

Józef Jachimski

## **WSPÓŁCZESNE PROGRAMY NAUCZANIA FOTOGAMETRII I TELEDETEKCJI W UCZELNIACH WYŻSZYCH W POLSCE**

### **1. Wstęp**

W okresie ostatniej dekady Polska przeżywa okres transformacji nie tylko pod względem społeczno-politycznym, ale również w zakresie technologii fotogrametrycznych. Metody i przyrządy analogowe trafiają do lamusa, likwiduje się pracownie fotogrametryczne posiadające długą tradycję i poważny dorobek w zakresie technologii i organizacji produkcji. W ich miejsce, po pewnym czasie, powstają nowe instytucje, lub jednostki wewnątrz przedsiębiorstw, a zespoły produkcyjne znacznie się odmładzają. Rozpoczyna się era fotogrametrii cyfrowej.

Jednostki produkcyjne rozwijają nowe technologie głównie na bazie importowanych pakietów programów do przetwarzania informacji zawartych w obrazach cyfrowych.

Ośrodki dydaktyczne przygotowywały się do wprowadzenia metod fotogrametrii cyfrowej i teledetekcji z pewnym wyprzedzeniem. Może o tym świadczyć choćby fakt, że już w 1988r na kongresie ISPRS w Kyoto prezentowano program do wytwarzania cyfrowych ortofotografii, a w 1992r. na kongresie w Waszyngtonie prezentowano program polskiego autofotografu cyfrowego VSD, który znalazł zastosowanie w kilku pracowniach uniwersyteckich.

Obecnie kształcenie w zakresie fotogrametrii cyfrowej, teledetekcji i GIS stało się powszechne, a liczba krajowych pakietów oprogramowania ułatwiającego trening stale wzrasta.

### **2. Programy kształcenia**

#### **Politechnika Warszawska**

Na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej fotogrametria i teledetekcja wykładana jest na dziennych (jednostopniowych) studiach magisterskich, na dziennych studiach inżynierskich oraz na zaocznych studiach inżynierskich. Poniżej podano tematykę prowadzonych zajęć.

**Studia magisterskie – dzienne, kurs ogólny** (czas trwania: semestry 1 – 7)

Przedmiot: Fotogrametria (semestry 4, 5, 6) (wykłady: 1 godz. tyg – sem. 4 i 5, 2 godz. – sem.6, laboratoria: po 2 godz. w wszystkich semestrach).

Zakres tematyczny: Ogólne założenia fotogrametrii, systemy i zasady rejestracji obrazów. Ogólne podstawy instrumentów, metod i technologii analogowych, analitycznych i cyfrowych, automatyzacja technologii fotogrametrycznych. Zastosowania fotogrametrii dla tworzenia map i systemów informacji przestrzennej. Ogólne podstawy i wybrane zastosowania fotogrametrii z bliska.

Przedmiot: Teledetekcja (semestr 7) (wykłady: 2 godz. tyg., laboratoria: 2 godz. tyg.)

Zakres tematyczny: Podstawy fizyczne teledetekcji. Właściwości interpretacyjne podstawowych rodzajów zdjęć lotniczych oraz metody ich interpretacji. Charakterystyka różnych rodzajów obrazów satelitarnych oraz metody ich przetwarzania i interpretacji. Wybrane zastosowania fototeledetekcji.

**Studia magisterskie – dzienne, specjalizacja fotogrametria** (czas trwania: semestry 8 – 10)

Przedmiot: Fotogrametria podstawowa (semestry 8, 9), (wykłady: 3 godz. tyg. – sem. 8, 2 godz. – sem. 9, laboratoria: 4 godz. tyg. – sem.8, 3 godz. –sem. 9, projekt: 3 godz. tyg. - sem. 8, 4 godz.- sem 9).

Zakres tematyczny: Podstawy analitycznych i cyfrowych instrumentów i technologii fotogrametrycznych. Propagacja błędów systematycznych w fotogrametrii. Automatyzacja procesów fotogrametrycznych. Wykorzystanie metod fotogrametrycznych dla tworzenia i aktualizacji map topograficznych i gospodarczych oraz systemów informacji przestrzennej.

Przedmiot: Techniki pozyskiwania obrazu ( semestry: 8 i 9), (wykłady: 4 godz. tyg. – sem. 8, laboratoria: 2 godz. – sem. 9, projekt: 3 godz. - sem.8)

Zakres tematyczny: Kamery lotnicze i ich dodatkowe wyposażenie, projektowanie zdjęć i ich wykonanie, systemy nawigacyjne, kamera cyfrowa. Kalibracja kamer Ocena jakości zdjęć lotniczych Techniki niefotograficzne i skaningu laserowego. Systemy satelitarne.

