii planistom pozostaje zawodna intuicja, a polityka przestrzenna słabo opiera się o fakty. Jednak prawdopodobnie w najbliższych latach techniki wizualizacji, mimo, że merytorycznie najmniej przydatne, będą dominować w zastosowaniach planistycznych. Podobnie jak cała technologia cyfrowa tylko przez część użytkowników wykorzystywana jest do czegoś więcej niż edycja tekstu i prosta komunikacja przez internet. Ale dominacja technik prezentacyjnych będzie prawdopodobnie tylko chwilowa. Coraz wyraźniej zaczną rozwijać się techniki analityczne, umożliwiające efektywny monitoring przestrzenny.

## 10.6

### Aspekt społeczny

Tradycyjne zarządzanie rozwojem przestrzennym oparte jest w dużym stopniu na inżynierskiej dedukcji potrzeb mieszkańców i ujmowania ich w normach czy standardach planistycznych. Planowanie przestrzenne jest formą interwencji publicznej, którego instrumentem stało się ustalanie reguł użytkowania przestrzeni i strefowanie podstawowych funkcji. Ale to nie wyczerpuje katalogu współczesnych potrzeb społecznych i oczekiwań mieszkańców wobec swego udziału w przekształcaniach środowiska. Potrzeby ludzkie mają bowiem charakter dynamiczny, a część z nich jest subiektywna, czyli nie dająca się w prosty sposób przewidywać. Wynikają one w dużym stopniu z zależności człowieka od otoczenia. W psychologii i ekonomii używa się modelu hierarchii potrzeb (model Masłowa), jako sekwencji potrzeb od najbardziej podstawowych (wynikających z funkcji życiowych), do potrzeb wyższego poziomu, które aktywizują się dopiero po zaspokojeniu niższych.



Rys. 10.2:Dwa zupełnie różne krajobrazy, oba wykształcone przez człowieka. (źródło: SmallGIS).

Określone kategorie potrzeb pojawiają się dopiero na kolejnych, coraz wyższych poziomach rozwoju cywilizacyjnego i dobrobytu. Do ważnych potrzeb w społeczeństwach wysoko rozwiniętych należą potrzeby poczucia przynależności do określonej grupy, szacunku, uznania i samorealizacji. Dla ich zaspokojenia konieczne jest pogłębianie demokracji i włączanie społeczne, np. poprzez model „społeczeństwa obywatelskiego”. Stąd polityki publiczne powinny być społecznie włączające, także na etapie planowania, by móc rozpoznać i zaspokoić potrzeby wyższego rzędu, a zakres tego włączenia będzie zależał od poziomu dobrobytu i odpowiadającemu mu społecznemu systemowi wartości i odpowiedzialności (Borsa M., 2015).

Dzięki przemianom politycznym ostatniego ćwierćwiecza w Polsce wzrósł znacząco poziom rozwoju cywilizacyjnego. W ślad za tym wzrosła też świadomość społeczna i oczekiwania co do poziomu zaspokojenia potrzeb społecznych oraz indywidualnego wpływu na procesy rozwoju. Poziom życia oceniany zaczyna być nie tylko poprzez indywidualne dochody, ale również poprzez jakość otoczenia, oraz przez możliwość bezpośredniego wpływu na jego kształt. Polski system planowania rozwoju, a zwłaszcza system planowania przestrzennego, nie jest dostosowany do tych nowych wyzwań. Będące jego częścią procedury uzgodnieniowe są przestarzałe i prowadzą do specyficznej, kontestującej partycypacji społecznej – tj. protestów przeciw zamierzeniom władz.

Niektóre gminy podejmują na własną rękę próby wypracowywania udoskonalonych procedur debaty publicznej, wysokie jest też zaangażowanie organizacji pozarządowych, przede wszystkim tzw. „ruchów miejskich”. Rozwija się dyskusja na temat „planowania partycypacyjnego”. Jesteśmy świadkami eksplozji entuzjazmu młodych profesjonalistów i pasjonatów dla animacji społecznego zaangażowania w sposoby zagospodarowania przestrzeni. To piękny okres, dzięki któremu zagadnienia te budują swoją pozycję w życiu społecznym. Jednak, aby ten entuzjazm oraz wywołane nim społeczne zaangażowanie i wzrost świadomości przerodził się w lepszy stan przestrzeni, należy wypracować udoskonalone mechanizmy uwzględniania ich woli w procesie rozwoju przestrzennego dla identyfikacji ze wspólnym interesem (Markowski T., Borsa M., 2015a).



*Partycypacja obywatelska w procesach rozwoju zależy od wiedzy i stopnia świadomości, co oznacza konieczność odpowiedniego dostępu do informacji odbiorców a jednocześnie uczestników tego procesu. Większa dostępność informacji, wynikająca ze stosowania nowoczesnych technologii ich pozyskiwania, w tym szczególnie technik teledetekcji, sprzyja wzrostowi zaangażowania obywateli w procesy decyzyjne dotyczące kształtowania przestrzeni. Otwiera zatem drogę wzmocnieniu społeczeństwa obywatelskiego.*

Polityka przestrzenna należy do sfery tzw. polityk publicznych, rozumianych jako sfera świadomych i zorganizowanych działań państwa i społeczeństwa wokół problemów publicznych. Polityka przestrzenna spełnia wszystkie kryteria polityk publicznych. Jest to bowiem planowa działalność polegająca na wykorzystywaniu znajomości praw rządzących kształtowaniem i użytkowaniem przestrzeni w celu najbardziej racjonalnego jej zagospodarowania. W ramach polityki przestrzennej władze publiczne ustalają cele i środki kształtowania zagospodarowania przestrzeni w określonych, zmiennych w czasie warunkach zewnętrznych – społecznych, ekonomicznych, technicznych, a także politycznych. Polityka przestrzenna wpływa na działania podejmowane przez liczne podmioty, czynnie zmieniające kształt tego środowiska. Każdy z tych podmiotów kieruje się własnymi celami i motywami w swej ingerencji w terytorium, ogólniej mówiąc – przestrzeń. Tylko nieliczne z tych podmiotów mają świadomość bezpośrednich, a jeszcze rzadziej pośrednich, uwarunkowań i skutków swego działania. Wprawdzie wpływ każdego z nich na świat realny jest wycinkowy, ale ze względu na liczbę takich podmiotów sumaryczny efekt ich działania jest znaczący. W związku z pewną przypadkowością tych działań nie można mieć pewności co do sumarycznego skutku, jaki za sobą przyniosą (Markowski T., Borsal M., 2015b).

Poprzez właściwą politykę przestrzenną władze mogą ograniczać potencjalny chaos, wynikający z tej przypadkowości. Obowiązek prowadzenia polityki przestrzennej zawarty jest w polskim prawie, wyznaczającym zakres formalnych kompetencji władz poszczególnych szczebli w tej sferze. Interwencje władz mogą przybierać różne formy i różne nasilenie. Działania te można ułożyć w tzw. drabinę interwencji: na najniższym szczeblu władze powstrzymują się od działania, a na najwyższym narzucają swoje rozwiązania, czyli eliminują wybór obywatelowi, tworząc szczególne zakazy i ograniczenia. Ale władze mogą działać także na rzecz zwiększania skali wyboru, które ma



przed sobą obywatel, lub nakierowywać go na niedokonywanie określonych wyborów, utrudniając dostęp do niektórych możliwości, lub na dokonanie określonego wyboru czy zmianę przyzwyczajeń. Zakres instrumentów oddziaływania jest dość szeroki, poza przecenianą w Polsce sferą prawno-regulacyjną. Jest nim m.in. polityka informacyjna, polegająca na dostarczeniu społeczeństwu odpowiednich informacji i umożliwienia dostępu do nich, tak aby każdy obywatel mógł świadomie podejmować indywidualne decyzje dotyczące zachowań przestrzennych,

## 10.7

### Kierunki przemian

Polski system planowania przestrzennego przy okazji reform ustrojowych został w dużym stopniu zdemontowany. Do jego niezbędnych reform nie można jednak podchodzić w sposób sztywny,

doszukując się w interwencji publicznej środka zaradczego, który może wyeliminować wszystkie ujemne skutki działania rynku w zurbanizowanej przestrzeni. Planowanie przestrzenne daje cenny wkład w kształtowanie przyszłości; pomaga rozpoznać konflikty interesów i konserwować najcenniejsze zasoby, projektuje zmiany przestrzenne i społeczne, wspomaga harmonijną ewolucję społeczności lokalnych i wspiera optymalne użytkowanie zasobów. Jest działalnością zarówno zarządczą, jak i twórczą, katalizatorem przekształceń struktury obszarów miejskich i wiejskich. Ma swój udział w tworzeniu istniejącego i przyszłego charakteru organizacji społecznych i ekonomicznych oraz współdecyduje o jakości środowiska (Markowski T., Borsa M., 2017e).

Poprzez wielostronne czynności planowania, a nie tylko sporządzanie planów, można ograniczać wewnętrzne ułomności instytucjonalne systemu planowania przestrzennego. Warunkiem jest zwiększanie zakresu współwładania, współodpowiedzialności i rzeczywistej partycypacji społecznej w procedurach planowania. Przyjęta przez rząd Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do 2020r. (z perspektywą do 2030 r.) w znaczącym stopniu dotyczy zagadnień przestrzeni – jej odpowiedzialnego wykorzystania i umiejętnego zarządzania. Ma ona stać się „główną, krajową strategią rozwojową, określającą podstawowe uwarunkowania, cele i kierunki rozwoju kraju w wymiarze społecznym, gospodarczym, regionalnym i przestrzennym”. Odpowiedzialnemu wykorzystaniu zasobów przestrzeni służyć ma zaproponowany w SOR „[nowy model rozwoju](#)”, rozumiany jako „[rozwój odpowiedzialny oraz społecznie i terytorialnie zrównoważony, oparty przede wszystkim o indywidualny potencjał terytorialny, inwestycje, innowacje i rozwój](#)”.

