

Warszawa, 6 grudnia 2020

SEKCJA TELEDETEKCJI

Zaproszenie na

**XI seminarium Sekcji Teledetekcji KBKiS PAN**

Sekcja Teledetekcji KBKiS PAN przy współpracy z Oddziałem Teledetekcji i Geoinformatyki Polskiego Towarzystwa Geograficznego zaprasza wszystkich sympatyków teledetekcji na seminarium:

**Zastosowania teledetekcji w leśnictwie,  
in memoriam Prof. Wojciech Bychawski**

Seminarium będzie zorganizowane on-line **15 grudnia 2020** o godzinie 10:00 z wykorzystaniem systemu ZOOM w Centrum Badań Kosmicznych PAN.

Link do konferencji:

<https://zoom.us/j/95102837854?pwd=MjFwa0RwYzNoRXA2UXhnczI4ODJpZz09>

(Meeting ID: 951 0283 7854 Passcode: 284249)

Zaplanowane są cztery referaty:

10:00 – 10:10	Rozpoczęcie Seminarium
10:10 – 10:40	<b>Profesor Wojciech Bychawski pionier teledetekcji lasów</b> Katarzyna Dąbrowska-Zielińska (IGiK)
10:40 – 11:10 (20 min + pytania)	<b>Początki analiz teledetekcyjnych obszarów leśnych w Polsce i ich rozwój</b> Emilia Wiśniewska <sup>1</sup> , Tomasz Zawiła-Niedźwiecki <sup>2</sup> ( <sup>1</sup> DGLP, <sup>2</sup> KNLiTD PAN, CKPŚ)
11:10 – 11:40 (20 min + pytania)	<b>Quo vadis silva remotis sentientia ?</b> Piotr Wężyk (UR Kraków)
11:40 – 12:10 (20 min + pytania)	<b>Modelowanie cech drzewostanów z wykorzystaniem danych lotniczego skanowania laserowego</b> Krzysztof Stereńczak (IBL)
12:10 – 12:20	Zakończenie seminarium

Stanisław Lewiński

Przewodniczący Sekcji Teledetekcji KBKiS PAN

## Profesor Wojciech Bychawski pionier teledetekcji lasów

Katarzyna Dąbrowska-Zielińska  
Instytut Geodezji i Kartografii  
katarzyna.dabrowska-zielinska@igik.edu.pl

Profesor Bychawski w roku 1966 rozpoczął pracę w Instytucie Geodezji i Kartografii i to z tą jednostką naukową związał swoje dalsze losy zawodowe.

Lata pracy w Instytucie, aż do roku 2006 przypadły na okres kiedy to Instytut stał się krajowym centrum Teledetekcji i Fotogrametrii.

W latach 1971-1972 pełnił w Instytucie funkcję kierownika Zakładu Fotogrametrii. W roku 1974 został przeniesiony do Zakładu Interpretacji Zdjęć Lotniczych i Satelitarnych, gdzie objął funkcję Kierownika Pracowni Pozyskiwania Zdjęć Lotniczych. W roku 1974 Rada Naukowa Instytutu Geodezji i Kartografii za pracę pt. *Metoda eliminowania wpływów zmian elementów orientacji przy fotogrametrycznym wyznaczaniu przemieszczeń* (promotor prof. Marian Brunon Piasecki) nadała Mu stopień doktora nauk technicznych.

Stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych otrzymał w 1982 roku, uchwałą Rady Wydziału Geodezji Górniczej AGH w Krakowie, za pracę pt. *Zastosowanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych do określania stref przemysłu zagrożenia drzewostanów sosnowych*. Z dniem 1 lutego 1983 roku został powołany na stanowisko docenta w Instytucie Geodezji i Kartografii. W roku 1984 został kierownikiem Zakładu Fotogrametrii w Ośrodku Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych Instytutu, a w roku 1986 został powołany na stanowisko sekretarza naukowego Instytutu Geodezji i Kartografii.

17 października 1990 r. Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej nadał Mu tytuł naukowy profesora nauk technicznych. W tym samym roku został mianowany na stanowisko profesora w Instytucie Geodezji i Kartografii. Rok później został zastępcą dyrektora Instytutu Geodezji i Kartografii ds. naukowych. Funkcję tę pełnił do roku 2001, kiedy to przeszedł na emeryturę. W uznaniu zasług w dniu 9 marca 2001 r. Rada Naukowa Instytutu Geodezji i Kartografii nadała Mu godność „Honorowego Członka Instytutu”. Będąc już na emeryturze prof. Wojciech Bychawski pracował w Instytucie na stanowisku profesora aż do roku 2006.

W początkowym okresie pracy w Instytucie Geodezji i Kartografii prof. Wojciech Bychawski brał udział w pracach badawczych nad zastosowaniem fotogrametrii naziemnej w kopalnictwie odkrywkowym i badaniu ruchu zwałowisk przy kopalniach. Wybitnie przyczynił się do wprowadzenia do prac badawczych tematyki związanej z ochroną naturalnego środowiska człowieka. Brał czynny udział zarówno w pracach teoretycznych związanych z możliwością zastosowania fotogrametrii i fotointerpretacji w sozologii, jak też w konkretnych opracowaniach zmierzających do wykorzystania specjalnych technik fotointerpretacyjnych. Był autorem wielu prac naukowych i publikacji z zakresu zastosowań teledetekcji i fotointerpretacji w ochronie środowiska, a także prekursorem stosowania w Polsce metod teledetekcji dla potrzeb leśnictwa. Był promotorem i recenzentem prac doktorskich z tego zakresu. Za szczególne osiągnięcia Profesora są uznawane metody interpretacji lotniczych zdjęć barwnych w podczerwieni, nazywanych wówczas zdjęciami spektrostrefowymi, dla oceny stanu zdrowotnego lasów. Po wprowadzeniu tych metod do praktyki prof. Wojciech Bychawski pracował w Instytucie na stanowisku profesora aż do roku 2006.

W początkowym okresie pracy w Instytucie Geodezji i Kartografii prof. Wojciech Bychawski brał udział w pracach badawczych nad zastosowaniem fotogrametrii naziemnej w kopalnictwie odkrywkowym i badaniu ruchu zwałowisk przy kopalniach. Wybitnie przyczynił się do wprowadzenia do prac badawczych tematyki związanej z ochroną naturalnego środowiska człowieka. Brał czynny udział zarówno w pracach teoretycznych związanych z możliwością zastosowania fotogrametrii i fotointerpretacji w sozologii, jak też w konkretnych opracowaniach zmierzających do wykorzystania specjalnych technik fotointerpretacyjnych. Był autorem wielu prac naukowych i publikacji z zakresu zastosowań teledetekcji i fotointerpretacji w ochronie środowiska, a także prekursorem stosowania w Polsce metod teledetekcji dla potrzeb leśnictwa

Po pięcioletnim okresie pracy w Zakładzie Fotogrametrii Instytutu Geodezji i Kartografii Wojciech Bychawski zmienił swoje zainteresowania, przechodząc w 1971 r. do nowopowstałego Zakładu Teledetekcji.