Przedmiot: Fotogrametria nietopograficzna (semestr 9), (wykłady: 3 godz. tyg., laboratoria: 4 godz. tyg.).

Zakres tematyczny: Systemy rejestracji (fotograficzne i niefotograficzne) i ich kalibracja, geometria obrazów. Metody opracowania; analogowe i analityczne, metody i techniki specjalne, metody cyfrowe, czynniki wpływające na wybór metody. Zastosowania w różnych dziedzinach nauki i techniki.

Seminarium dyplomowe (semestr 10 - 2 godz. tyg.)

**Studia magisterskie – dzienne, specjalizacja: geodezja inżyniersko przemysłowa oraz geodezja górnicza**

Przedmiot: Fotogrametria inżynierska (semestr 9) (wykład: 7 godz. w semestrze, seminarium: 8 godz. w semestrze - studenci referują wybrane tematy)

Zakres tematyczny: Schemat technologiczny pomiaru fotogrametrycznego. Wybrane zastosowania inżynierskie i górnicze.

**Kurs inżynierski – dzienny, kurs ogólny** (czas trwania: semestry 1 – 4)

Przedmiot: Fotogrametria (semestry 3, 4), (wykłady: 2 godz.tyg – sem. 3, laboratoria: po 2 godz. tyg. – sem. 3 i 4)

Zakres tematyczny: Ogólne założenia fotogrametrii, systemy i zasady rejestracji obrazów. Opracowanie analogowe i analityczne stereogramu zdjęć lotniczych, instrumenty, metody opracowania.

**Kurs inżynierski – dzienny, specjalność : pomiary podstawowe** (czas trwania: semestry 5 – 8)

Przedmiot: Fotogrametria (semestry 5, 6), (wykłady: 2 godz.tyg – sem. 5, laboratoria: po 2 godz. tyg. – sem. 5 i 6)

Zakres tematyczny: Fotogrametryczne opracowanie naziemne; metryczne i niometryczne kamery oraz inne systemy rejestracji, ich kalibracja, naziemne rozwiązania sieciowe, zastosowania w różnych dziedzinach. Metody i technologie opracowania zdjęć lotniczych, analityczne i cyfrowe, automatyzacja technologii. Elementy fotogrametrii satelitarnej.

**Kurs inżynierski – dzienny, specjalność : KIS** (czas trwania: semestry 5 – 8)

Przedmiot: Fotogrametria (semestry 5, 6), (wykłady: 2 godz. tyg – sem. 5, laboratoria: po 2 godz. tyg. – sem. 5 i 6)

Zakres tematyczny: Metody i technologie opracowania zdjęć lotniczych; analityczne i cyfrowe technologie dla pozyskania danych numerycznych. Wykorzystanie metod fotogrametrycznych dla tworzenia katastralnych systemów informacji przestrzennej.

**Kurs inżynierski – zaoczny** (czas trwania – 9 semestrów)

Przedmiot: Fotogrametria (semestry 5 i 6), (wykłady: po 8 godzin w semestrze 5 i 6, laboratoria: po 16 godzin w semestrze 5 i 6)

**Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie**

Fotogrametria i teledetekcja wykładana jest na studiach dziennych i zaocznych na kierunkach: Geodezja i Kartografia oraz Górnictwo i Geologia, a także na studiach dziennych na kierunku Inżynieria Środowiska.

**Studia dzienne inżynierskie (sem 1-7), kierunek Geodezja i Kartografia.**

Przedmiot “Teledetekcja i Fotogrametria” (sem. 4 – 6, wykład 60 godz., lab.75 godz., praktyka terenowa 2 tygodne)

Tematyka: Definicja fotogrametrii i teledetekcji. Zdjęcia pomiarowe i rodzaje produktów jakie można uzyskać na podstawie zdjęć. Kamery fotogrametryczne

i ich parametry. Rozmazanie obrazu spowodowane lotem samolotu i jego kompensacja. Dobór kamery i elementy planu lotu fotogrametrycznego. Rola urządzeń inercyjnych i GPS w realizacji lotu fotogrametrycznego.

Stereogram normalnych lotniczych zdjęć pionowych, podstawowe wzory i wstępna analiza dokładności określania współrzędnych terenowych ze stereogramu. Wpływ deniwelacji terenu na geometrię obrazu.