*Zrównoważenie terytorialne polegać ma m.in. na wzmocnieniu zdolności do planowania i prowadzenia działań rozwojowych, szczególnie na poziomie lokalnym, także w ramach współpracy między samorządami. SOR stwierdza wprost, iż w świetle przebudowy całego systemu zarządzania rozwojem przewidywane jest określenie właściwego podejścia do planowania przestrzennego i uwzględnienie wymiaru przestrzennego w strategiach sektorowych. Ten aspekt często nazywany jest „terytorializacją” polityk rozwojowych. Brak koordynacji między działaniami rozwojowymi i brak bezpośredniego odniesienia ich do przestrzeni przekłada się bowiem na nieefektywność interwencji publicznej oraz problemy w zakresie ochrony interesu publicznego. Właściwe funkcjonowanie zapowiadanego w SOR zintegrowanego systemu planowania rozwoju w wymiarze społecznym, gospodarczym i przestrzennym będzie zdecydować o skuteczności przyszłej polityki rozwoju (Markowski T., Borsa M., 2017d).*

Sfera planowania przestrzennego miała dotąd dość luźne związki ze sferą gospodarczego i społecznego programowania rozwoju. System zarządzania przestrzenią ukształtowany został zasadniczo przed procesem transformacji i w ostatnich dwóch dekadach przeszedł jedynie ograniczony proces dostosowawczy. Z czasem przestał on być skuteczny, a jego wdrożeniowa i regulacyjna rola systematycznie spadała. Brak dostosowania do tempa i zakresu procesów



inwestycyjnych związanych z transformacją i akcesją do UE sprawił, że zaczął być on postrzegany jako bariera rozwoju. W systemie prawnym dotyczącym rozwoju przestrzennego pojawiły się rozwiązania omijające proces planowania, co przejściowo usprawniało realizację ambitnych inwestycji publicznych, takie jak „specustawy”. Jednocześnie system ten otworzył drzwi dla patologii, spekulacji gruntami, utraty kontroli władz nad procesami zagospodarowywania przestrzeni, a w rezultacie m.in. dla znaczącego wzrostu kosztów funkcjonowania samorządów. Straty zaczęła też ponosić cała gospodarka, wzrosła niepewność i ryzyko inwestycyjne sektora prywatnego (Markowski T., Borsa M., 2017c).

Ten stan wymaga reform, które przewidziane są w Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (SOR), a polegają m.in. na integracji dotychczasowego systemu programowania rozwoju z systemem planowania przestrzennego. Ma ona zniwelować słabości obu sfer planowania, a wykorzystać ich silne strony: komponent wdrożeniowy programowania rozwoju i komponent analityczno-prognostyczny rozwoju terytorialnego w systemie planowania przestrzennego, co umożliwiłoby pełniejsze uwzględnienie lokalnych uwarunkowań i lepsze wykorzystanie potencjałów rozwoju.

## AGENDA MIEJSKA

W maju 2016 r. w Amsterdamie, przyjęto Pakt Amsterdamski, ustanawiający program rozwoju miast, zwany Agendą Miejską Unii Europejskiej. Deklarując powiązania z innymi dokumentami: Nową Agendą Miejską ONZ oraz globalnymi Celami Zrównoważonego Rozwoju, sprzyjać ma ona wyraźniejszemu oparciu lokalnego rozwoju o miejscowe zasoby (endogeniczność), kładąc przy tym nacisk na wielopoziomowe zarządzanie. W wielu krajach europejskich obserwuje się niezdolność rozpoznania faktycznych

potrzeb czy motywacji biznesu i mieszkańców a praktyka przyjmowania ujednoliconych wzorców wspartych dotacjami, rodzi fasadowość zaangażowania społecznego, zaś w sferze gospodarczej brak trwałości. Czas ujednoliconych dotacji wygasa, UE nie ma dość środków, procedury odstraszały beneficjentów a priorytety bywają dalekie od faktycznych wyzwań i problemów. Pakt Amsterdamski ma być początkiem nowego podejścia w tej mierze, wykorzystującym w większym stopniu wiedzę o lokalnych uwarunkowaniach rozwoju (Markowski T., Borsa M., 2017a).

*Planowanie przestrzenne, mimo opóźnienia, będzie więc coraz wyraźniej podlegać nowym wyzwaniom cywilizacyjnym, a w warstwie technologicznej wpływom rewolucji informatycznej. W „erze informacyjnej”, dostęp do informacji nabiera bowiem kluczowego znaczenia we wszystkich sferach ludzkiej aktywności. Planowanie przestrzenne ze swej istoty wspiera rozwój wiedzy w tym zakresie, co polega na zbieraniu, weryfikacji, porządkowaniu, zestawianiu, produkowaniu a wreszcie udostępnianiu informacji. Jest usługą informacyjną, ale rodzi istotne skutki materialne, regulując procesy inwestycyjne w przestrzeni a szerzej – przekształcenia przestrzenne i zachowania*



*przestrzenne różnego typu podmiotów. Kształt przestrzeni i wiedza na ten temat mają decydujący wpływ na działania i zachowania człowieka: jego pracę, wypoczynek, edukację, relacje z innymi ludźmi a także inwestycje. W konsekwencji indywidualne wybory miejsca zamieszkania, lokalizacji aktywności gospodarczej, zatrudnienia, nauki czy rekreacji są jednymi z ważniejszych czynników rozwoju, szczególnie na poziomie lokalnym.*

Dlatego bardzo ważne jest poznanie przez planistów możliwości, jakie już dziś udostępnia teledetekcja, aby móc wykorzystać jej źródła do prac planistycznych. Rozwój zastosowań wpływa z drugiej strony na rozwój techniki a tym samym rozszerzanie możliwości nowych, przydatnych planistom badań. To praktyczne potrzeby, definiowane przez użytkowników, będą wyznaczać główne kierunki prac nad pozyskiwaniem i obróbką techniczną zdalnie pozyskiwanych danych. Rozwój zaangażowania oraz wzajemnej współpracy specjalistów od planowania przestrzennego i od teledetekcji ma sprzyjać głębszemu poznaniu i sprawniejszemu zarządzaniu procesami przebiegającymi w przestrzeni a w rezultacie – lepszemu kształtowi otaczającej nas przestrzeni i zrównoważeniu procesów w niej przebiegających.





# SŁOWNIK TERMINÓW

**Aktywne systemy teledetekcyjne** – systemy teledetekcyjne, których zasada działania oparta jest na wysłaniu sygnału, a następnie zarejestrowania odbitego echa.

**Analiza przestrzenna** – jest zbiorem procedur wykonywanych na danych przestrzennych w określonej kolejności za pomocą funkcjonalności udostępnianych przez systemy informacji przestrzennej. Wynikiem analizy jest informacja w postaci nowego zestawu danych przestrzennych, tabel bądź wartości liczbowych.

**Baza danych** – zbiór wzajemnie powiązanych danych, przechowywanych w pamięci komputerów i wykorzystywanych przez programy użytkowe instytucji lub organizacji wraz z oprogramowaniem umożliwiającym definiowanie, wykorzystywanie i modyfikowanie tych danych

**Chmura punktów** – zbiór punktów otrzymanych w trakcie pomiaru metodą skaningu laserowego, zawierający informację o położeniu punktów w trójwymiarze i intensywności odbicia wiązki laserowej.

**Dane przestrzenne** – dane dotyczące obiektów, zjawisk i procesów zachodzących w przestrzeni, zawierające, co najmniej informację o ich położeniu (współrzędnych) w przyjętym układzie współrzędnych.

**Dyrektywa INSPIRE** – ang. Infrastructure for Spatial Information in the European Community, Infrastruktura Informacji Przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej. Zespół środków prawnych, organizacyjnych i technicznych wraz z powiązanymi z nimi usługami oferujący powszechny dostęp do danych przestrzennych na terenie Unii Europejskiej.

**Fale radiowe** – fale elektromagnetyczne o częstotliwości od 3000 GHz do 3 kHz (długość od 0,1 mm do 100 km)

**Echolokacja** – fiz.aktywna metoda poszukiwania, wykrywania i określania położenia (lokacji) obiektów za pośrednictwem sygnałów nadanych (wysłanych przez źródło — operatora); biol. zdolność niektórych zwierząt do znajdowania przeszkody lub identyfikacji ofiary na podstawie porównania charakterystyki wydanych przez siebie dźwięków z dźwiękami (echem) odbitymi od obiektu;

**Echo radiowe** – zjawisko powtórnego odbioru tego samego sygnału radiowego;

**Ewidencja Gruntów i Budynków (EGiB)**– system informacyjny zapewniający gromadzenie, aktualizację oraz udostępnianie, w sposób jednolity dla kraju, informacji o gruntach, budynkach i lokalach, ich właścicielach oraz o innych podmiotach władających lub gospodarujących tymi gruntami, budynkami lub lokalami.

**Druk 3D, drukowanie przestrzenne** – proces wytwarzania trójwymiarowych, fizycznych obiektów na podstawie komputerowego modelu z użyciem tzw. drukarek 3D.

**Fotogrametria** – dziedzina nauk techn. zajmująca się pozyskiwaniem, przekształcaniem, prezentacją i gromadzeniem informacji (ilościowych i jakościowych) dotyczących danego terenu lub obiektu na podstawie zdjęć fotogrametrycznych (tzw. fotogramów) lub ich reprezentacji cyfrowych (PWN).