Tu jego uwagę zwróciły nowe techniki fotografii lotniczej, wśród których szczególnie zaciekała go barwna fotografia w podczerwieni, zwana u nas fotografią spektrostrefową. Filmy spektrostrefowe były w tym czasie jeszcze niedostępne dla krajów za żelazną kurtyną, ale Instytutowi udało się zdobyć jedną rolę takiego filmu do aparatu małoobrazkowego. Pierwsze zdjęcie wykonane na tym filmie (okolice kopalni węgla brunatnego w Turoszowie) ujawniło wyjątkowe różnicowanie kolorystyczne odwzorowanych na nim drzew liściastych i iglastych zachodzące nie tylko pomiędzy różnymi gatunkami, ale nawet w obrębie jednego drzewa. Po zidentyfikowaniu takich drzew w terenie i ich wizualnym zbadaniu okazało się, że zdjęcia spektrostrefowe różnicują i uwypuklają stan zdrowotny drzew. To spostrzeżenie, poparte analizą przedmiotowej literatury, wpłynęło na dalsze zainteresowania Wojciecha Bychawskiego.

Wkrótce potem Instytut otrzymał zgodę na zakup filmów spektrostrefowych do celów naukowych. Zakupione filmy miały szerokość 70 mm, a więc nie nadawały się do wykorzystania w typowych kamerach lotniczych.

Wielkoskalowe zdjęcia spektro-strefowe wykonane na filmie diapozytywowym były analizowane za pomocą specjalnych stereoskopów pozwalających na kilkudziesięciokrotne powiększenie obrazu. Dało to możliwość Wojciechowi Bychawskiemu bardzo szczegółowej analizy różnicowania barwnego koron drzew i oceny ich stanu zdrowotnego według kryteriów służby leśnej. Warto tu podkreślić, że analiza zdjęć spektrostrefowych pozwalała na określenie stanu zdrowotnego drzew już w początkowych stanach ich choroby, co nie było możliwe dotychczasowymi metodami, bez uciekania się do metod niszczących, czyli ścinania drzewa i zbadania igliwia w laboratorium.

Wojciech Bychawski do oceny stanu zdrowotnego całego kompleksu leśnego zastosował więc metodę statystyki matematycznej. Badania poszczególnych drzew dokonywał na skończonej liczbie próbek, natomiast wnioski ekstrapolował na całą zbiorowość. Tą metodą przeanalizował wiele kompleksów leśnych w różnych regionach kraju. Metoda ta znalazła w pełni uznanie i akceptację służby leśnej, za co wiele lat później (w 2012 r.) uhonorowano jej twórcę Złotym Kordelasem Leśnika Polskiego – najwyższym odznaczeniem przyznawanym osobom wyjątkowo zasłużonym dla leśnictwa.

Warto też wspomnieć, że Wojciech Bychawski metodę statystyki matematycznej zastosował też w badaniach nad określaniem struktury upraw i zasiewów na podstawie zdjęć lotniczych. Kilka lat później, gdy Instytut Geodezji i Kartografii przystąpił do realizacji europejskiego programu MARS (Monitoring od Agriculture with Remote Sensing), z którego danych miał korzystać Urząd Statystyczny Unii Europejskiej, okazało się, że metoda określania struktury upraw bazuje na tych samych założeniach, które znacznie wcześniej opracował Wojciech Bychawski.

Profesora Wojciecha Bychawskiego należy uznać za prekursora stosowania metod statystyki matematycznej w teledetekcji w naszym kraju.

Innym ciekawym epizodem pracy naukowej Profesora był udział w opracowywaniu arkusza mapy satelitarnej dla Sahary Algierskiej.

Instytut Geodezji i Kartografii wspomagał w tym projekcie Geokart, który był formalnym wykonawcą projektu. W tym trudnym metodycznie i terenowo projekcie Profesor zachowywał poczucie humoru, szczególnie podczas weryfikacji mapy na miejscu, co wpływało pozytywnie na pracę całego zespołu. Było to jeszcze w czasach bez GPSu, więc dyskutowano wiele o metodzie wyznaczania współrzędnych dla punktów do korekcji geometrycznej zdjęć i o metodach przetworzeń zdjęć dla wydobycia maksimum treści dla mapy. W Polsce nie realizowano dotąd tak dużego i nowoczesnego projektu, była to więc dobra szkoła dla polskiej teledetekcji i kartografii.

Prof. Wojciech Bychawski był wielokrotnie nagradzany i odznaczany. Zostały Mu nadane m.in. odznaki honorowe: „Za zasługi w dziedzinie geodezji” (srebrna w 1966 r., złota w 1971 r.), „Za zasługi dla leśnictwa i przemysłu drzewnego” (1977), „Zasłużony Pracownik Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska” (1975) oraz odznaczenia państwowe: Złoty Krzyż Zasługi (1984) i Brązowy Medal „za zasługi dla obronności kraju” (1987). Za wybitne osiągnięcia i ogromne zasługi dla leśnictwa w Polsce w roku 2012 został Mu przyznany

Złoty Kordelas Leśnika Polskiego – najwyższe odznaczenie, jakim honoruje się w Polsce osoby wyjątkowo zasłużone dla leśnictwa.

Prof. Wojciech Bychawski przez trzy lata (1991-1993) był także zatrudniony na stanowisku profesora nadzwyczajnego w Politechnice Warszawskiej, gdzie swoją wiedzę i doświadczeniem wspierał – nowopowstały w Zakładzie Fotogrametrii – Zespół Teledetekcji. W tym okresie prowadził wykłady z Fotointerpretacji i teledetekcji dla studentów specjalności Fotogrametria. Dzięki temu, że Instytut Geodezji i Kartografii był wiodącą w Polsce instytucją w obszarze teledetekcji, studenci z pierwszej ręki otrzymywali najnowsze informacje o zdjęciach satelitarnych i metodach ich interpretacji. Wielu z nich zaraził swoją pasją do teledetekcji i później częstokroć był promotorem lub recenzentem ich prac dyplomowych, albo rozpraw doktorskich. Wykłady prof. Wojciecha Bychawskiego cieszyły się dużym uznaniem wśród studentów Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Cenili Jego zaangażowanie, wykłady zabarwiane anegdotami z życia zawodowego, chęć wyjaśniania i umiejętność zachęcania do zgłębiania zawichości metod teledetekcyjnych oraz życzliwość i wysoką kulturę osobistą.

Prof. Wojciech Bychawski także był wieloletnim przewodniczącym Sekcji Geodezji. Profesor miał dar jasnego i pięknego pisania. Sprawozdania naukowe Instytutu pisane przez Niego jako sekretarza naukowego Instytutu, były nie tylko opracowaniami naukowymi, ale też dziełami literackimi.

Profesor nie chciał być osobą na pierwszym planie. Mówił: inni mogą to lepiej zrobić ode mnie. Ja będę ich wspierał. Może dlatego był osobą mniej znaną publicznie.

Warto też dodać informacje o talentach muzycznych Profesora. Bywał na koncertach w Filharmonii, składał na komputerze nuty dla wielu utworów, które były później drukowane i szły na pulpity wykonawców. Sam grał na instrumentach, jeszcze w technikum założył zespół muzyczny. Później grał na fisharmonii. Uświetniał msze w klasztorze sióstr w Węgrowie oraz w klasztorze sióstr Dominikanek położonym w Radoniach, koło Grodziska Mazowieckiego, niedaleko jego letniego domu.

