

In memoriam

Prof. dr hab. inż. Wojciech Bychawski (1935–2020) – prekursor teledetekcji środowiska

*In memory of Professor Wojciech Bychawski (1935–2020)
– precursor of environmental remote sensing*

 Tomasz ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI

Komitet Nauk Leśnych i Technologii Drewna Polskiej Akademii Nauk
Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych (PGL LP)
ul. Kolejowa 5/7
01-217 Warszawa
tzawilan@gmail.com

Emilia WIŚNIEWSKA

Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych
Wydział Urządzania Lasu
ul. Grójecka 127
02-124 Warszawa
emilia.wisniewska@lasy.gov.pl



fot. Maria Iracka

Profesor Wojciech Bychawski urodził się w Warszawie w 1935 roku i kontynuując rodzinną tradycję związał się zawodowo z geodezją. W 1952 roku ukończył Technikum Geodezyjne, a w 1959 – Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, specjalizując się w zakresie fotogrametrii. Pracę zawodową rozpoczął w 1952 roku, jako technik, w Państwowym Przedsiębiorstwie Geodezyjno-Kartograficznym w Warszawie. Po ukończeniu studiów pracował najpierw w Wojskowej Akademii Technicznej (1960–66), a następnie przez 40! lat (1966–2006) w Instytucie Geodezji i Kartografii. W latach 1991–93 prowadził wykłady z zakresu fotointerpretacji i teledetekcji na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. W charakterze eksperta był także związany z Przedsiębiorstwem Eksportu Geodezji i Kartografii „GEOKART”, biorąc udział w inwentaryzacji lasów i pastwisk Tunezji na podstawie danych teledetekcyjnych.

W Instytucie Geodezji i Kartografii początkowo pracował w Zakładzie Fotogrametrii, w którym w 1971 roku utworzono Pracownię Fotointerpretacji, następnie od 1974 roku w nowo powołanym Zakładzie Interpretacji Zdjęć Lotniczych i Satelitarnych. W 1976 roku współtworzył Ośrodek Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych (OPOLiS), który powstał na mocy decyzji nr 145/75 Prezydium Rządu z dnia 23.12.1975 r. OPOLiS stał się łącznikiem między krajami przeciwstawnych bloków Wschodu i Zachodu współpracując zarówno w ramach programu INTERKOSMOS, jak i z NASA, Europejską Agencją Kosmiczną, Kanadyjskim Centrum Teledetekcji, francuskim Narodowym Centrum Badań Kosmicznych czy Szwedzką Agencją Kosmiczną. W trudnym okresie transformacji politycznej i ekonomicznej prof. W. Bychawski został sekretarzem naukowym Instytutu (1991), a wkrótce zastępcą dyrektora ds. naukowych (funkcję tę pełnił do roku 2001), działając na rzecz zmian funkcjonalnych pozwalających przetrwać czas kryzysu gospodarczego oraz przygotowujących IGIK do nowych zasad funkcjonowania jednostek naukowych oraz otwierając go na szeroką współpracę międzynarodową i finansowanie badań również z zagranicznych środków.

Przez wiele lat pełnił funkcję przewodniczącego Rady Wydawniczej Instytutu Geodezji i Kartografii, przyczyniając się do unowocześnienia procesu wydawniczego oraz wpływając na wysoką jakość i formę publikacji.

Był cenionym ekspertem i naukowcem, o czym może świadczyć wybieranie Go do ciał kolegialnych Polskiej Akademii Nauk, takich jak Komitet Geodezji czy Komitet Badań Kosmicznych i Satelitarnych oraz rad naukowych instytutów naukowo-badawczych.

W Instytucie Geodezji i Kartografii, w 1975 roku obronił pracę doktorską dotyczącą fotogrametrycznego wyznaczania przemieszczeń (promotorem był wybitny fotogrametra prof. Marian Brunon Piasecki z Politechniki Warszawskiej). Był pierwszym wypromowanym doktorem w Instytucie Geodezji i Kartografii, który uzyskał stosowne uprawnienia w 1972 roku. Prof. Wojciech Bychawski habilitował się w 1982 roku na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, na podstawie pracy pt. „Zastosowanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych do określania stref zagrożenia przemysłowego drzewostanów sosnowych” (Bychawski 1980). Tytuł profesora nauk technicznych uzyskał w 1990 roku.

Zakres zainteresowań naukowych prof. Wojciecha Bychawskiego był niezwykle szeroki, ale zawsze zwracał uwagę na praktyczne rozwiązania i wagę wdrażania rozwiązań naukowych w różnych dziedzinach gospodarki. Można śmiało powiedzieć, że był wizjonerem odnośnie do zastosowań teledetekcji – w mrocznych czasach powszechnej tajności zdjęć i map przewidywał upowszechnienie praktycznych zastosowań teledetekcji w różnych dziedzinach gospodarki (Bychawski 2000) oraz rozważał zagadnienia należytej jakości prac (Bychawski, Sujeciński 1999).