**Geodezyjny pomiar fotogrametryczny** – geodezyjny pomiar sytuacyjny lub wysokościowy wykonywany na modelu terenu utworzonym z przetworzonych zdjęć lotniczych lub satelitarnych.

**Geodezyjny pomiar kartometryczny** – geodezyjny pomiar sytuacyjny wykonywany na mapie analogowej lub jej skalibrowanym zobrazowaniu cyfrowym oraz na ortofotomapie.

**Geodezyjny pomiar terenowy** – geodezyjny pomiar sytuacyjny lub wysokościowy wykonywany bezpośrednio w terenie.

**Geoportal** – portal internetowy udostępniający usługi danych przestrzennych.

**Hiperspektralne zobrazowania** – zobrazowania teledetekcyjne charakteryzujące się bardzo wysoką rozdzielczością spektralną – powyżej 100 kanałów spektralnych.

**Indeksy wegetacji (VI, NDVI)** – wskaźniki teledetekcyjne, tworzone za pomocą operacji matematycznych na wybranych kanałach zobrazowań multispektralnych. Wartość wskaźnika dla poszczególnych pikseli obrazu pozwala ocenić ilość biomasy roślinnej na jego obszarze.

**Interferometria radarowa (InSAR)** – metoda teledetekcyjna wykorzystująca wzajemne przesunięcia fazy sygnału dwóch zobrazowań SAR tego samego obiektu wykonanych z nieznacznie różnych pozycji. W oparciu o różnice fazy odpowiadających sobie sygnałów radarowych z kolejnych zobrazowań SAR uzyskuje się informację o wartościach względnych rzędnej powierzchni terenu lub jej zmianach w czasie.

**Kartometryczność** – właściwość mapy charakteryzująca możliwość wykorzystania obrazu mapy do przeprowadzenia pomiarów.

**Kamera fotogrametryczna** - przyrząd do wykonywania zdjęć fotograficznych, zapewniający wierne odwzorowanie perspektywiczne fotografowanego obiektu

**Nadzorowana klasyfikacja obrazów multispektralnych** – klasyfikacja, gdzie w pierwszym etapie operator dokonuje wskazania grup pikseli należących do poszczególnych klas użytkowania/pokrycia terenu (tzw. „pól treningowych”). Na podstawie statystyk wyliczonych dla pól treningowych pozostałym pikselom obrazu zostają przypisane odpowiednie klasy.

**Nienadzorowana klasyfikacja obrazów multispektralnych** – klasyfikacja, gdzie w pierwszym etapie zostają utworzone w sposób automatyczny (bez udziału operatora) wzorce klas. Dalszy proces jest analogiczny jak w przypadku klasyfikacji nadzorowanej.

**Obiektowa klasyfikacja obrazów multispektralnych** – metoda, w której przed przystąpieniem do klasyfikacji obraz podlega segmentacji (podziałowi na obiekty), następnie przeprowadzana jest właściwa klasyfikacja obrazu.

**Obraz panchromatyczny** – obraz powstały w wyniku rejestracji promieniowania elektromagnetycznego z zakresu całego spektrum widzialnego.

**Lidar** – (ang. Light Detection and Ranging), urządzenie służące do wykrywania obiektów i pomiaru odległości od nich za pomocą impulsów świetlnych;

**Mikrofale** – fale radiowe o częstotliwości od 300 MHz do 3 THz (o długości od 1 m do 0,1 mm), promieniowanie mikrofalowe jest wykorzystywane w radarach.

**Multispektralne zobrazowania** – zobrazowania teledetekcyjne charakteryzujące się rozdzielczością spektralną na poziomie kilku kanałów spektralnych. Najczęściej są to trzy kanały z zakresu widzialnego (czerwony, zielony i niebieski) oraz dodatkowe pasma z zakresu promieniowania podczerwonego.

**Ortofotomapa** – mapa ortofotograficzna, obraz terenu otrzymany z przetworzenia zestawu zdjęć fotogrametrycznych (ortofotografii), pozbawionych błędów niejednorodności skali, wynikających z odchylenia osi optycznej kamery fotograficznej od pionu oraz z różnic wysokości różnych punktów obrazowanego terenu.

**Pasywne systemy teledetekcyjne** – systemy teledetekcyjne, których zasada działania oparta jest na rejestracji sygnału pochodzącego ze źródeł zewnętrznych (wysyłanego lub odbijanego przez rejestrowany obiekt). Najczęściej rejestrowane jest promieniowanie słoneczne odbite od powierzchni Ziemi.

**Piksel** – najmniejszy, podstawowy element obrazu, o określonych jednolitych cechach optycznych, reprezentowanych przez określone wartości liczbowe;

**Promieniowanie podczerwone, promieniowanie IR, promieniowanie infraczerwone, podczerwień** – promieniowanie elektromagnetyczne o fali długości 0,76–ok. 2000  $\mu\text{m}$ , niewywołujące wrażen wzrokowych u człowieka;

**Promieniowanie widzialne** – promieniowanie elektromagnetyczne o fali dł. ok. 0,4–ok. 0,76  $\mu\text{m}$  wywołujące u ludzi wrażenie wzrokowe.



**Radar syntetyczną aperturą, SAR** – radar służący do uzyskiwania obrazów nieruchomych obiektów o wysokiej rozdzielczości. Radar taki jest wykorzystywany do tworzenia obrazów powierzchni ziemi oraz innych planet z zastosowaniem technik teledetekcji.

**Raster, obraz rastrowy** – obraz w postaci jedno- bądź wielowymiarowej tablicy pikseli o określonych wartościach jasności, ułożonych w rzędy i kolumny;

**Rozdzielczość czasowa** – rozdzielczość określona odstępem czasowym między kolejnymi zobrazowaniami tego samego obszaru

**Rozdzielczość przestrzenna** – rozdzielczość określona przez wielkość piksela, będącego podstawową, najmniejszą jednostką powierzchni obrazu cyfrowego.

**Rozdzielczość radiometryczna** – rozdzielczość określona przez liczbę poziomów szarości, na jakich może zostać zapisany sygnał.

**Rozdzielczość spektralna** – rozdzielczość określona przez wartość szerokości połówkowej filtrów zastosowanych w instrumencie rejestrującym promieniowanie.

**Rozwój zrównoważony** – rozwój społ.-ekonomiczny współczesnych społeczeństw, polegający na zaspokajaniu ich potrzeb w taki sposób, aby nie zmniejszać możliwości zaspokajania potrzeb przyszłym pokoleniom.

**Sensor** – urządzenie lub substancja, w których pod działaniem bodźców (np. promieniowania, zmian temperatury), pochodzących od badanego obiektu, zachodzą zmiany dostarczające informacji o tym obiekcie.

**Sodar(ang. Sonic Detection And Ranging)** – przyrząd służący do akustycznego sondowania atmosfery;

**Sonar(ang. Sound Navigation and Ranging)** – urządzenie do wykrywania i określania położenia obiektów znajdujących się pod wodą, wykorzystujące fale dźwiękowe i ultradźwiękowe odbite od tych obiektów;

**Skaning laserowy** – metoda obrazowania powierzchni terenu, polegająca na pomiarze odległości między obiektem objętym pomiarem a urządzeniem (skanerem), zainstalowanym na statku powietrznym, na samochodzie lub na stanowisku stacjonarnym, emitującym i odbierającym impulsy laserowe odbite od tego obiektu, z jednoczesnym wyznaczaniem współrzędnych przestrzennych (X, Y, Z), określających położenie tego urządzenia w przestrzeni, oraz kierunku promienia laserowego w momencie wysłania impulsu;

**Stereodigitalizacja** – proces pozyskiwania trójwymiarowych danych geometrycznych o obiektach znajdujących się a powierzchni terenu, oparty na interpretacji obrazu i pomiarze kluczowych punktów obiektu na obrazie stereoskopowym.

**Stereopara** – dwa płaskie obrazy (zdjęcia) tego samego obiektu, ukazujące go pod nieco innym kątem (jeden odpowiada obrazowi widzianemu przez prawe oko, a drugi — przez lewe); w wyniku oglądania stereopary w taki sposób, że każde oko widzi tylko jeden z dwóch obrazów, uzyskuje się jeden obraz przestrzenny.

**Stereoskopia** – Metoda otrzymywania przestrzennych obrazów obiektów; polega nawytwarzaniu dwóch dwuwymiarowych obrazów obiektu, tzw. par stereoskopowych, odpowiadających jego obrazom widzianym oddzielnie przez prawe i lewe oko; zlanie się pary stereoskopowej w jeden widzialny obraz uzyskuje się oglądając jednocześnie każdym okiem przeznaczony dla niego obraz;

**Superspektralne zobrazowania** – zobrazowania teledetekcyjne charakteryzujące się wysoką rozdzielczością spektralną – kilkudziesięciu kanałów spektralnych.

**Systemy informacji geograficznej** – system informacyjny służący do wprowadzania, gromadzenia, przetwarzania oraz wizualizacji danych geograficznych, którego jedną z funkcji jest wspomaganie procesu decyzyjnego. Każdy system GIS składa się z: bazy danych geograficznych, sprzętu komputerowego, oprogramowania oraz twórców i użytkowników GIS.

**Teledetekcja** – metoda pozyskiwania informacji o obiektach i zjawiskach zachodzących na Ziemi (także na innych planetach) za pomocą urządzeń nie będących w bezpośrednim kontakcie z badanym obiektem;

**Teledetekcja satelitarna** – dziedzina teledetekcji obejmująca pomiary przeprowadzane przy użyciu urządzeń (gł. kamer fot., radiometrów, skanerów, radiolokatorów, grawimetrów, magnetometrów) umieszczanych w sztucznych satelitach.