Był też Przyjacielem i życzliwym nauczycielem młodzieży, która dowiadując się o niezwykle ciekawej pracy w OPOLIS w Instytucie Geodezji i Kartografii garnęła się do swojej pierwszej tak znaczącej pracy która dawała wysokie podstawy merytoryczne na całe życie.

Prof. dr hab. inż. Wojciech Bychawski odszedł 31 października 2020 roku.

## **Początki analiz teledetekcyjnych obszarów leśnych w Polsce i ich rozwój**

Emilia Wiśniewska  
Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych  
emilia.wisniewska@lasy.gov.pl

Tomasz Zawila-Niedźwiecki  
Komitet Nauk Leśnych i Technologii Drewna PAN,  
Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych  
tzawilan@gmail.com

*W referacie omówionych zostało kilka z wielu projektów, dotyczących oceny stanu lasów, zrealizowanych w ubiegłym wieku pod kierunkiem lub przy wsparciu prof. dr hab. Wojciecha Bychawskiego w Ośrodku Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych (OPOLiS) Instytutu Geodezji i Kartografii. Wyniki tych badań, ich popularyzacja, a szczególnie opracowania metodyczne oraz sformułowanie warunków technicznych wykonywania i interpretacji zdjęć lotniczych do oceny stanu lasu położyły podwaliny współczesnej teledetekcji lasu. Prof. Wojciech Bychawski był „ojcem” polskiej teledetekcji lasu, pionierem zastosowań barwnych zdjęć lotniczych w podczerwieni, promotorem wykorzystania zdjęć satelitarnych, mistrzem i nauczycielem. Jego praca naukowa i praktyczne wykorzystanie nowatorskich wyników badań zostały docenione licznymi nagrodami, m.in. Kordelasem Leśnika Polskiego, najwyższym wyróżnieniem Lasów Państwowych.*

W leśnictwie zarówno fotogrametria, jak i teledetekcja są dziedzinami geomatyki wspomagającymi „tradycyjne” metody inwentaryzacji i monitorowania. I choć cały czas analizy teledetekcyjne kojarzą się z nowoczesnymi i innowacyjnymi technologiami geoinformatycznymi, to warto pamiętać, że pierwsze badania nad zastosowaniem teledetekcji w leśnictwie wykonywane były w Polsce już w latach 70. ubiegłego wieku.

W referacie omówionych zostanie kilka z wielu projektów dotyczących oceny stanu lasów zrealizowanych w ubiegłym wieku pod kierunkiem lub przy wsparciu prof. dr hab. Wojciecha Bychawskiego w Ośrodku Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych (OPOLiS) Instytutu Geodezji i Kartografii.

W badaniach tych analizowano m. in. barwne zdjęcia lotnicze w podczerwieni (zwane też spektrostrefowymi lub z ang. Color InfraRed - CIR), w wyniku czego powstawały mapy przedstawiające przestrzenny rozkład oraz stan lasów, a także opracowano metody postępowania i wytyczne techniczne stosowania fotointerpretacji w praktyce leśnej. Doświadczenia prac badawczych z lat minionych, pomimo że najczęściej były wykonywane na materiałach analogowych, mogą także dziś służyć jako wskazówki przy wykonywaniu interpretacji ze zdjęć treści istotnych dla prowadzenia gospodarki leśnej. Uzyskane wyniki nadal stanowią istotny wkład naukowy i wiedzę, która jest stosowana oraz rozwijana w prowadzonych współcześnie projektach naukowych oraz wdrożeniach praktycznych.

Prof. Wojciech Bychawski w swoim, jak się wydaje najważniejszym nurcie badań zajął się poszukiwaniem związku korelacyjnego między wskaźnikiem barwy (na barwnym zdjęciu w podczerwieni), a stanem aparatu asymilacyjnego (Bychawski, Iracka, 1978a) oraz statystycznego wpływu różnych części koron drzew oraz różnych pięter lasu na kształtowanie się barwy na zdjęciu spektrostrefowym (Bychawski, Iracka, 1978b).

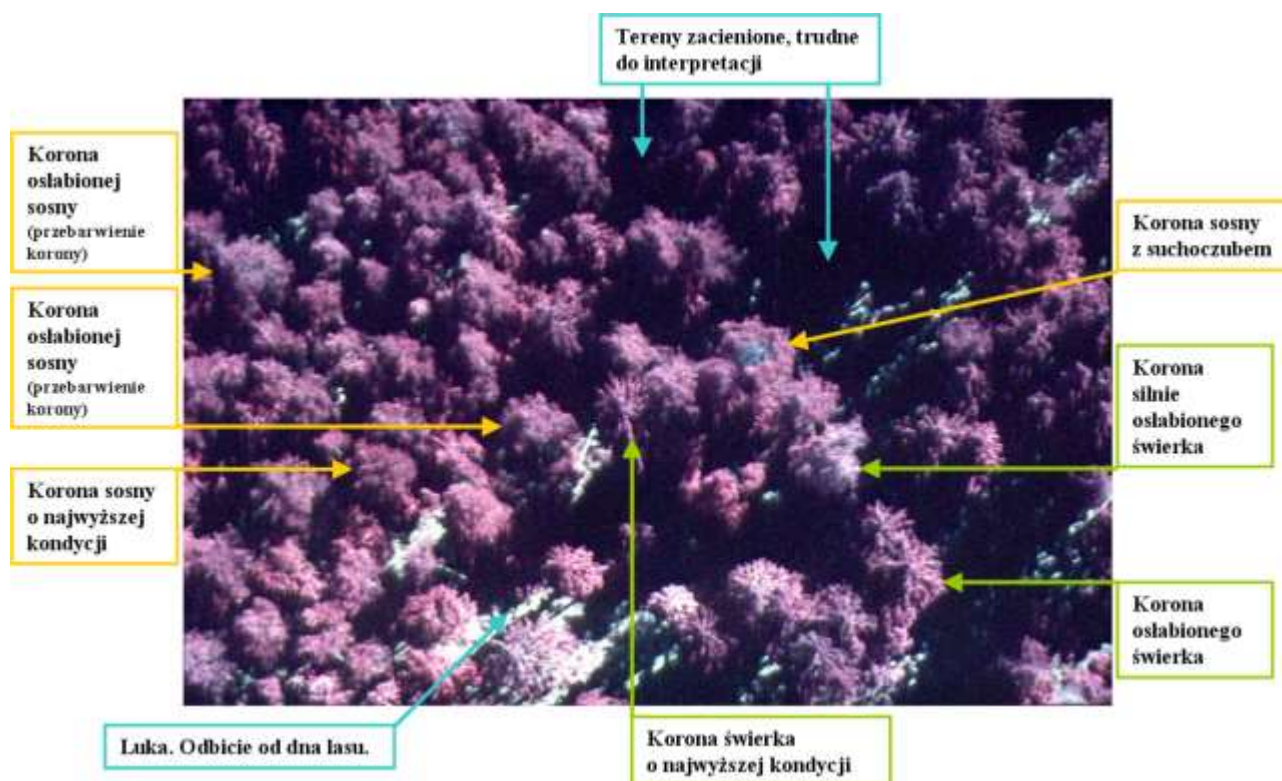
Spośród informacji o obszarach leśnych, które można uzyskać ze zdjęć, wyróżniono dwie kategorie:

- I – pozwalająca opisać stan powierzchni obszaru leśnego, np. strukturę gatunkową i wiekową, zwarcie pułapu koron, występowanie luk, zawartość kompleksu leśnego itp.;
- II – pozwalająca opisać jakościowy stan koron drzew, przejawiający się zasobnością koron w liście lub igły oraz ich barwą, a także formą koron. Aby w sposób wymierny interpretować spektrostrefowe zdjęcia lotnicze lasu, opracowano metodę polegającą na posługiwaniu się liczbowymi wskaźnikami, określanymi w wyniku obserwacji modelu stereoskopowego, a charakteryzującymi jakość bądź pojedynczych drzew, bądź pewnych fragmentów drzewostanu (Bychawski 1980).

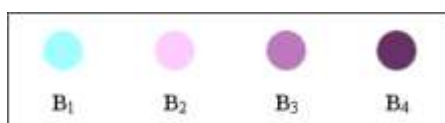
Cechy wymienione w kategorii I można również pozyskać ze zdjęć wykonywanych w innych technikach (RGB, B/W). Natomiast II kategoria wymaga wykorzystania zdjęć, które

umożliwiają ocenę stanu aparatu asymilacyjnego dzięki informacji o odbiciu promieniowania elektromagnetycznego od drzew czy fragmentów drzewostanów, w zakresie bliskiej podczerwieni i wybranych zakresów promieniowania widzialnego. Do interpretacji tego typu zdjęć ważne było opracowanie wymiernych wskaźników barwy pozwalających na obiektywną (realizowaną przez różnych obserwatorów) ocenę kondycji drzew. Przy tego typu ocenach podczas interpretacji wizualnej, możliwe jest wyróżnienie kilku barw (na ogół od 3 do 5), które można powiązać z kondycją drzewa.

Opracowanie wskaźników barwy było o tyle istotne, że w zależności od kanałów tworzących obraz w barwach nierzeczywistych (niektóre zobrazowania mogą rejestrować więcej zakresów niż tylko niebieski, zielony, czerwony i bliska podczerwień) i zastosowanych przetworzeń (korekcji radiometrycznych, zmian kontrastu i jasności, filtracji, wagowań) zdjęcia wykonane podczas różnych nalotów mogą pokazywać obszar lasów w różnej kolorystyce. Na przykład w opracowaniach z lat 80. XX wieku, wykonywanych na trójwarstwowych (Kodak Aerochrome IR 2443) i dwuwarstwowych (SN-6) analogowych filmach spektrostrefowych, podczas interpretacji przeprowadzonej dla drzewostanów sosnowych na obszarach przemysłowego zanieczyszczenia powietrza, najzimniejsza barwa koron drzew (niebieskozielona – B1) została przypisana drzewom martwym, a drzewom żywym – korony o barwach ciepłych: drzewom o średnim stopniu degradacji (lepszej kondycji) – barwy cieplejsze (B2 i B3 – barwy pośrednie: różowoszara i jasnopurpurowa), a sosnom o najlepszej kondycji – barwa najcieplejsza (B4 – ciemnopurpurowa). Następnie określano udział poszczególnych kategorii drzew na reprezentujących drzewostan powierzchniach próbnych.



**Ryc. 1.** Barwne zdjęcie lotnicze w podczerwieni (spektrostrefowe) z widocznymi koronami świerków i sosen o różnej kondycji. Interpretacja wizualna wybranych elementów lasu na pojedynczym zdjęciu (źródło: Wiśniewska 2013)



**Ryc. 2.** Przykładowa skala barw obrazów koron drzew widocznych na zdjęciu spektrostrefowym: B1 – barwa korony drzewa martwego, B2 – barwa korony drzewa silnie osłabionego, B3 – barwa korony drzewa osłabionego, B4 – barwa korony drzewa o najwyższej kondycji (źródło: Bychawski)

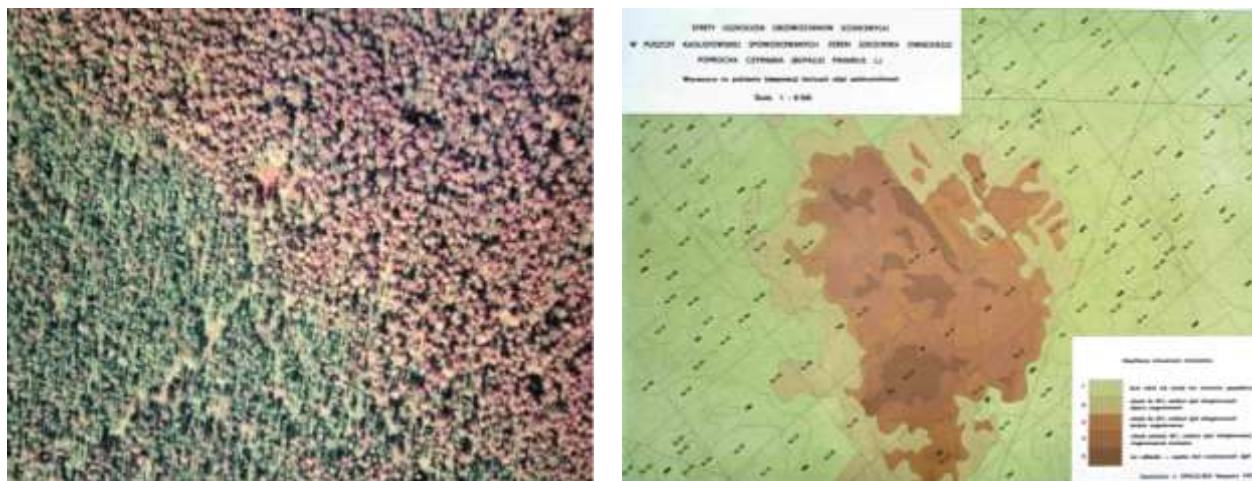
Kolejne prace bazowały na formułach matematycznych opracowanych przez Profesora i dotyczyły wyznaczania stref zagrożenia przemysłowego, oceny stanu

zdrowotnego i stanu sanitarnego lasu. Zaletą opracowań wykonywanych przez profesora Bychawskiego i przez niego inspirowanych jest ich zorientowanie na praktyczne zastosowania, a więc odnosił się i dostosowywał do istniejących w leśnictwie instrukcji i zasad, dzięki czemu wynikami prac były nie tylko mapy, ale także zestawienia inwentaryzacyjne wykonywane zgodnie z obowiązującymi w Lasach Państwowych standardami. Dzięki temu w latach 1984/85 dokonano po raz pierwszy na dużą skalę oceny stanu lasu na podstawie zdjęć lotniczych na powierzchni blisko 70 tys. ha w Nadleśnictwach Świeradów, Szklarska Poręba i Śnieżka, a także w Karkonoskim Parku Narodowym.