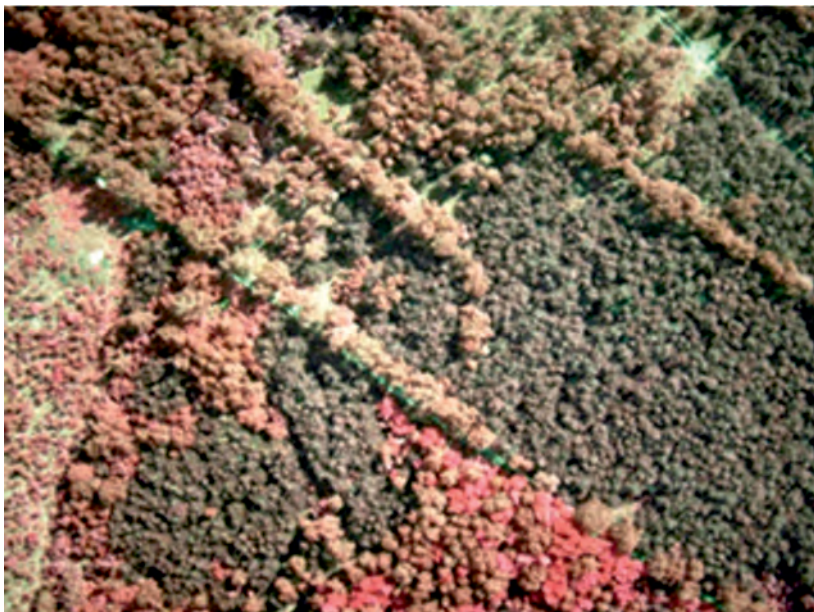
Swoją karierę zawodową rozpoczął od udziału w tworzeniu sieci triangulacyjnej kraju, a następnie zajął się zastosowaniem fotogrametrii naziemnej w kopalnictwie odkrywkowym i badaniu ruchu zwałowisk kopalnianych. Te zainteresowania zaowocowały wdrożeniem rozwiązań, które stały się podstawą Jego doktoratu.

Miał wielki udział w rozwoju fotogrametrii nietopograficznej z wykorzystaniem metod analitycznych (Ney 2000). Zafascynowany lotnictwem brał udział w modyfikacjach samolotów i helikopterów, dostosowujących je do potrzeb fotogrametrii, a także sam latał w charakterze operatora kamery i nawigatora.

Kolejną sferą Jego zainteresowań było określanie powierzchni upraw z wykorzystaniem teledetekcji (Bychawski 1984). Ta idea o 30 lat wyprzedzała powszechnie stosowaną obecnie w Unii Europejskiej metodę weryfikacji upraw i zasiewów związaną z przyznawaniem dotacji rolniczych. W pracy tej zespół pod kierunkiem prof. Bychawskiego stawiał czoła wielu trudnościom, które zawsze piętrzą się przed pionierami rozpoznającymi nieznanne obszary. Musiał znaleźć rozwiązanie barier technicznych (rozpoznawalność poszczególnych upraw na zdjęciach lotniczych wykonywanych w różnych okresach rozwoju roślin, rozdrobnienie gospodarstw, gęsta szachownica pól i łąk, powiązanie proponowanej metody teledetekcyjnej z istniejącą waloryzacją rolniczej przestrzeni produkcyjnej, urbanizacją *etc.*) dla zbudowania matematycznego modelu kształtowania struktury użytkowania ziemi, który pozwolił na utworzenie systemu pobierania prób metodą losowania warstwowego, przy którym cechą warstwy były warunki glebowo-rolnicze. Metoda, zwana „metodą OPOLIS”, pozwalała na fotogrametryczne określanie nie tylko powierzchni poszczególnych upraw, lecz także średnich błędów ich wyznaczania. Analizy teledetekcyjne typów upraw poddawano weryfikacji terenowej uzyskując błąd średni rzędu $\pm 1,5\%$ wyznaczonej wielkości, co do dzisiaj budzi uznanie. Ponadto wykazano racjonalność weryfikowania wyników spisów rolnych poprzez porównywanie z wynikami uzyskiwanymi z wykorzystaniem metody teledetekcji.

Innym obszarem zainteresowania profesora W. Bychawskiego było zastosowanie termowizji. Wykorzystując lotnicze zdjęcia termalne (wykonane kamerą AGA 680 oraz skanerem AGA THP-1) badano mikroklimat miast oraz śledzono mgły radiacyjne i inwersję termiczną (Ciołkosz, Bychawski 1977).

Równoległe do badań związanych z rolnictwem i klimatem profesor Wojciech Bychawski, już od połowy lat 1970. kierował pracami związanymi z wykorzystaniem barwnych zdjęć lotniczych w podcierwieni do oceny stanu lasu (Ryc. 1), zajmując się poszukiwaniem związku korelacyjnego między wskaźnikiem barwy (na barwnym zdjęciu w podcierwieni), 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).