**True ortho** – („prawdziwa ortofotomapa”) ortofotomapa, na której wszystkie obiekty zrektyfikowane są do położenia ortogonalnego.

**Urban** – sprawl, eksurbanizacja - proces poszerzania się miejskich terytoriów na obszary o mniej intensywnej urbanizacji, takich jak przedmieścia i obszary wiejskie, wynikający ze wzrostu liczby ludności.

**Wektor, obraz wektorowy** – obraz opisany za pomocą figur geometrycznych (w przypadku grafiki dwuwymiarowej) lub brył geometrycznych (w przypadku grafiki trójwymiarowej), umiejscowionych w matematycznie zdefiniowanym układzie współrzędnych, odpowiednio dwu- lub trójwymiarowym.

**Wirtualna rzeczywistość (VR)** – obraz sztucznej rzeczywistości stworzony przy wykorzystaniu technologii informatycznej. Polega na multimedialnym kreowaniu komputerowej wizji przedmiotów, przestrzeni i zdarzeń.

**Wysokorozdzielcze zobrazenia satelitarne (VHRS)** – zobrazenia satelitarne o bardzo wysokiej rozdzielczości (poniżej jednego metra), porównywalnej z rozdzielczością małoskalowych zdjęć lotniczych.

**Zdjęcia fotogrametryczne** – zdjęcie fotograficzne wykonane ze statku powietrznego lub stanowiska naziemnego przy użyciu kamery fotogrametrycznej.



# WYKAZ SKRÓTÓW I OZNACZEŃ

ORAZ WYKAZ ILUSTRACJI

## WYKAZ SKRÓTÓW I OZNACZEŃ

**ALS** – lotniczy skaniny laserowy *ang. Airborne Laser Scanning*

**BDOT10k** – Baza Danych Obiektów Topograficznych

**BIM** – Modelowanie informacji o budynku, *ang. Building Information Modeling*

**CAVIS** – *ang. Cloud, Aerosol, Vapor, Ice, Snow*

**CAD** – Projektowanie wspomagane komputerowo, *ang. Computer Aided Design*

**CIR** – *ang. Color InfraRed*

**CODGIK** – Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej

**EBBI** – wzmacniony wskaźnik zabudowy istopnia odkrycia gleb, *ang. Enhanced Built-Up and Bareness Index*

**EEA** – Europejska Agencja Środowiska, *ang. European Environment Agency*

**EGiB** – Ewidencja Gruntów i Budynków

**EUROSTAT** – Europejski Urząd Statystyczny, *ang. European Statistical Office*

**ESA** – Europejska Agencja Kosmiczna, *ang. European Space Agency*

**GDOŚ** – Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska

**GIOŚ** – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

**GIS, SIG** – Systemy Informacji Geograficznej, *ang. Geographic Information Systems*

**GNNS** – Globalny system nawigacji satelitarnej, *ang. Global Navigation Satellite System*

**GPS** – *ang. Global Positioning System*

**GUGIK** – Główny Urząd Geodezji i Kartografii,

**HILUCS** – Hierarchiczny System Klasyfikacji Użytkowania Terenu dla INSPIRE, *ang. Hierarchical INSPIRE Land Use Classification System*

**IBI** – zindeksowany wskaźnik zabudowy, *ang. Index-based Built-up Index*,

**ISOK** – Informatyczny System Osłony Kraju

**INSPIRE** – Infrastruktura Informacji Przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej, *ang. Infrastructure for Spatial Information in the European Community*

**JST** – Jednostki Samorządu Terytorialnego

**KZGW** – Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej

**LIDAR** – *ang. Light Detection and Ranging*

**LMS** – *ang. Land Monitoring Service*

**MPZP** – miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego

**NASA** – Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej, *ang. National Aeronautics and Space Administration*

**NBLI** – znormalizowany wskaźnik gleb odkrytych, *ang. Normalized Difference Bare Land Index*

**NDVI** – znormalizowany różnicowy wskaźnik wegetacji, *ang. Normalized Difference Vegetation Index*

**NDBal** – znormalizowany wskaźnik stopnia odkrycia gleb, *ang. Normalized Difference Bareness Index*

**NDBI** – znormalizowany wskaźnik zabudowy, *ang. Normalized Difference Built-up Index*,

**NDSI** – znormalizowany wskaźnik śniegu, *ang. Normalised Difference Snow Index*

**NDWI** – znormalizowany wskaźnik wody, *ang. Normalized Difference Water Index*

**NIR** – *ang. Near-infrared*

**NDVI** – znormalizowany indeks wegetacji, *ang. Normalized Difference Vegetation Index*

**NMPT** – numeryczny model pokrycia terenu

**NMT** – numeryczny model terenu,

**MIB** – Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa

**MLS** – mobilne skanowanie laserowe *ang. Mobile laser scanning*

**MSWiA** – Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji

**OBIA** – Klasyfikacja obiektowa, *ang. Object-Based Image Analysis*

**PIG** – Państwowy Instytut Geologiczny

**PODGIK** – Powiatowy Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej

**PZP** – plan zagospodarowania przestrzennego

**RADAR** – *ang. Radio detection and ranging*

**SAR** – Radar z syntetyczną aperturą, *ang. Synthetic Aperture Radar*,

**SLAR** – *ang. Side Looking Airborne Radar*

**SODAR** – *ang. Sound Detection and Ranging*

**SUIKZP** – studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego

**SWIR** – *ang. Short Wave InfraRed*

**SRTM** – *ang. Shuttle Radar Topography Mission*

**TLS** – naziemny skanowanie laserowe *ang. Terrestrial laser scanning*

**UAV** – bezzałogowy statek powietrzny, *ang. Unmanned Aerial Vehicle*

**UE** – Unia Europejska

**UI** – indeks urbanizacji, *ang. Urban Index*,

**USGS** – *ang. United States Geological Survey*

**VAC** – współczynnik „chłonności krajobrazu”, *ang. Visual Absorbtion Capacity*,

**VHRS** – satelitarne zobrazowania wysokorozdzielcze, *ang. Very High Resolution Satellite*,

**ZSIN** – Zintegrowany System Informacji o Nieruchomościach

## WYKAZ ILUSTRACJI

**Rys.1.1:** Robot Boston Dynamics dzięki teledetekcji i technikom GNSS zachowuje orientację w przestrzeni i porusza się wśród przeszkód (źródło Boston Dynamics).

**Rys.2.1:** Gołębie pocztowe z aparatem fotograficznym wykonującym zdjęcia co 30s. Rozwiązanie teledetekcyjne objęte ochroną patentową z roku 1903 i współczesny dron (źródło Geoforum.pl\Navigate sp. z o.o).

**Rys.2.2:** Schemat obiegu informacji przestrzennej w warunkach harmonizacji zbiorów danych. Źródło: (Borsa M., 2012).



**Rys.3.1:** Przykładowe przełomowe wydarzenia w rozwoju technologii GIS i teledetekcji (geomatyce) na przełomie dwóch ostatnich dekad.

**Rys.3.2:** Przykład klasyfikacji obiektowej fragmentu ortofotomapy satelitarnej z roku 2002 gminy Wołomin w celu wykrycia form użytkowania terenu. Przykład wykorzystany w projekcie UrbanSAT. (Źródło: archiwum SmallGIS ).

**Rys. 3.3:** Kartogram miasta Łodzi obrazujący rozwój budownictwa w latach 2009-2011 (źródło – archiwum SmallGIS).

**Rys.3.4:** Wizualizacja różnic w użytkowaniu terenu zawartych pomiędzy rejestrem EGIb a stanem faktycznym w mieście Tychy w roku 2012 wykrytym na podstawie aktualnej ortofotomapy. (Źródło: archiwum SmallGIS).

**Rys.3.5:** Wskaźniki zagospodarowania terenu uzyskane w oparciu o mapy pokrycia terenu wykonane dla wskazanej działki oraz otoczenia 200m. Raport powstaje automatycznie w systemie informatycznym geoportalu OnGeo.pl.

**Rys. 3.6:** Fragment mapy Krakowa z obliczonym wskaźniki intensywności zabudowy wyrażony w % w stosunku do jednostki statystycznej, w tym przypadku 1 km<sup>2</sup>: a)powierzchnia zabudowy, b) powierzchnia całkowita kondygnacji. (Źródło: OnGeo.pl).

**Rys.3.7:** Obliczona i zwizualizowana wysokość zabudowy na podstawie modeli terenu. Liczbowo przedstawiono dodatkowo numer porządkowy nieruchomości (Źródło OnGeo.pl).

**Rys.3.8:** Badanie deformacji terenu (osiadania budynków) techniką interferometrii radarowej w projekcie UrbanSat dla Miasta Warszawy. (Źródło: archiwum SmallGIS).

**Rys.3.9:** Typowy schemat przepływu informacji poprzez różne poziomy organizacji danych przestrzennych – od pomiaru do podejmowania decyzji.

**Rys.4.1:** Zakresy spektralne skanera Landsat Thematic Mapper.

**Rys.4.2:** Wizualizacja data-cube zobrazowania hiperspektralnego DAIS7915. Na pierwszym planie przedstawiona jest kompozycja RGB, natomiast, na górnej i prawej krawędzi przedstawione zostały w postaci linii składającej się z jednego piksela kolejne wyciągi spektralne zobrazowania (79 kanałów), Zagajewski, 2010).

**Rys.4.3:** Podział pomiarów teledetekcyjnych ze względu na tryb rejestracji sygnału.

**Rys.4.4:** Potencjalne zastosowania metod teledetekcyjnych w planowaniu przestrzennym.

**Rys.4.5:** Schemat wykonywania lotniczych zdjęć szeregowych.

**Rys.4.6:** Zasada tworzenia odwzorowań powierzchni w rzutach: ortograficznym i środkowym, utożsamianym z widokiem perspektywicznym (na podst.: en.wikipedia.org).