Te pierwsze, innowacyjne opracowania z zakresu teledetekcji leśnej ukierunkowane były zarówno na interpretację treści zdjęć tj. określaniu wybranych elementów taksacyjnych i określaniu stanu zdrowotnego drzew i drzewostanów, a także pozyskiwaniu ze zdjęć informacji o geometrii obiektów leśnych poprzez prowadzenie obserwacji na modelach trójwymiarowych. Stereoskopowa obserwacja i interpretacja treści zdjęć umożliwiała uzyskiwanie bardziej szczegółowych i dokładnych informacji niż przy analizach płaskiego obrazu ortofotomapy.

Pierwsze analizy spektrostrefowych zdjęć lotniczych obszarów leśnych ze względu na zwiększające się skażenia środowiska powodujące katastrofalne zmiany w lasach prowadzono w celu określenia stref zagrożenia przemysłowego drzewostanów sosnowych będących pod wpływem działania zakładów przemysłowych (Bychawski i in. 1977). Dla lasów w Bełchatowskim Okręgu Przemysłowym wykorzystano zależność między barwą korony na zdjęciu a ubytkiem aparatu asymilacyjnego do różnicowania jakości drzewostanów ulegających degradacji pod wpływem różnych czynników sprawczych kumulujących się na danym obszarze. Stworzoną metodę (Bychawski, Iracka 1978a) oceny wpływu przemysłu na stan lasów stosowano z powodzeniem przez szereg lat, co pozwoliło obserwować tempo zmian i przewidywać rozwój występujących na badanym obszarze zjawisk.

Wykonywano również opracowania dotyczące lasów dotkniętych gradacjami owadów np. dokonano oceny zniszczeń spowodowanych gradacją paprocha cetyniaka w 1975 r. w Puszczy Augustowskiej oraz gradacją brudnicy mniszki na początku lat 80. w Borach Tucholskich (Bychawski i in. 1988).



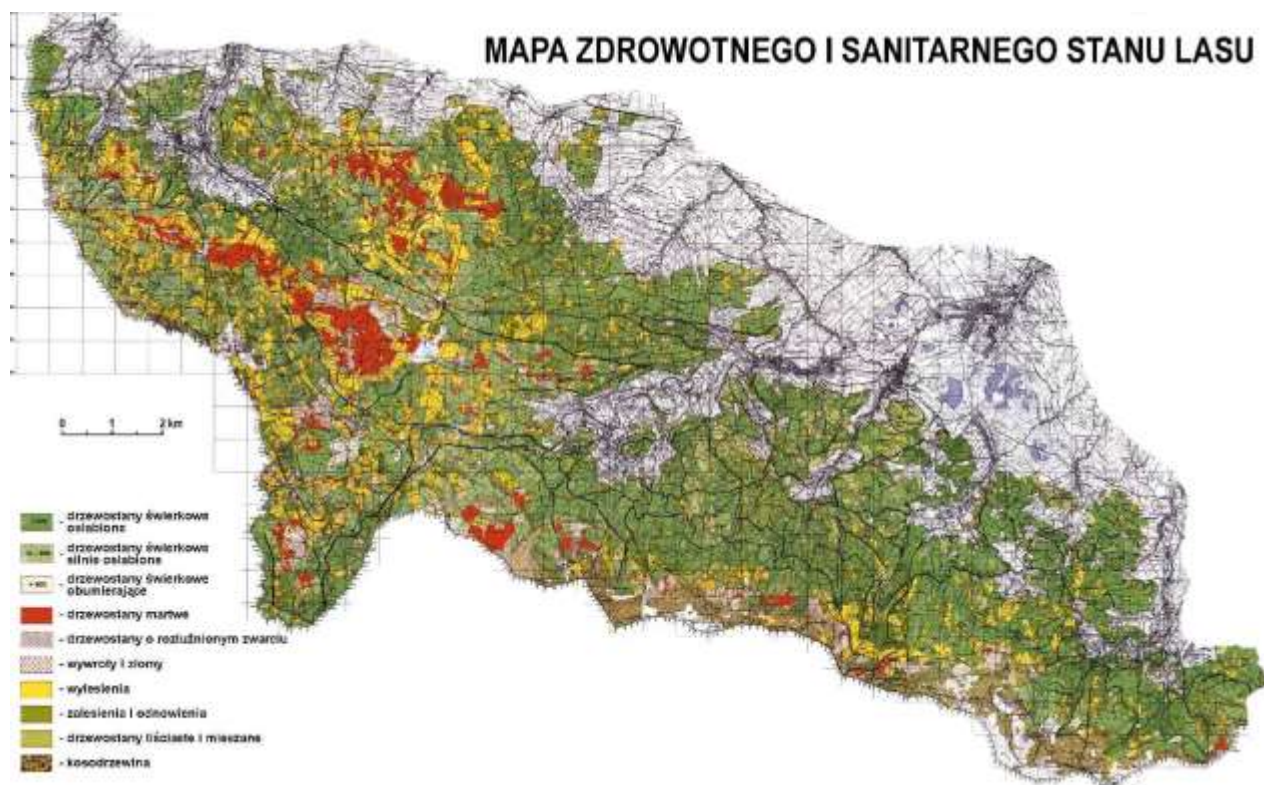
**Ryc. 3.** Barwne zdjęcie lotnicze w podczerwieni (spektrostrefowe) z widocznym uszkodzeniem drzewostanów sosnowych spowodowanych żerem szkodnika owadziego poprocha cetyniaka w Puszczy Augustowskiej i mapa fotointerpretacyjna z wyznaczonymi 5 stopniami uszkodzeń drzewostanów (źródło: IGiK 1979)

Teledetekcja przez wiele lat wspomagała kompleksowe badania degradacji środowiska w Sudetach Zachodnich, poprzez opracowanie map szaty leśnej z wykorzystaniem zdjęć najpierw lotniczych, a następnie satelitarnych.

Przykładem interpretacji wizualnej spektrostrefowych zdjęć lotniczych jest mapa stanu zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu, opracowana na podstawie wykonanych w 1984 r. zdjęć lasów w Sudetach Zachodnich, dotkniętych klęską ekologiczną. W wyniku stereoskopowej analizy zdjęć lotniczych (wykonanych na filmie dwuwarstwowym) wyodrębniono zasięgi drzewostanów iglastych pod względem stanu sanitarnego, wydzielając:

- drzewostany martwe,
  - drzewostany świerkowe obumierające,
  - drzewostany świerkowe silnie osłabione,
  - drzewostany świerkowe osłabione.
- Wyróżniono także inne klasy charakteryzujące badane obszary leśne:
- zasięgi drzewostanów o rozluźnionym zwarciu,
  - wywroty i złomy,
  - wylesienia,
  - zalesienia i odnowienia,
  - drzewostany liściaste i mieszane,
  - kosodrzewinę.