Ryc. 1. Pierwsze (1972 r.) wykonane w Polsce, z pokładu samolotu Wilga, barwne zdjęcia lotnicze w podczerwieni (kamera małoobrazkowa, film Kodak Aerochrome 2443 IR) obrazowały fragment Lasku Bielańskiego i posłużyły do wstępnych analiz roślinności leśnej (Ciołkosz, Bychawski 1973), pokazując ogromny potencjał tego typu zobrazowań (źródło: IGiK-OPOLiS)

Fig. 1. The first (1972) color infrared aerial photographs taken in Poland from the Wilga plane (70 mm camera, Kodak Aerochrome 2443 IR) showed a fragment of the Bielany Forest and were used for preliminary analyses of forest vegetation (Ciołkosz, Bychawski 1973), showing the enormous potential of this type of imagery (source: IGiK-OPOLiS)

Spśród 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, zwartość 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 pojedynczych drzew lub fragmentów drzewostanu (Bychawski 1980).

Dane I kategorii, pozwalające opisać stan powierzchni leśnej, można pozyskać nie tylko z barwnych zdjęć w podczerwieni (CIR), ale także wykonywanych w innych technikach (RGB, B/W). Analizy tych cech w znaczący sposób wspomaga prowadzenie interpretacji na modelu trójwymiarowym.

Kategoria II opisująca jakościowy stan koron drzew 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.

W badaniach tych analizowano i interpretowano barwne zdjęcia lotnicze w podczerwieni, w wyniku czego powstawały mapy przedstawiające przestrzenny

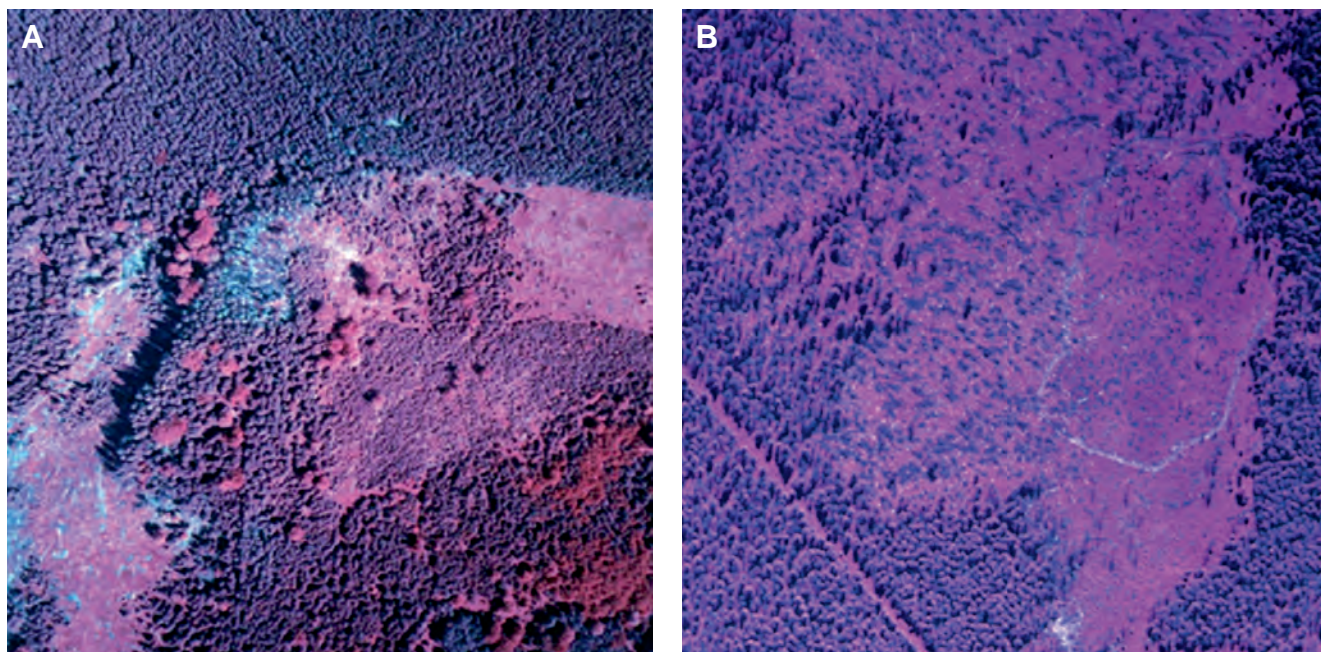
rozkład oraz stan lasów, a także opracowano metody postępowania i wytyczne techniczne stosowania fotointerpretacji w praktyce leśnej. Doświadczenia prac badawczych z lat minionych, pomimo że najczęściej były wykonywane na materiałach analogowych, mogą także dziś służyć jako wskazówki przy interpretacji ze zdjęć lotniczych treści istotnych dla prowadzenia gospodarki leśnej. Uzyskane wyniki stanowią istotny wkład naukowy i wiedzę, która jest stosowana oraz rozwijana w prowadzonych wspólnie projektach naukowych oraz wdrożeniach praktycznych.

Prace te doprowadziły do stworzenia modeli:

- wskaźników barwy koron drzew otrzymanych ze zdjęć IRC;
- wskaźników ubytku aparatu asymilacyjnego drzew ocenianych na IRC;
- zagrożenia przemysłowego drzewostanów na podstawie IRC;
- strat przyrostu miąższości drzewostanów pozostających pod wpływem zanieczyszczeń przemysłowych.