**Rys.4.7:** Przykład Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu. Na rysunku wyraźnie zaznaczają się granice lasów i łąk. (Źródło: SmallGIS).

**Rys.4.8:** Mapa wykorzystania terenu Urban Atlas (źródło: Europejska Agencja Środowiska).

**Rys.4.9:** Dane Corine Land Cover z 2012 roku w przeglądarce udostępnionej na stronie programu Copernicus (źródło: Europejska Agencja Środowiska).

**Rys.4.10:** Dane Corine Land Cover z 2006 roku w przeglądarce udostępnionej na stronie programu Copernicus (źródło: Europejska Agencja Środowiska).

**Rys.4.11:** Mapa zmian (Land Cover Change), które zaszły w zagospodarowaniu między 2006, a 2012 rokiem (Źródło: Europejska Agencja Środowiska).

**Rys.5.1:** Naziemny skaner laserowy firmy Leica. W trakcie pomiaru skaner obraca się w dwóch płaszczyznach wysyłając wiązkę lasera, która mierzy kąt oraz odległość skanera do mierzonego obiektu. W wyniku powstaje chmura punktów (Źródło: Wikipedia).

**Rys.5.2:** Jeden z podstawowych modeli dronów firmy DJI umożliwiający wykonanie ortofotomapy w pasmach RGB (Źródło: Navigate sp. z o.o.).

**Rys.5.3:** Fragment sceny zarejestrowanej przez satelitę WorldView-4 (źródło: DigitalGlobe).

**Rys.6.1:** Przykład obrazu radarowego z satelity Sentinel-1 dla obszaru Małopolski. Data rejestracji obrazu 20.09.2017 r. (Źródło: Portal scihub.copernicus.eu).

**Rys.6.2:** Tryby rejestracji obrazów przez satelitę SENTINEL-1. (Źródło: Sentinel ESA portal - <https://sentinel.esa.int/>).

**Rys.6.3** Polaryzacja fali elektromagnetycznej. Fala podłużna składowa elektryczna oscyluje w kierunku osi v. Fala poprzeczna składowa elektryczna oscyluje w kierunku osi h. Źródło: Teledetekcyjne monitorowanie zmian ukształtowania powierzchni terenu na obszarach objętych erozją wodną; Wrocław 2013, Instytut Geodezji i Kartografii.

**Rys.6.4:** Przykład zdjęcia optycznego dla miasta Chorzów zarejestrowanego przez satelitę Sentinel-2. Rozdzielczość terenowa piksela wynosi 10 m. Data rejestracji obrazu 16.08.2017 r. (Źródło: Portal scihub.copernicus.eu).

**Rys. 6.5:** Produkty w skali lokalnej opracowane w ramach serwisu LMS.

**Rys.6.6:** Dedykowana platforma dostępowa do danych z programu Copernicus. (Źródło: scihub.copernicus.eu).

**Rys.6.7:** Misje satelitów z serii Landsat.(Źródło: NASA, landsat.gsfc.nasa.gov).

**Rys.6.8:** Interfejs wtyczki Semi-Automatic Classification Plugin do przetwarzania zdjęć satelitarnych w programie QGIS.

**Rys.7.1:** Obszary miejskie opracowane w ramach projektu MOLAND w formie bazy GIS. (Źródło: Journal of Map & Geography Libraries, 2014 rok).

**Rys.7.2:** Diagram przedstawiający strukturę projektu GEOLAND-2. (Źródło: Serwis GMES-GEOLAND).

**Rys.7.3:** Miejskie Obszary funkcjonalne opracowane w ramach UA w 2011 r.

**Rys.7.4:** Klasy użytkowania i pokrycia terenu wydzielone w projekcie Urban Atlas (Mapping Guide ..., 2008).

**Rys.7.5:** Produkt Urban Atlas 2006 dla obszaru Wrocław. (Źródło: Serwis Copernicus).

**Rys.7.6:** Produkt Urban Atlas 2012 dla obszaru Katowic. (Źródło: Serwis Copernicus).

**Rys.7.7:** Detekcja zmian w latach 2006-2012 w Warszawskiej Strefie Funkcjonalnej. (Źródło: Serwis Copernicus).

**Rys.7.8:** Dane o zieleni miejskiej (STL) dla strefy funkcjonalnej Krakowa. (Źródło: Serwis Copernicus).

**Rys.7.9:** Mapa opracowanych obszarów funkcjonalnych w roku 2006 oraz 2012. (Źródło: ESA).

**Rys.7.10:** Obszary pilotażowe o zróżnicowanej strukturze zabudowy w projekcie UrbanSAT. (Źródło: Raport ESA).

**Rys.7.11:** Proces przetwarzania obrazu: A. Zobrazowanie Satelitarne B klasyfikacja (segmentacja obrazu) C. Mapy pokrycia terenu z 6 klasami użytkowania.

**Rys.7.12:** Mapy użytkowania terenu 2002 (A), 2008 (B) oraz map detekcji zmian (C) dla obszaru Warszawa-Wilanów.

**Rys.7.13:** Wskaźnik intensywności zabudowy.

**Rys.7.14:** Mapa osiadania terenu dla poszczególnych budynków.

**Rys.7.15:** Interfejs aplikacji UrbanSAT.Planowanie.

**Rys.7.16:** Standaryzacja produktów satelitarnych w aplikacji UrbanSAT.Planowanie.

**Rys.7.17:** Standaryzacja słownika bazy danych GIS w aplikacji UrbanSAT.Planowanie pod potrzeby planowania przestrzennego.

**Rys.8.1:** Wysokorozdzielcze zdjęcie lotnicze w wielu przypadkach umożliwia wskazanie granic działek i klaso-użytków (źródło: SmallGIS).

**Rys.8.2:** Porównanie liczby zarejestrowanych punktów w chmurze ALS dla zadrzewień liściastych (Olcha czarna; *Alnus glutinosa*) dla geodanych: 2012 (ISOK) oraz 2009 (RZGW). (Źródło: Wężyk, Gęca 2013).

**Rys.9.1:** Rozkład graficzny jednostek, które wzięły udział w badaniach ankietowych. (Opracowanie własne SmallGIS).

**Rys.9.2:** Rozmieszczenie jednostek, które opisano jako przykłady dobrych praktyk. (Opracowanie własne SmallGIS).

**Rys.9.3:** Fragment wizualizacji modelu miasta w widoku perspektywicznym.(Źródło: MPU w Łodzi).

**Rys. 9.4:** Widok zabudowy istniejącej (biała) i projektowanej (szara) na modelu 3D.(Źródło: MPU w Łodzi).

**Rys.9.5:** Porównywarka ortofotomap w przejrzysty sposób pozwala na wykazanie zmian pokrycia terenu np. w przypadku powstawania nowych budynków.

**Rys. 9.6:** Przeglądanie Projektu Planu Miejscowego w serwisie G-SIP.

**Rys.9.7:** Przykład analizy dotyczącej zmian w ukształtowaniu terenu (źródło i-BIIP).

**Rys.9.8:** Wizualizacja wskaźnika roślinności NDVI na tle ortofotomapy (źródło: BRW, UM Wrocławia).

**Rys.10.1:** Przykładowe dane teledetekcyjne: zdjęcie z drona i cyfrowy model pokrycia terenu ze skanowania LIDAR, wykorzystywane w analizie wrażliwości krajobrazu. Ulica Tyniecka w Krakowie (źródło SmallGIS).

**Rys.10.2:** Dwa zupełnie różne krajobrazy, oba wykształcone przez człowieka. (źródło: SmallGIS).

## WYKAZ TABEL

**Tabela 3.1:** Porównanie wartości danych teledetekcyjnych i danych z rejestrów publicznych w kontekście miar jakości danych przestrzennych opisanych w normie ISO: EN ISO 19 157 Geographic information — Data quality.”

**Tabela 4.1:** Wykaz wskaźników teledetekcyjnych i obszarów ich zastosowań.

**Tabela 5.1:** Charakterystyka zobrazowań WorldView-1 (źródło: DigitalGlobe).

**Tabela 5.2:** Charakterystyka zobrazowań WorldView-2 (źródło: DigitalGlobe).

**Tabela 5.3:** Charakterystyka zobrazowań WorldView-3 (źródło: DigitalGlobe).

**Tabela 5.4:** Charakterystyka zobrazowań WorldView-4 (źródło: DigitalGlobe).

**Tabela 5.5:** Charakterystyka konstelacji PlanetScope (źródło: Planet Labs Inc.).

**Tabela 5.6:** Charakterystyka konstelacji RapidEye (źródło: Planet Labs Inc.).

**Tabela 5.7:** Charakterystyka konstelacji Terra Bella (SkyBox).

**Tabela 5.8:** Charakterystyka konstelacji Pleiades.

**Tabela 5.9:** Charakterystyka konstelacji SPOT.

**Tabela 5.10:** Charakterystyka satelitów radarowych TerraSAR-X, TanDEM-X oraz PAZ.

**Tabela 5.11:** Charakterystyka konstelacji DMC.

**Tabela 5.12:** Charakterystyka konstelacji Formosat.

**Tabela 5.13:** Charakterystyka konstelacji COSMO-SkyMed.

**Tabela 6.1:** lista aktualnych i planowanych misji SENTINEL. Źródło: Copernicus: Sentinel-5P - Satellite Missions - eoPortal Directory.

**Tabela 6.2:** Porównanie rozdzielczości przestrzennej i spektralnej satelitów Sentinel-2 oraz Landsat 8. Źródło: Opracowana na podstawie serwisów: earth.esa.int i landsat.usgs.gov.