Wykonana na podstawie takiej inwentaryzacji mapa przedstawia powierzchniowy rozkład zjawisk opisanych wymienionymi wyżej klasami, dając np. możliwość analizy związków między występowaniem tych zjawisk i ich nasileniem a zmieniającą się morfologią terenu czy wysokością nad poziomem morza. Ponadto (a z punktu widzenia praktyki leśnej przede wszystkim) opracowanie obejmowało szczegółowe wskaźniki zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu obliczone na podstawie zdjęć dla każdego wydzielenia taksacyjnego). Materiały te stanowiły również podstawę do interpretacji zdjęć satelitarnych, które zaczęto w połowie lat 80. XX wieku wprowadzać do celów wielkoobszarowego monitorowania lasów Europy.



**Ryc. 4.** Mapa zdrowotnego i sanitarnego stanu lasów dotkniętych klęską ekologiczną w Sudetach Zachodnich, wykonana na podstawie interpretacji barwnych zdjęć lotniczych w podczerwieni z 1984 r. (źródło Iracka i in. 2000)

Wśród realizowanych od lat 70. ubiegłego wieku do lat 2000 projektów prowadzonych pod kierunkiem prof. Bychawskiego lub przy Jego wsparciu warto wymienić następujące opracowania, będące kamieniami milowymi rozwoju teledetekcji lasu:

- ocena zniszczeń spowodowanych gradacją poprocha cetyniaka w borach sosnowych Puszczy Augustowskiej (interpretacja zdjęć pozwoliła wyróżnić na mapie stworzonej na podkładzie leśnej mapy drzewostanowej pięć stopni uszkodzeń),
- ocena zniszczeń spowodowanych gradacją brudnicy mniszki w Borach Tucholskich (interpretacja zdjęć w latach 1980, 1981, 1982 dla lasów Nadleśnictwa Osie pozwoliła opracować mapy uszkodzeń i zbudowano model zmienności ubytku aparatu asymilacyjnego przedstawiający dynamikę zmian wraz z prognozą na lata następne),
- określanie na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych stref zagrożenia drzewostanów będących pod wpływem szkodliwego działania zakładów przemysłowych:



mapa z 1979 roku ze strefami uszkodzeń drzewostanów sosnowych pozostających pod wpływem emisji zakładów przemysłowych Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, mapa z 1979 roku ze strefami zagrożenia przemysłowego drzewostanów sosnowych Leśnictwa Tokary Nadleśnictwa Konin, zmiany stanu lasów w Bełchatowskim Okręgu Przemysłowym (analiza zmian i mapy stanu sanitarnego z 1981 i 1985 r.)

- analiza zmian i badania degradacji środowiska w polskiej części Sudetów (analizowano zdjęcia lotnicze z 1975 r., 1982 r., 1984 r., a także zdjęcia satelitarne Landsat MSS, TM i ETM+, Kosmos oraz SPOT),
- analiza stanu zdrowotnego lasów w Pienińskim Parku Narodowym (na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych opracowano mapę stanu zdrowotnego lasu, metoda była nowatorska w stosunku do dotychczas stosowanych, gdyż uwzględniała nie tylko potrzeby ochrony przyrody w parku narodowym, ale także integrację danych podkładowych i georeferencję z przejściem z kadastru galicyjskiego na współczesne warunki techniczne sporządzania map topograficznych),
- ocena stanu lasów na zdjęciach satelitarnych z wykorzystaniem systemów informacji przestrzennej (analizy pogorzelniska koło Kuźni Raciborskiej, analiza lasów Puszczy Kozienickiej i Puszczy Knyszyńskiej).

Kierując się wcześniej uzyskiwanymi wynikami, w 1984 r. opracowano w OPOLiS metodę, wraz ze szczegółowymi warunkami technicznymi, inwentaryzacji zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu na podstawie barwnych zdjęć lotniczych w podczerwieni (Bychawski i in. 1984). Technologia ta została wdrożona w dwóch przedsiębiorstwach geodezyjno-kartograficznych.

Oczywiście bardziej wymierny jest sposób „oceny” barwy dokonywany na drodze klasyfikacji cyfrowej, podczas której analizowane są wartości odbić spektralnych wyrażone wartościami liczbowymi. Należy jednak podkreślić, że interpretacja wizualna opracowana w dobie materiałów analogowych w IGiK-OPOLiS pozwalała na przeprowadzanie obiektywnej oceny kondycji drzew i opracowanie map obszarów leśnych przedstawiających klasy uszkodzenia drzewostanów.

Opracowane przez prof. Wojciecha Bychawskiego matematyczne podstawy interpretacji zdjęć analogowych stały się nieco później fundamentem cyfrowych przetworzeń. A cyfryzacja, to był kolejny zakres Jego zainteresowań.

Wyniki wymienionych badań, ich popularyzacja, a szczególnie opracowania metodyczne oraz sformułowanie warunków technicznych wykonywania i interpretacji zdjęć lotniczych do oceny stanu lasu położyły podwaliny współczesnej teledetekcji lasu. Gdy po 1989 roku dane teledetekcyjne i mapy straciły w większości przypadków status informacji niejawnych oraz zostały uruchomiono na początku lat 90. misje satelitów teledetekcyjnych o wysokiej rozdzielczości, wykorzystanie danych teledetekcyjnych stało się szeroko dostępne dla praktyki. Jednocześnie przez cały czas w wielu ośrodkach kontynuowano i nadal są prowadzone prace badawcze poświęcone teledetekcji leśnej, które poszerzają wiedzę i dostosowują metody wykorzystania teledetekcji w leśnictwie, które zainicjował prof. Wojciech Bychawski. Opracowania te wykorzystują fotogrametryczne zdjęcia wielospektralne i hiperspektralne, zdjęcia satelitarne średnio- i wysokorozdzielcze, zdjęcia z bezzałogowych systemów latających, naziemne i lotnicze skanowanie laserowe (TLS i ALS) w powiązaniu z wieloźródłowymi danymi o środowisku zgromadzonymi w systemach informacji przestrzennej oraz zaawansowanymi technologiami przetwarzania danych (m.in. Wiśniewska, Zawila 1998, Zawila i in. 2001, Miścicki 2007; Zawila-Niedźwiecki, Zasada 2008, Hościło i in. 2016, Ciesielski i in. 2016, Stereńczak i in. 2016, Hycza i in. 2017, Wężyk i in. 2017, Wietecha i in. 2017, Hościło i in. 2018, Kamińska i in. 2018, Bałazy i in. 2019).

Elementem nawiązującym do stereoskopowej obserwacji analogowych, spektrostrefowych zdjęć lotniczych do oceny stanu oraz zróżnicowania przestrzennego lasów, są obecnie rozwijane technologie teledetekcyjne mające na celu dostarczanie informacji nie tylko o numerycznym modelu terenu (NMT), numerycznym modelu pokrycia terenu (NMPT) i wysokościowym modelu koron (WMK), ale także tworzenie modeli i algorytmów do szacowania nadziemnej biomasy drzew i szacowania zasobności drzewostanów np. z wykorzystaniem danych lotniczego skanowania laserowego (ALS). Warto wspomnieć, że pierwsze opracowanie dotyczące wykorzystania NMT w monitorowaniu lasów były wykonane w OPOLiS, dzięki wsparciu prof. Bychawskiego już w 1992/3 roku (Zawila-Niedźwiecki, Glasenapp 1994). Obecnie w PGL LP pilotażowo

wdrażana jest metoda opracowana w ramach projektu Rembiofor (realizowanego pod kierunkiem IBL przez konsorcjum jednostek naukowych i PGL LP) mająca na celu określanie zasobności drzewostanów z wykorzystaniem danych ALS, jako elementu składowego planu urządzenia lasu (PUL). Jest to alternatywna metoda określenia wielkości zasobów drzewnych w stosunku do aktualnie obowiązującej metody statystyczno-matematycznej z wykorzystaniem warstw gatunkowo-wiekowych i pomiarów na kołowych powierzchniach próbnych, opisanej w Instrukcji urządzania lasu. Metoda ta określa pozyskiwanie danych teledetekcyjnych, zakładanie naziemnych powierzchni próbnych (referencyjnych) i przetwarzanie danych z wykorzystaniem specjalnego oprogramowania oraz zintegrowania wyników w bazie danych powiązanej z Systemem Informatycznym Lasów Państwowych (SILP).