Opracowane modele pozwoliły na obiektywizację interpretacji wizualnej, a kilka lat później umożliwiły płynne przejście do cyfrowej analizy danych teledetekcyjnych.

Nowatorskie podejście metodyczne prof. Bychawskiego pozwoliło na dostosowanie wyników interpretacji zdjęć lotniczych do instrukcji obowiązujących w Lasach Państwowych i parkach narodowych. A to z kolei umożliwiło sformułowanie uniwersalnych warunków technicznych wykonywania oraz analiz barwnych zdjęć lotniczych w podczerwieni, wykonywanych zarówno na trójwarstwowym filmie Kodak Aerochrom 2443 IR, jak i na dwuwarstwowym filmie SN-6 (Bychawski i in. 1984; Iracka, Glasenapp 1990) – Ryc. 2.



Ryc. 2. Prof. W. Bychawski wykorzystywał zarówno barwne zdjęcia lotnicze w podczerwieni wykonywane na amerykańskim trójwarstwowym filmie Kodak Aerochrome 2443 IR (Fot. A), jak i na dwuwarstwowym filmie SN-6 produkowanym w ZSRR (Fot. B). Ze względu na rejestrowane przedziały spektrum zdjęcia SN-6 były trudniejsze w interpretacji kondycji drzew, niemniej jednak, przy zastosowaniu obserwacji stereoskopowej umożliwiły otrzymanie tego samego zakresu informacji, jaki był otrzymywany w wyniku interpretacji zdjęć wykonanych na błonie Kodak (źródło: IGiK-OPOLiS)

Fig. 2. Prof. W. Bychawski used both color infrared aerial photos taken on the American three-layer Kodak Aerochrome 2443 IR film (Photo A) and on the two-layer film SN-6 produced in the USSR (Photo B). Due to the recorded spectrum ranges, SN-6 photos were more difficult to interpret the condition of trees, however, the analysis on the 3-D stereoscopic model allow to obtain the same range of information as from the interpretation of photos taken on the Kodak film (source: IGiK-OPOLiS)

Profesor Wojciech Bychawski zajmował się przede wszystkim zdjęciami lotniczymi i naziemnymi, ale brał także udział we wdrażaniu do analiz środowiskowych zdjęć satelitarnych. Jedną z pierwszych w Polsce prac w tym zakresie dotyczyła zastosowania zdjęć wykonanych ze stacji orbitalnej Sojuz-6 w ramach programu INTERKOSMOS (Bychawski i in. 1980). Interpretacja tych zdjęć fotograficznych doprowadziła do stworzenia mapy lasów Wyżyny Śląskiej i Krakowsko-Częstochowskiej (skala 1:500 000), mapy użytkowania lasu (1:200 000) oraz mapy topograficznej (1:200 000).

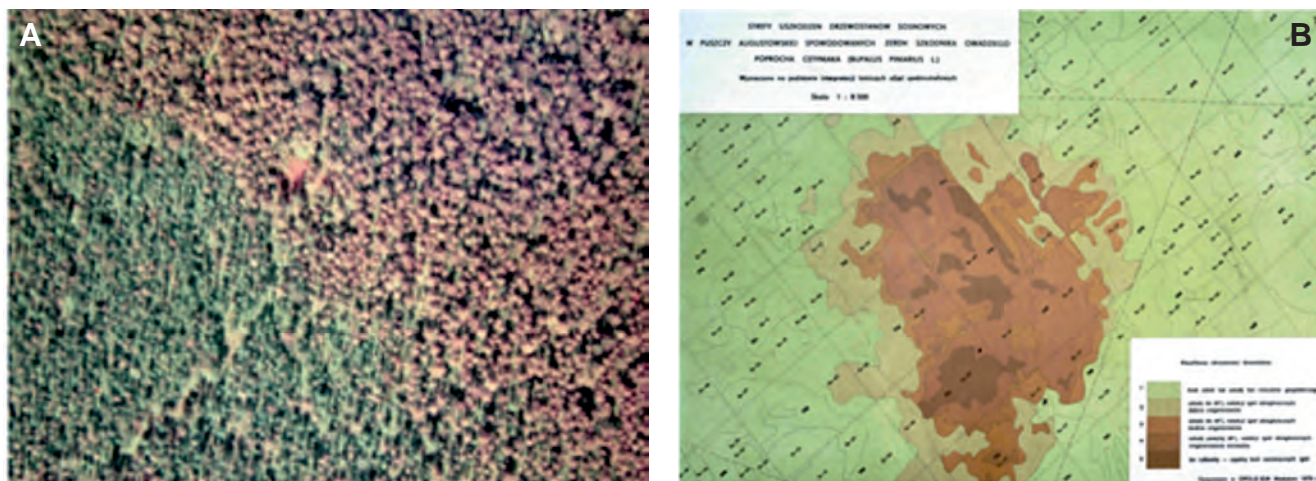
Nie sposób wymienić wszystkich tematów badawczych, którymi kierował lub koordynował. Finansowane one były ze środków budżetowych przeznaczonych na badania naukowe, ale także przez przemysł (m.in. elektrownie Bełchatów, Konin-Pątnów, Kozienice czy Hutę Katowice). Za najważniejsze uznać można:

- „Ocena warunków stresowych w lasach na podstawie informacji aerokosmicznych”, wykonywanej w ramach problemu węzłowego 06.7: „Rozwój i wykorzystanie badań kosmicznych” (Bychawski 1985);
- „Wielkoobszarowa ocena stanu lasów na podstawie wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych”, wykonywanej w ramach Centralnego Programu Badań Podstawowych 04.10: „Ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego” (Bychawski i in. 1990).

Po objęciu w 1991 roku stanowiska sekretarza naukowego i zastępcy dyrektora IGiK, prof. Wojciech Bychawski przestał kierować zespołami badawczymi, ale

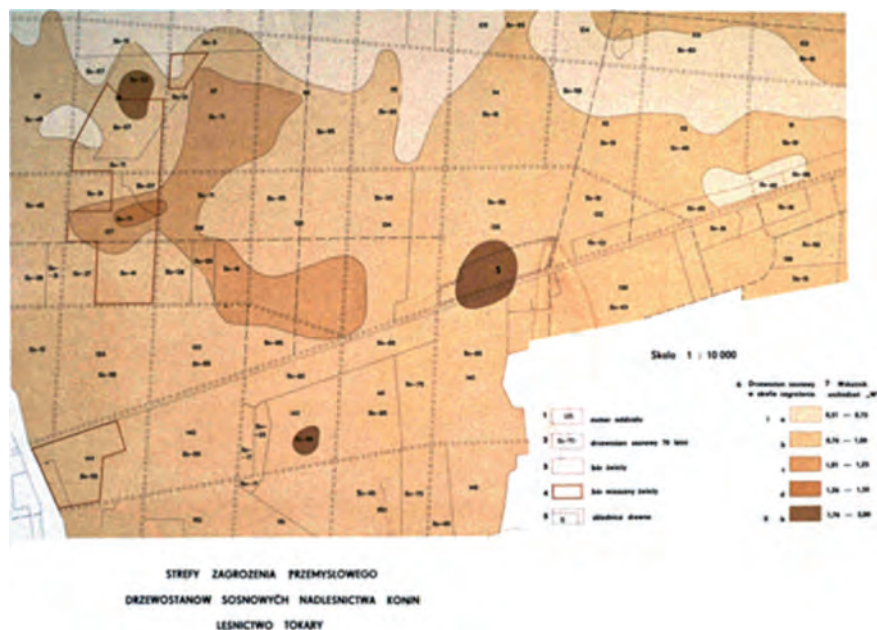
zawsze był gotów do wspierania młodszych kolegów, do dyskusji naukowych i konsultacji. Wśród realizowanych od lat 1970. ubiegłego wieku do lat 2000. projektów, prowadzonych pod kierunkiem prof. W. Bychawskiego lub przez Niego wspieranych, warto wymienić następujące, stanowiące kamienie milowe rozwoju teledetekcji lasu:

- monitorowanie gradacji poprocha cetyniaka w Puszczy Augustowskiej, 1979 r. (Atlas 1980) – Ryc. 3;
- monitorowanie gradacji brudnicy mniszki w Borach Tucholskich – interpretacja zdjęć wykonanych w latach 1980, 1981, 1982 obrazujących fragment Nadleśnictwa Osie (Bychawski i in. 1988);
- określanie stref zagrożenia drzewostanów będących pod wpływem szkodliwego działania zakładów przemysłowych: mapa z 1979 roku Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, mapa z 1979 roku Leśnictwa Tokary Nadleśnictwa Konin (Ryc. 4), monitoring lasów w Bełchatowskim Okręgu Przemysłowym – analiza zmian i mapy stanu sanitarnego z 1981 i 1985 r. (Atlas 1980; Bychawski 1980; Bychawski, Iracka 1978a);
- monitoring Sudetów Zachodnich – zdjęcia lotnicze z 1982 roku (Kodak Aerochrome 2443 IR) (Ryc. 5), z 1984 roku (SN-6), a także zdjęcia satelitarne Landsat MSS, TM i ETM+, Kosmos, SPOT oraz ERS-1, od 1975 do 2018 r. (Bałazy i in. 2019; Bochenek i in. 1987; Bychawski i in. 1988; Ciołkosz i in. 1987; Iracka i in. 2000; Poławski, Zawila-Niedźwiecki 1987; Zawila-Niedźwiecki 1990, 1994b);