Oko i dokładność widzenia. System RGB widzenia barw. Barwy dopełniające. Promieniowanie elektromagnetyczne, okna atmosferyczne i obrazy wielospektralne.

Obiektywy i ich cechy. Rozdzielczość i dystorsja obrazu optycznego. Fotograficzna metoda rejestracji obrazów. Obrazy cyfrowe i ich charakterystyka. Stereokopia naturalna i sztuczna. Dokładność widzenia stereoskopowego. Płaszczyzny i promienie rdzenne. Stereokopia obrazów na ekranie monitora komputerowego.

Systemy zobrazowań satelitarnych znajdujących powszechne zastosowanie w teledetekcji i fotogrametrii oraz parametry obrazów.

Fotointerpretacja obrazów lotniczych i satelitarnych. Cechy fotointerpretacyjnych obrazów, klucze fotointerpretacyjne i metody wykonywania fotointerpretacji.

Zdjęcie lotnicze a ortofotografia. Technologie wykonywania map wektorowych (kreskowych) przez wektoryzację ortofotogramu i stereofotogramu.

Układy współrzędnych stosowane w fotogrametrii. Elementy orientacji zdjęć fotogrametrycznych. Transformacje płaskie. Transformacje w przestrzeni. Zdjęcie ekwiwalentne i rzutowa transformacja obrazu. Wyznaczanie współrzędnych terenowych ze stereogramu fotogrametrycznego dowolnych elementach orientacji. Równanie kolinearności i jego zastosowania (zdjęcie pojedyncze, stereogram i blok zdjęć). Funkcja DLT i jej zastosowania. Technologie wykonywania aerotriangulacji.

Autografy. Autograf analityczny i autograf cyfrowy. Przygotowanie modelu do opracowania na autografie analitycznym i cyfrowym, oraz na autografie analogowym. Technika opracowania rysunku konturowego (wektorowego) ze stereogramu.

Błędy współrzędnych tłowych pochodzące z różnych źródeł i ich wpływ na sytuacyjną i wysokościową dokładność opracowań fotogrametrycznych.

Skanery. Pozyskiwanie obrazów cyfrowych przez skanowanie obrazów analogowych. Analiza cech obrazów cyfrowych. Operacje na obrazach cyfrowych. Metody filtrowania. Gradient i druga pochodna obrazu cyfrowego. Wyznaczanie z subpikselową dokładnością krawędzi na obrazie cyfrowym. Funkcja autokorelacji obrazów cyfrowych i warunki dodatkowe autokorelacji. Autokorelacja z subpikselową dokładnością. Automatyczne rozpoznawanie kształtu obrazu. Numeryczny model terenu i automatyzacja pozyskiwania DTM ze zdjęć. Lotniczy skaner laserowy w zastosowaniu do budowy DTM. Ortofotografia: różniczkowe przetwarzanie obrazów cyfrowych i różniczkowe przetwarzanie pasmowe. Stereoortofotografia. Łączenie obrazów cyfrowych o różnej rozdzielczości. Przetwornik fotomechaniczny i wykonywanie fotoplanów metodą przetwarzania strefowego. Mapy fotograficzne. Elementy geometrii rzutowej i metody graficznego przetwarzania obrazów.

Zobrazowania satelitarne, korekty geometryczne i radiometryczne. Okna atmosferyczne, obrazy wielospektralne, krzywe spektralne użytków. Nadzorowana i nie nadzorowana klasyfikacja treści obrazów wielospektralnych. Warunki i metody stosowane w klasyfikacji.

Opracowania fotogrametryczne wykonywane z wykorzystaniem niometrycznych aparatów fotograficznych i cyfrowych. Opracowanie zdjęć niometrycznych. Terrotriangulacja i autokalibracja. Nietopograficzne zastosowania metod fotogrametrycznych w inwentaryzacji zabytków, pomiarach odkształceń, górnictwie, przemyśle i medycynie.

***Studia dzienne magisterskie jednostopniowe (sem 1-10), kierunek Inżynieria Środowiska.***

Przedmiot “Zarys Fotogrametrii i Teledetekcji” (sem.5 i 6, wykłady 45 godz., lab. 60 godz.).

Program przedmiotu obejmuje współczesne lotnicze i satelitarne metody fotogrametrii i teledetekcji cyfrowej oraz ich zastosowanie do pozyskiwania danych o środowisku. W tym zakresie pokrywa się z programem przedmiotu “Teledetekcja i Fotogrametria” wykładanego na kierunku GiK (opisanego powyżej dla stud. inż.). Stosownie do mniejszej liczby godzin i innego przygotowania słuchaczy, zmniejszono szczegółowość rozważań teoretycznych.