Inną powszechnie już stosowaną praktyką w PGL LP jest wykorzystywanie, przy realizacji prac urządzeniowych dla nadleśnictw, lotniczych ortofotomap RGB i CIR. W zależności od dostępności aktualnych materiałów są one pozyskiwane z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego lub zlecane jest wykonanie zdjęć lotniczych i opracowanie aktualnej ortofotomapy.

W zależności od potrzeb przeprowadzane są także inne analizy i opracowania realizowane w poszczególnych jednostkach lub na zlecenie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe, w których wykorzystywane są dane teledetekcyjne i ich produkty pochodne (np. ortofotomapy, numeryczne modele, wskaźniki roślinności, mapy klasyfikacyjne) do oceny stanu lasów i zachodzących zmian.

Analizy te prowadzone są z wykorzystaniem odpowiedniego typu danych teledetekcyjnych i innych danych przestrzennych (ze szczególnym uwzględnieniem Leśnej Mapy Numerycznej). PGL LP prowadzi lub jest współpartnerem w pracach badawczo-wdrożeniowych, które mają na celu rozwijanie technologii przetwarzania danych teledetekcyjnych w celu uzyskiwania coraz pełniejszej informacji o obszarach leśnych zarówno w skali lokalnej, regionalnej i ogólnopolskiej.

Pan prof. Wojciech Bychawski przykładał wielką wagę do współpracy z innymi instytucjami, nawiązał bliskie kontakty naukowe z PW (prof. S.Białousz, prof. W.Wilkowski), IBL (prof. Z.Sierpiński, prof. T.Trampler, dr J.Smykała), SGGW (prof. H.Olender, prof. A.Bruchwald, prof. A.Szujewski, prof. J.Mozgawa), Lasami Państwowymi (dr J.Smykała, naczelnik Z.Rozwałka), BULiGL (W.Barszczewski, J.Fuchs). Brał udział lub promował kontakty z instytucjami zagranicznymi: Interkosmos, EARSeL, IUFRO, FAO, US Forest Service, EFI.

Dorobek prof. Wojciecha Bychawskiego do dzisiaj służy kolejnym pokoleniom ekspertów teledetekcji. Jego prace są cytowane i przywoływane we współczesnych publikacjach (Okła, 2013; Będkowski, 2015).

#### Literatura:

BAŁAZY R., CIESIELSKI M., WARAKSA P, ZASADA M., ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI T., 2019: Deforestation processes in the Polish Mountains in the context of terrain topography. *Forests*, 10, 1027; doi: 10.3390/f10111027: 2-12.

BĘDKOWSKI K., 2015: Z historii rozwoju fotogrametrii i teledetekcji w leśnictwie polskim. *Teledetekcja Środowiska* Tom 52 (2015/1) ss. 5-15 ([http://geoinformatics.uw.edu.pl/wp-content/uploads/sites/26/2016/07/TS\\_v52\\_05\\_Bedkowski.pdf](http://geoinformatics.uw.edu.pl/wp-content/uploads/sites/26/2016/07/TS_v52_05_Bedkowski.pdf))

BYCHAWSKI W., 1980: Zastosowanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych do określania stref przemysłowego zagrożenia drzewostanów sosnowych. *Prace IGiK*, t. XXVII, z. 66.

BYCHAWSKI W., CIOŁKOSZ A., IRACKA M., ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI T., 1988: Doświadczenia OPOLiS w badaniach degradacji lasów za pomocą teledetekcji lotniczej i satelitarnej. *Prace IGiK*, t. XXXV, z. 81.

BYCHAWSKI W., IRACKA M., 1978a: Określanie, na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych, stref zagrożenia przemysłowego drzewostanów sosnowych, będących pod wpływem szkodliwego działania zakładów przemysłowych. *Prace IGiK*, t. XXV, z. 2 (59).

BYCHAWSKI W., IRACKA M., 1978b: Przyczyny różnicowania barw obrazów koron sosny na spektrostrefowym zdjęciu lotniczym. *Prace IGiK*, t. XXV, z. 3 (60).

BYCHAWSKI W., IRACKA M., MOZGAWA J., 1977: Wykorzystanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych do badań uszkodzeń drzewostanów sosnowych. *Prace IGiK*, t. XXIV, z. 55.

BYCHAWSKI W., IRACKA M., ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI T., 1984: Metoda określenia zdrowotnego i sanitarnego stanu lasów na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych. Dokumentacja IGiK-OPOLiS (maszynopis).