Ryc. 3. Barwne zdjęcia lotnicze w podczerwieni służyły do kartowania żerów owadzi. Fot. A przedstawia przykładowe zdjęcie lotnicze (małobrazkowy Kodak Aerochrome 2443 IR) oraz sporządzona na ich podstawie mapa rozkładu żeru poprocha cetyniaka w Puszczy Augustowskiej z wyznaczonymi klasami zdrowotności (Fot. B): 1 – brak szkód lub szkody bez znaczenia gospodarczego, 2 – szkody do 60% redukcji igieł ubiegłorocznych dobrze zregenerowane, 3 – szkody do 60% redukcji igieł ubiegłorocznych średnio zregenerowane, 4 – szkody powyżej 60% redukcji igieł ubiegłorocznych zregenerowane minimalnie, 5 – żer całkowity – zupełny brak zeszłorocznych igieł (Atlas 1980)

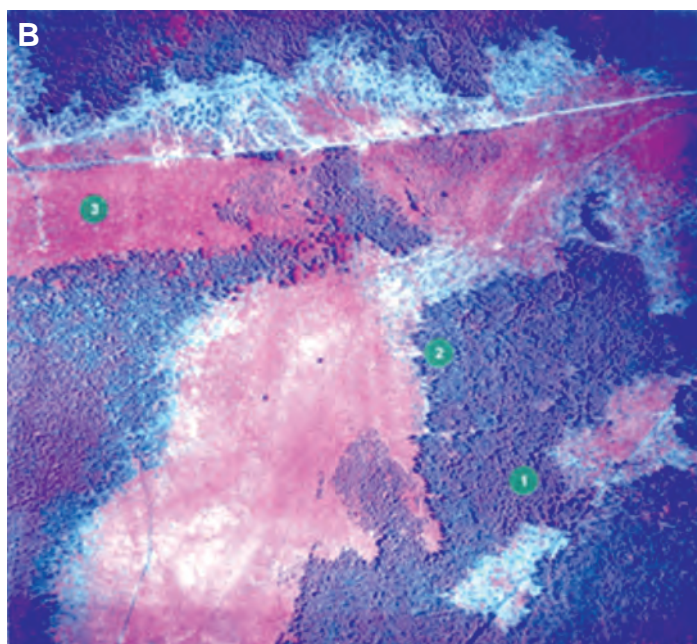
Fig. 3. Color infrared aerial photos were used for mapping insect infestations. Photo A shows an exemplary aerial photo (70mm Kodak Aerochrome 2443 IR) and a map of the distribution of damage the Augustów Forest with designated health classes (Photo B): 1 – no damage or damage without economic significance, 2 – damage in to 60% reduction of last year's needles, 3 – damage up to 60% reduction of last year's needles, 4 – damage above 60% reduction of last year's needles, 5 – complete lack of last year's needles (Atlas 1980)



Ryc. 4. Mapa stref zagrożenia przemysłowego drzewostanów sosnowych w Nadleśnictwie Konin, leśnictwo Tokary (Bychawski 1980; Atlas 1980)

Fig. 4. Map of industrial hazard zones in the pine stands of the Konin Forest District, Tokary forestry (Bychawski 1980; Atlas 1980)

- analiza stanu lasów w Pienińskim Parku Narodowym w 1991 roku – 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 katastru galicyjskiego na współczesne warunki techniczne sporządzania map topograficznych (Iracka 1993; Iracka, Glasenapp 1990; Wiśniewska 1994);
- wykorzystanie radarowych zdjęć satelitarnych do monitorowania obszarów kłęskowych w lasach (Ciołkosz i in. 1993; Zawila-Niedźwiecki 1994b);
- ocena stanu lasów na zdjęciach satelitarnych z wykorzystaniem systemów informacji przestrzennej – analizy lasów oraz pogorzelniska koło Kuźni Raciborskiej, analiza lasów Puszczy Kozienickiej i Puszczy Knyszyńskiej oraz Sudetów Zachodnich, a także analizy zmian produktywności lasów (Ciołkosz, Zawila-Niedźwiecki 1990; Zawila-Niedźwiecki 1994a; Zawila-Niedźwiecki, Glasenapp 1994);



Ryc. 5. Pierwsza (1982 r.) mapa stanu sanitarnego drzewostanów Nadleśnictwa Szklarska Poręba (A) opracowana na podstawie barwnych zdjęć lotniczych w podczerwieni (małobrazkowy film Kodak Aerochrome 2443 IR) (B) (źródło: IGiK-OPOLiS)

Fig. 5. The first (1982) map of the sanitary condition of the stands of the Szklarska Poręba Forest District (A) prepared on the basis of infrared color aerial photos (Kodak Aerochrome 2443 IR 70 mm film) (B) (source: IGiK-OPOLiS)

Zawiła-Niedźwiecki i in. 2001; Zawila-Niedźwiecki i in. 1993; Wiśniewska, Zawila-Niedźwiecki 2000; Wiśniewska, Zawila-Niedźwiecki 2003).