***Studia dzienne magisterskie (drugi stopień studiów obejmuje sem 8-10), kierunek Geodezja i Kartografia, Specjalność “Geoinformatyka i teledetekcja”***

Przedmiot “Fotogrametria i Teledetekcja w Systemach Informacji Przestrzennej” (sem.8, wykład 30 godz., lab. 45 godz., praktyka terenowa 2 tygodnie)

Tematyka: Pozyskiwanie informacji ilościowych i jakościowych w oparciu o bloki zdjęć lotniczych, obrazy satelitarne i zobrazowania specjalne. Weryfikacja treści warstw tematycznych w oparciu o zobrazowania radarowe, obrazy wielospektralne, ortofotogramy i stereogramy. Cyfrowe przetwarzanie obrazów teledetekcyjnych dla potrzeb SIP. Aktualizacja informacji zawartych w bazach danych SIP. Integracja danych teledetekcyjnych o różnej rozdzielczości przestrzennej i radiometrycznej (RGB, IHS).

Podwyższenie dokładności klasyfikacji treści obrazów wielospektralnych. Radiometryczna kalibracja obrazów satelitarnych. Wstępne przetwarzanie obrazu w celu usunięcia zakłócającego wpływu ukształtowania terenu na natężenie odpowiedzi spektralnej. Metody: Lamberta, Mimaerta i metody empiryczne. “Miękkie” procedury klasyfikacyjne: reguła klasyfikacyjna Bayes’a, klasyfikacja zbiorów rozmytych. Analiza dokładności klasyfikacji nadzorowanej. Obliczanie indeksów wegetacji i wilgotności gleby. Transformacja “Tesseled cap”.

Analiza zastosowań fotogrametrii i teledetekcji do pozyskiwania danych o środowisku na podstawie najnowszych publikacji zagranicznych.

Przedmiot “Naziemna Fotogrametria Inżynierska” (sem. 8, wykład 15 godzin, laboratoria 15 godzin)

Tematyka: Zastosowania fotogrametrii w budownictwie i przemyśle. Metody, ich zalety i wady. Zadania pomiarowe: inwentaryzacja, pomiar odchyleń od postaci i położenia teoretycznego, pomiar odkształceń. Różnicowa metoda wyznaczania

przemieszczeń i odchyłeń od postaci teoretycznej. Metody analityczne w pomiarach precyzyjnych. Problemy związane z osiąganiem wysokiej dokładności: pomiarowe, instrumentalne, obliczeniowe. Inżynierska fotogrametria cyfrowa i automatyzacja pomiarów. Światowe trendy rozwoju fotogrametrii przemysłowej.

Przedmiot "Systemy Informacji Geograficznej" (wykłady 45 godz., laboratoria 45 godz.)

Tematyka: Około 30 procent programu tego przedmiotu dotyczy teledetekcji: Dane teledetekcyjne jako element bazy danych GIS. Podstawy metodyczne interpretacji wielospektralnych obrazów satelitarnych. Integracja zdalnych obrazów o różnej rozdzielczości przestrzennej i spektralnej, przegląd metod. Wykorzystanie formuły IHS do scalania obrazów systemu Landsat TM i SPOT-PAN.

### ***Studia dzienne magisterskie jednostopniowe (sem 1-10). Kierunek Górnictwo i Geologia.***

Przedmiot "Elementy Fotogrametrii i Teledetekcji" (sem.5, wykład 15 godz., laboratoria 30 godz.)

Tematyka: Ogólne informacje o pozyskiwaniu danych o środowisku. Kamery pomiarowe. Zdjęcia lotnicze i naziemne. Widzenie stereoskopowe. Metody opracowania map na podstawie zdjęć lotniczych. Autografy analogowe i cyfrowe. Zasady aerotriangulacji. Zastosowania fotogrametrii w górnictwie podziemnym i odkrywkowym, oraz w wiertnictwie. Fotogrametria inżynierska: pomiary kształtu i deformacji. Pozyskiwanie informacji o środowisku z pułapu satelitarnego i lotniczego; skanery teledetekcyjne. Obrazy cyfrowe i ich przetwarzanie. Metody klasyfikacji tematycznej wielospektralnych obrazów teledetekcyjnych.