- CIESIELSKI M., BAŁAZY R., HYZA T., DMYTERKO E., BRUCHWALD A., 2016: Szacowanie szkód spowodowanych przez wiatr w drzewostanach przy wykorzystaniu obrazów satelitarnych i danych Systemu Informatycznego Lasów Państwowych (polski) Sylwan, R. 160 nr 5, s. 371-377.
- HOŚCIŁO A., LEWANDOWSKA A., 2018: Zastosowanie danych z satelity Sentinel-2 do szacowania rozmiaru szkód spowodowanych w lasach huraganowym wiatrem w sierpniu 2017 roku, Sylwan, Vol. 162 (8), pp. 619-627.
- HOŚCIŁO A., MIROŃCZUK A., LEWANDOWSKA A., 2016: Określenie rzeczywistej powierzchni lasów w Polsce na podstawie dostępnych danych przestrzennych, Sylwan 160 (8): 627:634.
- HYZA T., STEREŃCZAK K., BAŁAZY R., 2017: Black-Bridge data in the detection of forest area changes in the example of Sudety and Beskidy. Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry, Vol. 59 (4): 273–280.
- IRACKA M., ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI T., WIŚNIEWSKA E., 2000: Remotely sensed monitoring of forest decline in the Sudety Mountains – 1976–1999. [w:] Zawila-Niedźwiecki T., Brach M. (red.): EUR 19530 – Remote Sensing and Forest Monitoring JRC/WAU/IUFRO Conference Proceedings. Office for Official Publications of the European Communities Luxembourg, s. 643–658
- KAMIŃSKA A., LISIEWICZ M., STEREŃCZAK K., KRASZEWSKI B., SADKOWSKI R., 2018: Species-related single dead tree detection using multi-temporal ALS data and CIR imagery. Remote Sensing of Environment, 219, 31-43.
- MIŚCICKI S., 2007: Urządzenie obrębu leśnego z wykorzystaniem zdjęć lotniczych. Temat wykonany na zlecenie DGLP (maszynopis dostępny w Wydziale Urządzania Lasu i Geoinformatyki DGLP, wersja cyfrowa dostępna na [www.geomatyka.lasy.gov.pl](http://www.geomatyka.lasy.gov.pl)).
- OKŁA K (red.), 2013: Geomatyka w Lasach Państwowych. Część II. Poradnik praktyczny. CILP, Warszawa.
- STEREŃCZAK, K., CIARKA, Ż., KRASZEWSKI, B., BIAŁCZAK, M., MODZELEWSKA, A., MIELCAREK, M., SADKOWSKI, R., (2016). Analizy teledetekcyjne w Puszczy Białowieskiej. Głos Lasu, 7-8 (549), 42-44.
- WĘŻYK P., MUCHA M., SZOSTAK M., 2017: Mapa użytkowania i pokrycia fragmentu Gorceńskiego Parku Narodowego opracowana w oparciu o fotointerpretacje cyfrowych ortofotomap lotniczych CIR z 2011 roku. Roczniki Geomatyki. ISSN 1731-5522, Tom XV, zeszyt 1(76): 119-131
- WIETECZA M., MODZELEWSKA A., STEREŃCZAK K., 2017: Wykorzystanie lotniczej teledetekcji hiperspektralnej w klasyfikacji gatunkowej lasów strefy umiarkowanej. Sylwan, 161 (1): 3–17.
- WIŚNIEWSKA E., 1994: „Teledetekcyjne badanie stanu sanitarnego lasu w Pienińskim Parku Narodowym” (Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, Praca magisterska przygotowana pod kierunkiem prof. W. Bychawskiego)
- WIŚNIEWSKA E., 2013: Wprowadzenie do analiz teledetekcyjnych obszarów leśnych. w Geomatyka w Lasach Państwowych. Część II. Poradnik praktyczny, s. 152-167; wyd. CILP
- WIŚNIEWSKA E., ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI T., 1998: Klasyfikacja treści leśnej zdjęć satelitarnych. Pr. IGiK, 97, s.157-169
- ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI T., GLASENAPP E., 1994: Wykorzystanie numerycznego modelu terenu w ocenie stanu lasów górskich. Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Numeryczny model terenu i jego wykorzystanie. Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW, Rogów, 8 grudnia 1994: 121-129.
- ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI T., IRACKA M., WIŚNIEWSKA E., 2001: Teledetekcja jako narzędzie monitorowania lasów pozostających pod wpływem zanieczyszczeń przemysłowych. IV Krajowe Sympozjum „Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe”, Kórnik 29 maja–1 czerwca 2001
- ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI T., ZASADA M. (red.), 2008: Techniki geomatyczne w inwentaryzacji lasu – potrzeby i możliwości. Wydawnictwo SGGW, Warszawa

## **Quo vadis silva remotis sentientia ?**

Piotr Wężyk  
*Katedra Zarządzania Zasobami Leśnymi,  
Wydział Leśny Uniwersytet Rolniczy, Kraków  
e-mail: piotr.wezyk@urk.edu.pl*

Niezależnie od momentu, w którym rozpoczynaliśmy naszą przygodę z teledetekcją, ona zawsze nas czymś fascynowała i zaskakiwała. Nawet jeśli po latach pracy z tą samą technologią czy sensorem, wydawało nam się, że już niczego innego się spodziewać nie należy i pozostaje doskonalić się w rysowaniu większej ilości AOI czy rozumieniu skrótów i znaczenia kolejnych wskaźników roślinności czy też modułów skomplikowanego oprogramowania, to nagle pojawiała się całkowicie nowa zaskakująca technologia przewracająca na moment nasze poukładane już twierdzenia o rozumieniu otaczającej nas rzeczywistości. Technologie przynoszą ze sobą odkrycia, dają nam nowe możliwości, otwierają nasze umysły i dostarczają świeżej energii poznania świata. Za początki teledetekcji uznaje się pierwsze rejestracje fotograficzne i związane z nimi metody interpretacji obrazów najpierw analogowych a w końcu cyfrowych. Dziś sięgamy niemal gwiazd wystrzeliwując co kilka dni: dziesiątki, setki i tysiące wielkich, średnich, mikro i w końcu nano- satelitów, dzięki którym poznanie świata i procesów ma być jeszcze bardziej nieomyślne. Od zamawiania na taśmach magnetycznych czy CD-R czy ściągania przez FTP dziesiątek obrazów satelitarnych przeszliśmy do pracy w chmurach obliczeniowych. Często przerzucamy GB i TB danych posługując się tabletem czy nawet sprawdzając proces postępu obliczeń na telefonie. Osiągamy 15 cm GSD z orbity LEO w przypadku obrazów optycznych, altimetry LiDAR umieściliśmy na międzynarodowej stacji kosmicznej i na dronach, podobnie jak kamery hiperspektralne czy mikrofalowe sensory. Porzuciliśmy uznane kanony oprogramowania i programujemy w językach i na platformach, o których kilka lat temu nie słyszeliśmy zbyt wiele a już w zasadzie staliśmy się ekspertami sztucznej inteligencji. W ciągu kilku godzin przetwarzani danych w wielkich centrach komputerowych uzyskujemy więcej niż kiedyś zespoły specjalistów pracujące miesiącami.

*Quo vadis silva remotis sentientia?* Dokąd zmierzasz leśna teledetekcjo? Czym będziesz za dekadę? Za dwie? To właśnie ta tajemnica powoduje, że chcemy dalej pracować w teledetekcji czekając na nowe możliwości odkryć i wiarę w nowe paradygmaty.

Profesor Bychawski na pewnym decydującym dla mnie etapie życia był moim ważnym drogowskazem i choć z nim blisko nie dane mi było współpracować to przyjmowałem jego rady i twierdzenia jako paradygmaty. Był leśnikiem z czego byłem bardzo dumny. Każdy z nas spotyka na swej drodze życia naukowego taki mądry czasem bardzo skromny ale ważny drogowskaz. Mnie pozostała po spotkaniu recenzja Profesora pomiędzy kartami mojej dysertacji.

## **Modelowanie cech drzewostanów z wykorzystaniem danych lotniczego skanowania laserowego**

Krzysztof Stereńczak  
*Institut Badawczy Leśnictwa*  
*k.sterenczak@ibles.waw.pl*

Lotnicze skanowanie laserowe (ALS) spowodowało rewolucję w inwentaryzacji zasobów leśnych. Rosnąca popularność tej technologii wiąże się z tym, iż umożliwia ono automatyzację przetwarzania danych oraz pozwala na obiektywne określanie wybranych cech drzew i drzewostanów. ALS jest coraz częściej wykorzystywany do inwentaryzacji lasów także w Polsce.

W prezentacji przedstawione zostaną wyniki projektu REMBIFOR „Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach”, współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, w ramach programu „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” BIOSTRATEG. W prezentacji zaprezentowane zostaną wybrane efekty projektu, a także wstępne wyniki wdrożenia go do praktyki leśnej w Lasach Państwowych.