**Tabela 6.3:** Lista umieszczonych na orbicie satelitów Landsat wraz z instrumentami. Źródło: landsat.

**Tabela 7.1:** Porównanie parametrów poszczególny iteracji produktów UA (2006 i 2012).

**Tabela 7.2:** Wykaz danych wykorzystanych w projekcie UrbanSAT.

**Tabela 7.3:** Wykaz wyodrębnianych klasy użytkowania terenu oraz kryterium minimalnej powierzchni przyjętej przy wyodrębnianiu(MMU).

**Tabela 7.4:** Analiza statystyczna detekcji zmian dla obszaru Warszawa-Wilanów w latach 2002-2008.

**Tabela 7.5:** Porównanie produktów opracowanych w ramach przedstawionych projektów.

**Tabela 9.1:** Metryka projektu MONIT-AIR.

**Tabela 9.2:** Metryka przedsięwzięcia: Cyfrowa Łódź 3D.

**Tabela 9.3:** Metryka projektu G-SIP.

**Tabela 9.4:** Metryka projektu BIIP.

**Tabela 9.5:** Metryka przedsięwzięcia: Monitoring i inwentaryzacja zieleni miejskiej Wrocławia z użyciem ortofotomap oraz skaningu laserowego.





# **BIBLIOGRAFIA**

# BIBLIOGRAFIA

## Rozdział 1

- Ciołkosz A., Kęsik A., 1989. Teledetekcja satelitarna. PWN, Warszawa. Ss. 294
- CEOS, 2000 Glossary of remote sensing technology. Committee on Earth Observations Satellites CNES, <http://ceos.cnes.fr:8100/cdrom-00b2/ceos1/science/glossary/gloss.htm>
- de Jong S.M., van der Meer F.D., (red.) 2004. Remote Sensing Image Analysis. Including the Spatial Domain. Remote sensing and digital image processing. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Ss. 360
- Sitek Z., 1992. Zarys Teledetekcji lotniczej i satelitarnej. Część I – Pozyskiwanie danych, Część II – Przetwarzanie danych. Skrypty uczelniane, nr 1239. Wydawnictwa AGH, Kraków. Ss. 304
- Sitek Z., 2000. Wprowadzenie do teledetekcji lotniczej i satelitarnej. Wydanie drugie poprawione i rozszerzone. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków. Ss. 354
- Słownik Geoinformatyczny PAU, 2001. Wielojęzyczny Interdyscyplinarny Terminologiczny Słownik i Leksykon Geoinformatyczny. Dział fotogrametria i teledetekcja. Wersja internetowa. <http://sloownik.fotogrametria.agh.edu.pl/index.php>. Aktualność na dzień 28.03.2007
- Zagajewski B., Jarocińska A., Olesiuk D, 2010. Metody i techniki badań geoinformatycznych, Uniwersytet Warszawski

## Rozdział 2

- Gaździcki J., 2004. Społeczeństwo obywatelskie, informacyjne, geoinformacyjne, Geodeta – magazyn geoinformacyjny, styczeń
- Borsa M., 2006. Przemiany uwarunkowań gospodarowania przestrzenią jako wyzwanie dla systemu edukacji, Teoria i praktyka w zakresie edukacji kadr dla gospodarki przestrzennej, red. Kudłacz T., Polska Akademia Nauk Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, Biuletyn zeszyt 224, Warszawa
- Andrzejewska M. et al., 2007. O partycypacji społecznej w planowaniu przestrzennym - zastosowania geowizualizacji w celu wzmocnienia udziału społecznego w planowaniu przestrzennym, Centrum Informacji o Środowisku UNEP/GRID-Warszawa
- Borsa M. et al., 2011. Zmiany metod planowania i potencjalne pola nowych działań w dziale administracji rządowej – budownictwo, gospodarka przestrzenna i mieszkaniowa, w zakresie gospodarki przestrzennej, wynikające z wdrażania ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej oraz innych pokrewnych przepisów, (na zlecenie Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej), kierownik zespołu autorskiego, Instytut Systemów Przestrzennych i Katastralnych, Gliwice, kwiecień
- Borsa M., 2011. Informacja jako czynnik rozwoju, Gospodarka regionalna i lokalna – czynniki i bariery, red. Strzelecki Z., Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa
- Borsa M., 2012. Usługi planowania i monitoringu przestrzennego - chmura informacji o przestrzeni, referat na seminarium: Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Instytut Systemów Przestrzennych i Katastralnych w Gliwicach, Mazowieckie Biuro Planowania Regionalnego, Towarzystwo Urbanistów Polskich, Warszawa 23 kwietnia 2012

- Litwin L., Borsa M., 2013. Infrastruktura Informacji Przestrzennej - podręcznik dla urbanistów, Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Przestrzennej, Warszawa
- Borsa M., 2014. Rola partycypacji społecznej w lokalnym planowaniu przestrzennym, Problemy planistyczne wiosna 2014, Oficyna Wydawnicza ZOIU, Wrocław
- Borsa M., 2015a. Polityka przestrzenna w Polsce w latach 2004-2013, Wybrane regionalne i lokalne polityki publiczne w Polsce – 10 lat doświadczeń w warunkach członkostwa w Unii Europejskiej, monografia, red. Strzelecki Z., Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Warszawa
- Borsa M., 2015b. Geoinformacja a reformowanie systemu planowania, Nowa Geodezja w Praktyce, maj-czerwiec 2015
- Markowski T., Borsa M., 2017. Informacja w polityce przestrzennej, Przegląd komunalny 2/2017

### Rozdział 3

- Famielec J., Górka K., Stuczyński T., Wołkiewicz S., 2007. Oszacowanie kosztów wynikających z wdrażania w Polsce wymagań zawartych w projekcie dyrektywy parlamentu europejskiego i rady ustanawiającej ramy dla ochrony gleb oraz zmieniającej dyrektywę 2004/35/we Rolniczy Magazyn Elektroniczny, [http://cbr.gov.pl/rme-archiwum/2008/rme27/dane/4\\_4.html](http://cbr.gov.pl/rme-archiwum/2008/rme27/dane/4_4.html)
- Fogel P., 2017. „Wskaźniki w planowaniu miejscowym jako narzędzie oceny jakości ustaleń planu i ich wpływu na środowisko”, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa, [http://www.agenda21.waw.pl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=34](http://www.agenda21.waw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=34)
- Hościło A., Mirończuk A., Lewandowska A., 2016, „Określenie rzeczywistej powierzchni lasów w Polsce na podstawie dostępnych danych przestrzennych”, Sylwan 160 (8): 627:634
- Myga-Piątek U. – Kierownik zespołu: 2015. „Sporządzenie audytu krajobrazowego testowanie metodyki identyfikacji i oceny krajobrazu”, Praca zbiorowa, [https://archiwum.mos.gov.pl/g2/big/2015\\_12/8dbeb073d5e56e329d5b3963ec3f6c55.pdf](https://archiwum.mos.gov.pl/g2/big/2015_12/8dbeb073d5e56e329d5b3963ec3f6c55.pdf)
- Ozimek P. 2010. „Cyfrowe modele analizy krajobrazu bazujące na cyfrowych modelach terenu systemów informacji przestrzennej”, Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego nr 14, Sosnowiec
- Papińska E. 2007. „Rola opracowań ekofizjograficznych w planowaniu przestrzennym”, Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Z 7-A/2007
- Rygiel P., 2009. „Odporność wizualna krajobrazu – zastosowanie w planowaniu przestrzennym”, biblioteka cyfrowa Politechniki Krakowskiej
- Tomlinson R., 2008. „Rozważania o GIS”, Wydanie polskie: ESRI Polska, Warszawa
- History of Lidar Development [https://www.e-education.psu.edu/geog481/l1\\_p4.html](https://www.e-education.psu.edu/geog481/l1_p4.html)
- NASA Landsat Science <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/>
- SWIR imagery <https://www.digitalglobe.com/products/swir-imagery>

### Rozdział 4

- As-syakur A. R., Adnyana I.W.S., Arthana I.W., Nuarsa I.W., 2012. Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area, w: Remote Sensing, 4, 2957-2970
- Bernasik J., 2008. Wykłady z fotogrametrii i teledetekcji, Kraków