### ***Studia zaoczne***

Fotogrametria i teledetekcja wykładana jest też na studiach zaocznych inżynierskich, na kierunkach: Geodezja i Kartografia, specjalność Geodezja Inżyniersko Przemysłowa (wykład 20 godzin, laboratoria 28 godzin, konsultacje 8 godzin), specjalność Geodezyjna Gospodarka Nieruchomościami (wykład 20 godzin, laboratoria 20 godzin, konsultacje 4 godziny), oraz na kierunku Górnictwo i Geologia (wykład 20 godzin, laboratoria 20 godzin). Tematyka zajęć obejmuje wybrane najnowocześniejsze metody i urządzenia stosowane w fotogrametrii i teledetekcji, jednak zakres przedmiotów ograniczony jest liczbą godzin kontaktowych.

**Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**

Fotogrametria i teledetekcja wykładana jest na studiach magisterskich, na specjalności Geodezja i Systemy Informacji Przestrzennej, oraz na studiach inżynierskich na specjalności Geodezja i Szacowanie Nieruchomości. Zakres tematyczny przedmiotów prowadzonych na studiach magisterskich jest następujący.

Przedmiot “Fotogrametria” (sem.4, 5 i 6):

Tematyka: Podstawy fotografii (Cechy i właściwości obiektywów. Podstawy fotografii czarno-białej i barwnej. Ostrość odwzorowania. Optyczna i fotograficzna zdolność rozdzielcza. Materiały światłoczułe. Wielkości sensytmetryczne.). Zdjęcia fotogrametryczne (Rzut środkowy w ujęciu analitycznym. Układy współrzędnych. Przekształcenia rzutowe. Fotogram. Elementy orientacji wewnętrznej. Elementy orientacji zewnętrznej. Punkty i linie szczególne zdjęć. Wpływ nachylenia i deniwelacji na położenie punktów. Para zdjęć. Orientacja wzajemna pary zdjęć. Punkty, promienie i płaszczyzny rdzenne. Orientacja bezwzględna. Rodzaje zdjęć lotniczych i naziemnych.). Optyczne systemy rejestracji obrazów (Lotnicze kamery pomiarowe. Naziemne kamery pomiarowe. Kamery semimetryczne i niemetryczne do wykonania zdjęć naziemnych. Metody kalibracji kamer.). Podstawy fotogrametrii cyfrowej (Obraz fotogrametryczny w postaci cyfrowej. Skanery. Skanowanie zdjęć. Geometryczna zdolność rozdzielcza. Cechy radiometryczne i spektralne obrazów cyfrowych. Histogram. Metody poprawiania jakości obrazów cyfrowych.). Elektroniczno-optyczne systemy rejestracji obrazów (Budowa przetwornika z matrycą CCD. Kamery CCTV CCD. Digitalizacja sygnału analogowego. Systemy rejestracji ciągłej. Cyfrowe aparaty fotograficzne – „still video”). Projektowanie i wykonywanie zdjęć lotniczych i naziemnych (Projekt nalotu fotogrametrycznego. Zasady projektowania i wykonania zdjęć naziemnych dla różnego rodzaju opracowań nietopograficznych.). Bezpośrednie obserwacje stereoskopowe (Podstawy stereoskopii. Obserwacje stereoskopowe. Sposoby obserwacji zdjęć i modeli. Stereoskop soczewkowy i zwierciadlany. Stereomikrometr. Opracowania uproszczone.). Fotogrametryczne obserwacje zdjęć i modeli (Obserwacje monokularne i binokularne. Monokomparatory. Stereokomparatory. Kameralna sygnalizacja punktów. Metody orientacji zdjęć w stereokomparatorach. Cyfrowe monokomparatory i stereokomparatory ekranowe.). Podstawy fotogrametrii analitycznej (Układy współrzędnych stosowane w fotogrametrii. Obrót w płaszczyźnie i przestrzeni. Macierze obrotu. Transformacje współrzędnych. Zastosowanie MNK.). Zastosowanie metod analitycznych i numerycznych (Rozwiązanie aerotriangulacji. Budowa numerycznego modelu terenu. Podstawowe pojęcia, przedmiot i zakres opracowania.). Wpływ czynników geometryczno-optycznych na jakość obrazu fotograficznego i cyfrowego (Wpływ różnych rodzajów dystorsji, błędów szczałkowych obiektywów, deformacji podłoża, deformacji sensora. Wpływ czynników radiometrycznych rejestracji. Modele korekcji błędów systematycznych. Wpływ refrakcji fotogrametrycznej, krzywizny Ziemi.). Analityczne opracowanie pojedynczego zdjęcia (Warunek kolinearności. Wyznaczenie elementów orientacji zewnętrznej