Prof. Wojciech Bychawski przykładał wielką wagę do współpracy z innymi instytucjami (Ryc. 6), nawiązał bliskie kontakty naukowe z Politechniką Warszawską (prof. S. Białousz, prof. W. Wilkowski), Instytutem Badawczym Leśnictwa (prof. Z. Sierpiński, prof. T. Trampler, dr J. Smykała), Szkołą Główną Gospodarstwa Wiejskiego (prof. H. Olenderek, prof. A. Bruchwald, prof. A. Szujecki, prof. J. Mozgawa), Lasami Państwowymi (dr J. Smykała, naczelnik Z. Rozwałka), Biurem Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej (W. Barszczewski,

J. Fuchs), Stacją Badawczą Uniwersytetu Wrocławskiego (R. Dolatkowski). Brał udział lub promował kontakty z instytucjami zagranicznymi: Interkosmos, Europejską Agencją Kosmiczną (ESA), Europejskim Stowarzyszeniem Laboratoriów Teledetekcji (EARSeL), Międzynarodową Unią Leśnych Organizacji Badawczych (IUFRO), FAO, US Forest Service, Europejskim Instytutem Leśnictwa (EFI).

Profesor Wojciech Bychawski, za zasługi na polu nauki, był honorowany nagrodami resortowymi i państwowymi, w tym Złotym Krzyżem Zasługi, odznaką za zasługi dla geodezji, leśnictwa i przemysłu drzewnego, Kordelasem Leśnika Polskiego oraz nagrodami preze-



Ryc. 6. Prof. W. Bychawski przykładał dużą wagę do wdrażania wyników prac badawczych oraz współpracy z instytucjami krajowymi i międzynarodowymi. Na zdjęciu Profesor w otoczeniu polskich i węgierskich współpracowników, Góry Búk, Węgry, 1987 r. (źródło: archiwum TZN)

Fig. 6. Prof. W. Bychawski attached great importance to the implementation of research results and cooperation with national institutions and international. The photo shows the professor surrounded by Polish and Hungarian collaborators, Búk Mountains, Hungary, 1987 (source: TZN archive)

sa Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii „za wybitne osiągnięcia naukowe i zawodowe”, a także honorowym członkostwem IGiK. Dorobek prof. Bychawskiego do dzisiaj służy kolejnym pokoleniom ekspertów teledetekcji. Jego prace są cytowane i przywoływane we współczesnych publikacjach (Okła 2013; Będkowski 2015).

Był szanowanym szefem, serdecznym, uśmiechniętym i życzliwym Człowiekiem.

Bibliografia

- Atlas, 1980, Teledetekcja w gospodarce narodowej – wybrane przykłady, GUGiK, IGiK_OPOLiS, Warszawa: 1–20.
- Bałazy R., Ciesielski M., Waraksa P., Zasada M., Zawila-Niedźwiecki T., 2019, Deforestation processes in the Polish Mountains in the context of terrain topography, *Forests*, 10, 1027. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/f10111027>: 2–12
- Będkowski K., 2015, Z historii rozwoju fotogrametrii i teledetekcji w leśnictwie polskim, *Teledetekcja Środowiska*, 52(1): 5–15.
- Bochenek Z., Ciołkosz A., Iracka M., Zawila-Niedźwiecki T., 1987, Assessment of large area forest disturbances caused by biotic and abiotic factors on the basis of SPOT images, [w:] SPOT1 image utilisation, assessment, results, Cepadues editions, Paris.
- Bychawski J.W., 1980, Zastosowanie lotniczych zdjęć spektrostrefowych do określania stref przemysłowego zagrożenia drzewostanów sosnowych, *Prace IGiK*, 27(3) (66): 1–80.
- Bychawski W., 1984, Teledetekcyjna metoda określania powierzchni podstawowych typów upraw w granicach dużych jednostek administracyjnych, *BOINTE GK*, 2–3 (29): 21–30, IGiK, Warszawa.
- Bychawski W., 1985, Ocena warunków stresowych w lasach na podstawie informacji aerokosmicznych. Problem węzłowy 06.7: Rozwój i wykorzystanie badań kosmicznych, Podproblem 4: Teledetekcja, IGiK-OPOLiS: 1–69.
- Bychawski W., 2000, Co nas czeka w nadchodzących latach, [w:] 55-lecie Instytutu Geodezji i Kartografii. IGiK, Warszawa: 39–45.
- Bychawski W., Ciołkosz A., Iracka M., Zawila-Niedźwiecki T., 1988, Doświadczenia OPOLiS w badaniach degradacji lasów za pomocą teledetekcji lotniczej i satelitarnej, *Prace IGiK*, 35(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*, 25(2) (59): 5–24.
- Bychawski W., Iracka M., 1978b, Przyczyny zróżnicowania barw obrazów koron sosny na spektrostrefowym zdjęciu lotniczym, *Prace IGiK*, 25(3) (60): 43–56.
- Bychawski W., Iracka M., Zawila-Niedźwiecki T., 1984, Metoda określania zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych, IGiK-OPOLiS, Warszawa.
- Bychawski W., Linsenbarth A., Mizerski W., 1980, Charakterystyka zdjęć satelitarnych wykonanych ze stacji orbitalnej Salut-6 w czasie radziecko-polskiego lotu kosmicznego, [w:] Zastosowanie teledetekcji w badaniach środowiska geograficznego, Komitet Badań Kosmicznych PAN i Instytut Geodezji i Kartografii, PWN, Warszawa-Łódź: 175–190.
- Bychawski W., Sujecki J., 1999, O jakości w geodezji i kartografii, *Biuletyn Informacyjny BOINTE GK*, 3–4 (44), IGiK, Warszawa: 16–24.
- Bychawski W., Zawila-Niedźwiecki T., Iracka M., Glasnapp E., 1990, Wielkoobszarowa ocena stanu lasów na podstawie wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych, [w:] Bruchwald A. (red.), Określanie zmian zasobów leśnych i ich wartości zachodzących pod wpływem antropopresji, Podprogram CPBP 04.10.07, Synteza nr IV, Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 47–56.
- Ciołkosz A., Bychawski W., 1973, Określanie za pomocą barwnej fotografii w podczerwieni strefy szkodliwego oddziaływania gazów emitowanych przez elektrownie na środowisko geograficzne, *Informator IGiK*, 18(3): 44–49.
- Ciołkosz A., Bychawski W., 1977, Termowizyjna metoda wykrywania obszarów występowania inwersji termicznej i mgieł radiacyjnych, *Fotointerpretacja w Geografii*, 10: 51–57.
- Ciołkosz A., Iracka M., Zawila-Niedźwiecki T., 1987, Monitoring of forest decline in Poland by remote sensing, Proceedings: Seminar on Remote Sensing and Forest Decline attributed to Air Pollutants, held in International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, 11–12 March, Compiled by S. Nilsson and P.N. Duinker, Published by Electric Power Research Institute Inc., Palo Alto, California, USA: 7.1–7.11.