- Blaschke T., 2010. Object based image analysis for remote sensing, w: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65(1)
- Drzewiecki W., 2008. Monitoring zmian pokrycia i użytkowania terenu na podstawie wieloczasowych obrazów teledetekcyjnych, w: Roczniki Geomatyki, tom VI, zeszyt 3
- ESA, 2010. Eduspace: What is remote sensing? (strona internetowa), [http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_EN/SEMF9R3Z2OF\\_2.html](http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEMF9R3Z2OF_2.html), (dostęp: 03.08.2017)
- Fogel P., 2007. Bazy danych GIS w planowaniu przestrzennym na poziomie lokalnym, w: Roczniki Geomatyki, tom V, zeszyt 7
- Gallo K. P., McNab A. L., Karl T. R., Brown J. F., Hood J. J., J. D. Tarpley, 1993. The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect w: International Journal of Remote Sensing, Volume 14
- Kawamura M., Jayamanna S., Tsujiko Y., 1996. Relation between social and environmental conditions in Colombo, Sri Lanka and the Urban Index estimated by satellite remote sensing data, w: International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing, 31 (Part B7), 321–326. 9
- Kuźnicki W., 2015. Zdjęcia lotnicze i skaniny laserowe. Zastosowania danych z systemów załogowych. Prezentacja multimedialna, MGGP Aero
- Li H., Wang C., Zhong Ch., Su A., Xiong Ch., Wang J., Liu J., 2017. Mapping Urban Bare Land Automatically from Landsat Imagery with a Simple Index, w: Remote Sensing, 9(3), 249 2957–2970
- Markiewicz J., Turek A., 2014. Wykorzystanie wieloczasowych zdjęć lotniczych w badaniu zmian zagospodarowania przestrzennego, w: Przegląd Geodezyjny, R. 86, nr 7
- Nedeljkovic I., 2004. Image classification based on fuzzy logic, w: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.34, Part XXX
- Perea A.J., Meroño J.E., Aguilera M.J. 2009. Algorithms of expert classification applied in quickbird satellite images for land use mapping, w: Chilean Journal of Agricultural Research, vol. 69, n° 3
- Walawender J., 2009. Wykorzystanie danych satelitarnych Landsat i technik GIS w badaniach warunków termicznych miasta (na przykładzie aglomeracji krakowskiej) w: Prace Geograficzne, zeszyt 122, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków
- Wojtkowski J. 2011, Rola technologii geoinformacyjnych w planowaniu i gospodarce przestrzennej, w: Podniesienie jakości kształcenia akademickiego w zakresie geodezyjnego urządzania obszarów wiejskich w oparciu o doświadczenia praktyki szkolnictwa wyższego Bawarii. Praca zbiorowa pod redakcją Jacka M. Pijanowskiego, Kraków
- Xu H., 2008. A new index for delineating built-up land features in satellite imagery, w: International Journal of Remote Sensing, Vol. 28, Iss. 14
- Zagajewski B., 2010. Ocena przydatności sieci neuronowych i danych hiperspektralnych do klasyfikacji roślinności Tatr Wysokich, w: Teledetekcja środowiska, nr 43, Warszawa
- Zha, Y., J. Gao, and S. Ni., 2003. Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery, w: International Journal of Remote Sensing 24, no. 3: 583–594
- Zhao H.M., Chen X.L., 2005. Use of Normalized Difference Bareness Index in Quickly Mapping Bare Areas from TM/ETM+, w: Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Seoul, Korea, Vol. 3, 1666–1668, 2005.8

## Rozdział 5

- DigitalGlobe, 2017. Satellite information (strona internetowa), <https://www.digitalglobe.com/resources/satellite-information>, (dostęp: 17.08.2017)
- Earth Observation Portal, 2017. Satellite information (strona internetowa), <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/home>, (dostęp: 17.08.2017)
- Planet Labs Inc., 2017. Planet imagery product specification
- Pluta M. 2015. Naziemny skaniny laserowy w planowaniu przestrzennym, w: Arcana GIS, czerwiec

## Rozdział 6

- Balzter, Heiko, et al., 2015, "Mapping CORINE land cover from Sentinel-1A SAR and SRTM digital elevation model data using Random Forests." *Remote Sensing* 7.11 :14876-14898
- Wężyk, P., et al., 2013. "Mapa zmian pokrycia terenu Małopolski 1986-2011 wykonana w oparciu o klasyfikację obiektową obrazów satelitarnych LANDSAT oraz RapidEye." *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 25
- Śleszyński, P., 2015. „Mapa krajobrazu kulturowego Polski w koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju 2030.” *Prace Komisji Krajobrazu* Nr 27/2015:45-61
- Walawender, J., 2009. „Wykorzystanie danych satelitarnych Landsat i technik GIS w badaniach warunków termicznych miasta (na przykładzie aglomeracji krakowskiej).” *Prace Geograficzne* 122 (2009): 81
- Osińska-Skotak, K., 2002. „Przydatność zdjęć termalnych dla planowania przestrzennego w obszarach miejskich.” *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 12 (2002)

## Rozdział 7

- Kasanko, M., Lavalle, C., McCormick, N., Demicheli, L., Barredo, J., Beuchle R., 2003. The development of the Transport Corridor Dresden – Prague in 1986-2000. Joint Research Centre
- Barranco, R.R., Batista E Silva, F., Herrera, M.M., Lavalle, C., 2017. Integrating the MOLAND and the Urban Atlas Geodatabases to Analyze Urban Growth in European Cities. *Journal of Map & Geography Libraries*
- Shahumyan, H., White, R., Petrov, L., Williams, B., Convery S., Brennan, M., 2011. Urban Development Scenarios and Probability Mapping for Greater Dublin Region: The MOLAND model applications. *Lecture Notes in Computer Science Vol. 6782 Computational Science and Its Applications – ICCSA 2011 International Conference, Santander, Spain June 2011 Part I*. pp.119-134 Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Brennan, M., Shahumyan, H., Walsh, C., Carty, J., Williams, B., Convery, S., 2009. Regional Planning Guideline review: using MOLAND as part of the Strategic Environmental Assessment Process. *UCD Urban Institute Ireland Working Paper Series*, 09/07. 26p
- Mcinerney, D. O. & Walsh, C. 2009. The Spatial Composition and Distribution of Land-Use Change in the Dublin City Region 1990-2006. *Irish Geography* 42, 207-233
- Williams, B & Convery, S, 2012. Decision support tools for managing the urban environment in Ireland. *STRIVE Report No. 92*. Environmental Protection Agency
- Petrov, L.O., Shahumyan, H., Williams, B., Convery, S., 2011. Scenarios and indicators supporting

urban regional planning. Procedia - Social and Behavioral Sciences. International Conference: Spatial Thinking and Geographic Information Sciences 2011. Vol. 21 pages 243 – 252

- European Commission, 2012. Mapping guide for a European Urban Atlas, Ref. Ares (2012)1348219 - 15/11/2012

## Rozdział 8

- ASPRS, 2013. LAS Specification Version 1.4.; [http://www.asprs.org/wp-content/uploads/2010/12/LAS\\_1\\_4\\_r13.pdf](http://www.asprs.org/wp-content/uploads/2010/12/LAS_1_4_r13.pdf)
- Borowiec N., Zabrzaska – Gąsiorek B., 2006. Ortofotomapa w terenach miejskich, w: Geodezja, tom 12, zeszyt 2/1, 95-106, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
- Borowiecki I., Michalik A., 2012. Klasyfikacja chmury punktów lotniczego skaningu laserowego z zastosowaniem programów Tiltan Tlid, TerraScan, VRMesh w: Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, Nr 1/III/2012, 219–230 PAN Oddział w Krakowie
- Bydłowski J., 2016. Developing the Polish Cadastral Model towards a 3D Cadastre, w: 5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 505-518, Ateny
- Florek R., 2000. Katastralne ortofotomapy dla zarządzania, ewidencji, obrotu ziemią inieruchomościami w gospodarkach rozwijających się i będących w transformacji, w: Cadastre, photogrammetry, geoinformatics – modern technologies and development perspectives: proceedings of 2-nd international conference: Lwów - Kraków
- Kim S., Kim J., Jung J., Heo J., 2015. Development of a 3D Underground Cadastral System with Indoor Mapping for As-Built BIM: The Case Study of Gangnam Subway Station in Korea, w: Sensors, 15, 30870-30893, MDPI AG, Bazylea
- Kurczyński Z., Bakula K., 2016. Ocena możliwości współczesnej fotogrametrii w pracach z zakresu ewidencji gruntów i budynków, w: Przegląd Geodezyjny, nr 7/2016, Warszawa
- Marjasiewicz M., Malej T., 2014. Półautomatyczne modelowanie brył budynków na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 26, s. 87-96
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2001 r. w sprawie ewidencji gruntów i budynków. (Dz.U. 2001 nr 38 poz. 454 z późn. zm.)
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów dopaństwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. (Dz.U. 2011 nr 263 poz. 1572)
- Siejka M., Ślusarski M., Zygmunt M., 2014. Kataster wielowymiarowy, możliwość wdrożenia w Polsce, w: Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, Nr II/2/2014, Polska Akademia Nauk, Kraków
- Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne. (Dz.U. 1989 nr 30 poz. 163 z późn. zm.)
- Wężyk P., Gęca T. 2013. Weryfikacja i aktualizacja bazy klaso-użytków EGİB w oparciu o analizę chmury punktów z lotniczego skanowania laserowego na przykładzie wsi Tuklęcz w województwie świętokrzyskim, w: Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, wydanie specjalne: Monografia „Geodezyjne Technologie Pomiarowe”, s. 97-108



## Rozdział 9

### Rozdział 9.2

- Bajorek-Zydroń K. (Ed.), Wężyk P. (Ed.), 2016. Praca zbiorowa: Atlas pokrycia terenu i przewietrzania Krakowa. MONIT-AIR, „Zintegrowany system monitorowania danych przestrzennych dla poprawy jakości powietrza w Krakowie”, Kraków
- Centrum Edukacji Ekologicznej „Ekocentrum”, <http://www.ekocentrum.krakow.pl/>, (dostęp: 16.08.2017),
- Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, 2016. prezentacja multimedialna: Adaptacja do zmian klimatu a planowanie przestrzenne, Instytut Rozwoju Miast w Krakowie
- Obserwatorium - portal Miejskiego Systemu Informacji Przestrzennej, <http://obserwatorium.um.krakow.pl/obserwatorium/>, (dostęp: 16.08.2017)
- Warchoł A., Szwed P., Wężyk P., 2016. Integracja technologii lotniczego, mobilnego i naziemnego skanowania laserowego w procesie inwentaryzacji zieleni miejskiej wybranych fragmentów Krakowa, Referat w ramach konferencji Pokrycie terenu i przewietrzanie Krakowa, Kraków

### Rozdział 9.3

- Autodesk Polska, 2017. Cyfrowa Łódź 3D, materiał wideo dostępny pod adresem: <https://www.youtube.com/watch?v=qgp9xxJ4884&feature=youtu.be>, (dostęp: 21.08.2017)
- Miejska pracownia Urbanistyczna w Łodzi, Budowa cyfrowej Łodzi 3D
- Urząd Miasta Łodzi, 2016. Gminny Program Rewitalizacji dla miasta Łodzi 2026+, Łódź