zdjęcia. Przekształcenie rzutowe. Analityczne opracowanie fotogramów naziemnych.). Analityczne opracowanie pary zdjęć (Warunek komplanarności. Wyznaczenie elementów orientacji wzajemnej – przypadek niezależnej i zależnej pary zdjęć. Wyznaczenie współrzędnych przestrzennych modelu. Orientacja bezwzględna modelu. Budowa modelu metodą wiązek. Metoda bezpośredniej transformacji rzutowej DLT. Analityczne opracowanie pary zdjęć naziemnych.). Analityczne metody zagęszczania osnów fotogrametrycznych (Aerotriangulacja metodą niezależnych modeli. Aerotriangulacja metodą wiązek. Rozwiązanie metodą wiązek z dodatkowymi parametrami. Metoda wiązek z obserwacjami dodatkowymi. Strategia samokalibracji. Technologiczne aspekty wyrównania aerotriangulacji dla bloku zdjęć. Terotriangulacja - wyrównanie sieci zdjęć naziemnych metodą wiązek. Współczesne komercyjne pakiety oprogramowania fotogrametrycznego stosowane w rozwiązaniu aerotriangulacji i terotriangulacji.). Fotogrametryczna rejestracja i opracowanie zjawisk dynamicznych (Metody wyznaczenia przemieszczeń płaskich oraz przestrzennych. Metoda paralaksy czasowej. Fotogrametryczne systemy rejestracji - przykłady współczesnych rozwiązań. Zastosowania metod fotogrametrii analityczno - numerycznej w badaniu cech geometrycznych, wyznaczaniu przemieszczeń i deformacji obiektów bliskiego zasięgu.). Obrazy cyfrowe (Obrazy cyfrowe. Zdjęcia i obrazy. Cyfrowy obraz czarno-biały i wielospektralny. Skanowanie powierzchni Ziemi. Charakterystyki techniczne procesu skanowania. Geometryczna zdolność rozdzielcza. Dystorsja geometryczna. Digitalizacja zdjęć fotograficznych. Schematy układu skanerów. Skanery fotogrametryczne. Jakość skanowania obrazu.). Wstępne przetwarzanie obrazu cyfrowego (Korekcja geometryczna obrazu cyfrowego. Metody interpolacji i filtracji. Zmiana skali obrazu cyfrowego.). Fotogrametryczna technologia opracowania mapy numerycznej (Numeryczny model terenu NMT. Numeryczny model rzeźby (NMR). Klasyfikacja NMR w zależności od struktury danych. Matematyczne metody opracowań NMR. Analiza dokładności. Wykorzystanie NMT dla celów gospodarczych. Numeryczny model sytuacji (NMS). Klasyfikacja i kodowanie informacji topograficznej. Technologia pomiaru punktów NMT metodami fotogrametrycznymi.). Autografy analityczne i cyfrowe (Klasyfikacja autografów. Cyfrowe stacje robocze. Oprogramowanie narzędziowe i aplikacyjne. Ekranowy autograf cyfrowy Video Stereo Digitizer AGH. Organizacja pamięci dyskowej. Orientacja stereogramu. Wprowadzenie poprawek dystorsji obiektywu. Stereodigitalizacja zdjęć. Edycja mapy wektorowej. Technologia pomiaru sytuacji i rzeźby terenu. Zarządzanie warstwami tematycznymi. Dokładność opracowania mapy.). Automatyczna identyfikacja punktów i obszarów homologicznych na obrazach cyfrowych (Punkty homologiczne. Obszary homologiczne. Identyfikacja punktów homologicznych na zdjęciach monochromatycznych. Identyfikacja punktów homologicznych na zdjęciach barwnych.). Główne kierunki automatyzacji procesów fotogrametrycznych (Automatyczna orientacja wzajemna zdjęć. Aerotriangulacja automatyczna. Analiza dokładności.). Ortofotomapa cyfrowa (Automatyczne generowanie NMT. Metody budowania „piramidy”. Edycja NMT. Technologia opracowania ortofotomapy i jej aktualizacji.). Fotogrametria i systemy informacji przestrzennej (Systemy Informacji Przestrzennej.



Technologia opracowania geoinformacji. Semantyczna baza danych: model hierarchiczny, sieciowy, relacyjny, obiektowy. Podkład obrazowo-graficzny systemu. Warunki techniczne i programowanie SIP. Technologii opracowań osnowy kartograficznej SIP metodami fotogrametrycznymi.)