- Ciołkosz A., Zawila-Niedźwiecki T., 1990, Remotely sensed data and limitation of forest productivity in Poland, *Nature & Resources*, 26(1): 41–44.
- Ciołkosz A., Zawila-Niedźwiecki T., Bochenek Z., 1993, The Application of ERS-1 Images for Forest Damage Assessment, *Proceedings Second ERS-1 Symposium – Space at the service of our environment*, Hamburg, Germany, 11–14 October 1993, ESA SP-361: 453–458. Published also [in:] *Use of ERS-1 SAR Data for Agricultural, Forestry and Environmental Applications in Central-Eastern Europe*, ESA/ESRIN, Frascati: 101–106.
- Iracka M., 1993, Barwne zdjęcia lotnicze w podczerwieni jako źródło informacji o stanie lasu, *Prace IBL, seria B*, 18.
- Iracka M., Glasenapp E., 1990, Ocena zdrowotności drzewostanów w Pienińskim Parku Narodowym na podstawie interpretacji spektrostrefowych zdjęć lotniczych, *IGiK-OPOLiS*, Warszawa.
- Iracka M., Zawila-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: 643–658.
- Ney B., 2000, Młodość i wiek średni Instytutu Geodezji i Kartografii, [w:] *55-lecie Instytutu Geodezji i Kartografii*, IGiK, Warszawa: 5–16.
- Okła K. (red.), 2013, *Geomatyka w Lasach Państwowych, Część II: Poradnik praktyczny*, CILP, Warszawa.
- Poławski Z., Zawila-Niedźwiecki T., 1987, Teledetekcja w ocenie stanu środowiska leśnego Sudetów Zachodnich, *Sylvan*, 5: 49–60.
- Wiśniewska E., 1994, Teledetekcyjne badanie stanu sanitarnego lasu w Pienińskim Parku Narodowym, *Praca magisterska przygotowana pod kierunkiem prof. W. Bychawskiego*, Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej.
- Wiśniewska E., Zawila-Niedźwiecki T., 2000, Concept of forest thematic maps of the Koziencice Landscape Park based on satellite images, [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: 111–120.
- Wiśniewska E., Zawila-Niedźwiecki T., 2003, Ocena zasięgu żeru boreczników w Puszczy Koziencickiej na podstawie zdjęć wykonanych przez satelitę Landsat TM (Assessment of conifer sawfly infestation range in Koziencice Forest based on Landsat TM satellite images), *Teledetekcja Środowiska*, 33: 1–5, Warszawa.
- Zawila-Niedźwiecki T., 1990, Satellite images for forest decline assessment, *Proceedings of the International Conference and Workshop: Global Natural Resource Monitoring and Assessments – Preparing for the 21st Century held in Venice*, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1: 473–478.
- Zawila-Niedźwiecki T., 1994a, Ocena stanu lasu w ekosystemach zagrożonych z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych i systemu informacji przestrzennej, *Prace IGiK*, 41(90): 1–84.
- Zawila-Niedźwiecki T., 1994b, Radary w teledetekcji lasu, *Sylvan*, 2: 31–40.
- Zawila-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.
- Zawila-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.
- Zawila-Niedźwiecki T., Mierzwiński G., Strzelecki P., 1993, Wykorzystanie zintegrowanych danych terenowych i teledetekcyjnych w monitorowaniu lasu, [w:] *Metody oceny stanu lasu – stan obecny i kierunki ich doskonalenia*, *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria B*, 18: 79–88.