### Rozdział 9.4

- Bielowska I., Górecka Z. 2017. Prognoza oddziaływania na środowisk podstawowe domieszcowego planu zagospodarowania przestrzennego osiedla Nowe Wierzbno — rejon ulicy Granicznej (m.Konstancin-Jeziorna), Warszawa
- Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa, 2014. Raport z realizacji drugiego etapu zamówienia: „Kontynuacja prac związanych z przeprowadzeniem realizowanego w 2012 roku badania ankietowego online Land use w gminach w rozszerzonym zakresie”-Umowa nr DPM/KF/BDG-VIII-32018-Uim-44/14. red. Urszula Bereza-Tijero, s. 48-53, Warszawa
- G-SIP Konstancin-Jeziorna (strona internetowa), <http://gsip.konstancinjeziorna.pl/>, (dostęp: 14.09.2017)
- Gmina Konstancin-Jeziorna (strona internetowa), <http://www.konstancinjeziorna.pl/>, (dostęp: 14.09.2017)
- SmallGIS Sp. z o.o., 2017. Raport z kwerendy do publikacji „Teledetekcja w planowaniu przestrzennym”, Kraków

### Rozdział 9.5

- Florkowska L., 2016. Zagadnienia szkód górniczych w kontekście Celów Zrównoważonego Rozwoju (SDGs), Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, nr 94, str. 105-118, Kraków
- i-BIIP – internetowy serwis Bytomskiej Infrastruktury Informacji Przestrzennej (strona internetowa),

<http://sitplan.um.bytom.pl/iuip/> (dostęp: 14.09.2017)

- Klabis L., Kowalski A., 2015. Eksploatacja górnicza w filarze ochronnym dla śródmieścia Bytomia, historia i teraźniejszość, w: Przegląd Górniczy, T.71, nr.5, s. 33-43, Katowice
- Kuźnicki W. 2011. Z góry lepiej widać. Monitoring sytuacyjno – wysokościowy szkód górniczych na terenie Bytomia, w: Geodeta. Magazyn geoinformacyjny, nr 11 (198), s. 16-19, Warszawa
- Urząd Miejski w Bytomiu, 2015. Raport o stanie miasta, Bytom 2014., red. Domogała I., Bytom
- Urząd Miejski w Bytomiu, 2017. Raport o stanie miasta, Bytom 2016., red. Domogała I., Bytom
- PAP, 2015. Wszystkie dane. Węzeł Infrastruktury Informacji Przestrzennej w Bytomiu, w: Serwis samorządowy PAP (strona internetowa) [http://samorząd.pap.pl/depesze/wiadomosci\\_centralne/150157/Wszystkie-dane--Wezel-Infrastruktury-Informacji-Przestrzennej-w-Bytomiu](http://samorząd.pap.pl/depesze/wiadomosci_centralne/150157/Wszystkie-dane--Wezel-Infrastruktury-Informacji-Przestrzennej-w-Bytomiu) (dostęp 14.09.2017)

## Rozdział 9.6

- Biuro Rozwoju Wrocławia, 2016. Prezentacja multimedialna: Zieleń Wrocławia, Wrocław
- Komarowska D. (Ed.), 2015. Mienie gmin i powiatów w latach 2012-2014, Główny Urząd Statystyczny we Wrocławiu – Ośrodek Statystyki Samorządów Terytorialnych, Warszawa
- Ładysz J. 2014., Kierunki rozwoju zielonej infrastruktury we Wrocławskim Obszarze Funkcjonalnym, w: Gospodarka przestrzenna. Aktualne aspekty polityki społeczno-gospodarczej i przestrzennej., Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 367, Wrocław
- Rada Miejska Wrocławia, 2006. Powiatowy program zwiększenia lesistości Miasta Wrocławia (Załącznik do uchwały Nr LII/3183/06 Rady Miejskiej Wrocławia z dnia 8 czerwca 2006 roku), Wrocław
- 

## Rozdział 10

- Markowski T., Borsa M., 2015a. Miasto dla nas czy nasze?, Przegląd komunalny 1/2015, s. 82
- Borsa M., 2015. Perspektywy wzmacniania partycypacji społecznej w procesach rozwoju w Polsce, konferencja w ramach projektu Modelowa Rewitalizacja Miast, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Warszawa, 24-26 sierpnia 2015
- Markowski T., Borsa M., 2015b. Jak skutecznie realizować politykę przestrzenną?, Przegląd komunalny 11/2015, s.90
- Borsa M., 2016. Świadomość i partnerstwo społeczne jako instrument polityk publicznych dla zrównoważonego rozwoju, referat na III Konferencji naukowej Retardacja materialnego przekształcania zasobów - osiągnięcia, problemy, perspektywy, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów 17-17 września 2016
- Markowski T., Borsa M., 2017a. Pakt Amsterdamski, Przegląd komunalny 1/2017, s.76
- Markowski T., Borsa M., 2017b. Informacja w polityce przestrzennej, Przegląd komunalny 2/2017, s.81
- Markowski T., Borsa M., 2017c. Terytorializacja polityki rozwoju, Przegląd komunalny 5/2017, s.105
- Markowski T., Borsa M., 2017d. Przestrzeń w strategii odpowiedzialnego rozwoju, Przegląd komunalny 6/2017, s.92
- Markowski T., Borsa M., 2017e. Zawód: urbanista, Przegląd komunalny 10/2017, s.102



# STRESZCZENIA

# ANGIELSKI

Remote sensing and spatial planning are seemingly two distant fields of knowledge. The gap between them fills a whole range of intermediary information fields, such as information management systems, analytical techniques, databases, visualization techniques, policies, and formal issues. While remote sensing is far-reaching, extensive and conceptually blurry, spatial planning is based on multithreaded high-level knowledge unifying different issues. Both are areas in which both the raw material and the product are intangible: information. Remote Sensing is a form of processing information about the physical world and turning it into an ordered set with defined meanings. Spatial planning is an information service - it involves the collection, selection, evaluation, processing and production of information. The information and how it is processed determines the quality of the products that the spatial planning process produces.

The relationships between remote sensing techniques for issues related to broadly understood spatial planning best reflect the identified examples of projects and research performed, in particular in „good practices“ implemented by local government units. Areas of spatial planning and space management, such as: monitoring of changes and development indicators, terrain deformation, state analysis, potential and threats of the environment, landscape modeling, can be carried out with information obtained remotely. Terrestrial, aerial and satellite remote sensing products allow you to build, verify, and update your knowledge base and thus contribute to making more informed decisions.

In the context of the issues under consideration, knowledge from the history of the development of remote sensing and European and national research programs implementing remote sensing in spatial planning such as MOLAND, GEOLAND-2 or UrbanSat is also relevant. The future of spatial planning is increasingly aware of the use of information technology, including remote sensing, which is conducive to technical capabilities and policies at national and European level. The future of spatial planning is increasingly aware of the use of information technology, including remote sensing, which is conducive to technical capabilities and policies at national and European level

# POLSKI

Teledetekcja i planowanie przestrzenne to z pozoru dwie odległe dziedziny wiedzy. Lukę pomiędzy nimi wypełnia cały szereg pośrednich dziedzin informacyjnych, takich jak: systemy zarządzania informacją, techniki analityczne, bazy danych, techniki wizualizacji, polityki oraz zagadnienia natury formalnej. Podczas gdy informacja teledetekcyjna jest niskopoziomowa, obszerna i rozmyta pojęciowo to planowanie przestrzenne bazuje na wielowątkowej wysokopoziomowej wiedzy unifikującej różne zagadnienia. Obydwie dziedziny są dziedzinami, w których zarówno surowcem jak i produktem są wartości niematerialne: informacje. Teledetekcja to forma przetwarzania informacji o świecie fizycznym i zamieniania jej w uporządkowany zbiór posiadający zdefiniowane znaczenie. Planowanie przestrzenne jest usługą informacyjną – polega na pobieraniu, selekcji, ocenie, przetwarzaniu i wytwarzaniu informacji. To, jakie informacje i w jaki sposób są przetwarzane, decyduje o jakości produktów, które proces planowania przestrzennego wytwarza.

Związki pomiędzy technikami teledetekcji a zagadnieniami związanymi z szeroko pojętym planowaniem przestrzennym najlepiej odzwierciedlają się w zidentyfikowanych przykładach wykonanych projektów i badań, w szczególności w „dobrych praktykach” zrealizowanych przez jednostki samorządu terytorialnego. Obszary planowania przestrzennego i zarządzania przestrzenią, takie jak: monitoring zmian i wskaźniki zagospodarowania, deformacje terenu, analiza stanu, potencjału i zagrożeń środowiska, modelowanie krajobrazu, mogą być realizowane dzięki informacji pozyskiwanej zdalnie. Produkty teledetekcji naziemnej, lotniczej i satelitarnej pozwalają budować, weryfikować i uaktualniać bazy wiedzy, a tym samym przyczyniać się do podejmowania bardziej świadomych decyzji.

W kontekście rozważanych zagadnień istotna jest też wiedza płynąca z historii rozwoju teledetekcji i europejskich oraz krajowych programów badawczych implementujących technologie teledetekcyjne w planowaniu przestrzennym, takich jak: MOLAND, GEOLAND-2 czy UrbanSat. Przyszłość planowania przestrzennego to coraz bardziej świadome wykorzystanie technologii informatycznych, w tym technik teledetekcyjnych, czemu sprzyjają zarówno możliwości techniczne jak i polityki realizowane na poziomie krajowym i europejskim.