Przedmiot “Teledetekcja” (sem.7)

Tematyka: Podstawy fizyczne teledetekcji. Fotometria energetyczna. Interakcje fal EM ze środowiskiem. Charakterystyki spektralne obiektów. Techniki fotograficzne. Wyróżniki fotointerpretacyjne. Rejestracja i formowanie cyfrowego obrazu satelitarnego. Parametry urządzeń skanujących i systemów satelitarnych plików. Obraz cyfrowy mono- i wielospektralny. Nośniki danych i formaty w. Statystyki obrazu. Histogramy. Wizualizacja monochromatyczna i barwna. Kompozycje w barwach "fałszywych" i pseudonaturalnych. Transformacje globalne - modyfikacje kontrastu. Transformacje lokalne obrazów cyfrowych - filtracje cyfrowe. Radiometryczne transformacje punktowe: obliczenie refleksyjności; obliczenie i interpretacja wskaźników NDVI i BI. Radiometryczne transformacje punktowe obrazów wielospektralnych: analiza głównych składowych (PCA). Transformacje geometryczne cyfrowych obrazów satelitarnych. Klasyfikacja nienadzorowana. Klasyfikacja nadzorowana - etapy i algorytmy. Teledetekcja mikrofalowa (radarowa). "Data Fusion".

### **Akademia Rolnicza we Wrocławiu**

Fotogrametria i teledetekcja wykładana jest na kierunku Geodezja i Kartografia na studiach magisterskich oraz na zaocznych studiach inżynierskich i na magisterskich studiach uzupełniających.

#### ***Studia dzienne magisterskie.***

Przedmiot “Fotogrametria i Teledetekcja” (sem.5 i 6, wykłady 45 godz., ćwiczenia 60 godz.)

Tematyka: Wstęp do przedmiotu. Matematyczna i fizyczna analiza zdjęcia pomiarowego. Elementy aerofotografii. Zasady stereoskopowego widzenia. Model stereoskopowy i jego pomiar. Morfologia obrazu pomiarowego. Cechy i parametry obrazu pomiarowego. Zarys teledetekcji. Metody opracowania zdjęć pomiarowych. Metody analogowe. Metody ortofotograficzne. Metody analityczne (układy współrzędnych, geometria wiązki, macierz obrotu, proces iteracyjny, podstawowe warunki opracowań analitycznych). Analityczne opracowanie pojedynczego zdjęcia. Analityczne opracowanie pojedynczego stereogramu (budowa niezależnego modelu, przestrzenne wcięcia wstecz, metoda przekształceń rzutowych. Fototriangulacja i Aerotriangulacja. Schematy technologiczne sporządzania map. Nietopograficzne zastosowania fotogrametrii.

#### ***Inżynierskie studia zaoczne.***

Przedmiot “Fotogrametria i Teledetekcja” (sem. 5 i 6, wykłady 20 godz., ćwiczenia 25 godz.)

Tematyka: Podstawy fotogrametrii i teledetekcji. Zdjęcia fotograficzne. Techniki pozyskiwania obrazów teledetekcyjnych. Cechy fizyczne, matematyczne

i semantyczne obrazów. Analiza matematyczna i fizyczna obrazu pomiarowego. Nazienne i lotnicze kamery pomiarowe. Elementy aerofotografii (projekt lotu fotogrametrycznego i ocena jakości zdjęć fotogrametrycznych). Zasady stereoskopowego widzenia i stereofotogrametrycznych pomiarów. Stereokomparator. Metody opracowania zdjęć pomiarowych. Analogowe metody opracowania zdjęć pomiarowych (Stereometrogarf). Analityczne metody opracowania zdjęć pomiarowych (stecometr-mokrokomputer). Ortofotograficzne metody opracowania zdjęć pomiarowych. Przetworniki fotomechaniczne i optyczne. Schematy technologiczne sporządzania map (metoda kombinowana i metoda uniwersalna., zarys metod cyfrowych). Przykłady zastosowania fotogrametrii i teledetekcji w gospodarce narodowej i ekosozologii.

### ***Magisterskie studia uzupełniające***

Przedmiot "Fotogrametria" (sem. 2, wykłady 15 godz., ćwiczenia 15 godz)

Tematyka: Kompendium współczesnej fotogrametrii naziemnej, lotniczej i satelitarnej. Współczesne metody opracowania obrazów pomiarowych (analityczne i cyfrowe). Automatyzacja pomiarów fotogrametrycznych.

Przedmiot "Teledetekcja" (sem.1, wykłady 30 godz):

Promieniowanie elektromagnetyczne jako nośnik informacji. Metody pozyskiwania informacji w teledetekcji. Przyrządy wykorzystywane do pozyskiwania i przetwarzania obrazów. Systemy przetwarzania i analizy obrazów. Zasady klasyfikacji obrazów. Satelitarne systemy teledetekcyjne. Zastosowania teledetekcji w różnych dziedzinach nauki i gospodarki.

### **Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie**

Fotogrametria i teledetekcja wykładana jest na kierunku Geodezja i Kartografia, na specjalnościach:

#### ***Specjalność Geodezja Wojskowa***

Przedmiot "Fotogrametria" (sem.5-9, wykłady 56 godz, lab. 100 godz, proj. 4 godz., PSI 56 godz),

Przedmiot "Podstawy teledetekcji" (sem.9, wykłady 12 godz., lab. 16 godz., PSI 14 godz.)

#### ***Specjalność Topografia i Kartografia Topograficzna***

Przedmiot "Fotogrametria i teledetekcja" (sem.5-7, wykłady 48 godz., lab. 60 godz., proj. 12 godz.).

Przedmiot "Nowoczesne opracowania fotogrametryczne" (sem. 7, wykłady 6 godz. projekt 20 godz., sem. 8 godz.)

#### ***Specjalność Pomiaru Geodezyjne i Systemy Informacji Terenowej – studia zaoczne.***

Przedmiot "Fotogrametria i Teledetekcja" (sem.4-6, wykłady 30 godz., lab. 38 godz., sem.4 godz., Prac.pr. 12 godz.)

Tematyka: Dotychczas program przewidywał poniższą tematykę zajęć (planuje się zwiększenie liczby godzin związanych z fotogrametrią cyfrową):  
Zagadnienia ogólne. Podstawowe pojęcia i terminologia fotograficzna i fotogrametryczna. Elementy rzutu środkowego w ujęciu fotogrametrycznym. Orientacje: wewnętrzna, wzajemna i zewnętrzna zdjęć oraz metody ich odtwarzania. Ogólne zasady stereoskopii. Idea pomiarów stereoskopowych. Metody wykonywania fotogrametrycznych zdjęć naziemnych i lotniczych. Metody opracowania zdjęć fotogrametrycznych. Osnowa geodezyjna i sposoby kameralnego jej zagęszczenia (aerotriangulacje). Instrumenty przeznaczone do opracowania zdjęć : autografy analogowe ze wspomaganiami komputerowym, autografy analityczne, autografy cyfrowe i fotogrametryczne stacje robocze. Technika pracy, dokładność i wydajność opracowań.  
Produkty finalne opracowań fotogrametrycznych: mapa numeryczna, numeryczny model terenu, ortofotomapy. Nietopograficzne zastosowania fotogrametrii. Nietypowe metody opracowań: mikro i nanofotogrametria, hologrametria. Kierunki rozwoju fotogrametrii.  
Zakresy promieniowania elektromagnetycznego wykorzystywane w teledetekcji , aparatura służąca do ich rejestracji i metody opracowania danych. Satelity teledetekcyjne - parametry orbity, opis aparatury teledetekcyjnej. Metody transmisji i korekcji danych. Metody automatyzacji procesu interpretacji. Zastosowanie praktyczne teledetekcji i kierunki jej dalszego rozwoju.  
Aktualnie planowane jest zwiększenie wymiaru godzin na zajęcia poświęcone zagadnieniom związanym z fotogrametrią cyfrową.

### **3. Zakończenie**

Powyżej przedstawiłem w skrócie tematykę przedmiotów dotyczących fotogrametrii i teledetekcji, wykładanych na kilku uczelniach w Polsce. Porównanie powyższych programów kształcenia z programami publikowanymi przeze mnie z okazji poprzedniego jubileuszowego sympozjum PTFiT napawa optymizmem. Wprawdzie nie w jednakowym stopniu, ale na wszystkich prezentowanych tu uczelniach kształci się w zakresie nowoczesnej fotogrametrii cyfrowej.

Pragnę złożyć podziękowanie za udostępnienie mi programów kształcenia szanownym Kolegom: prof. dr hab. inż. Aleksandrze Bujakiewicz, prof. dr hab. inż. Andrzejowi Maciochowi, mgr. inż. Piotrowi Gołuchowi, i dr. inż. Piotrowi Sawickiemu. Wyrażam nadzieję, że nie popełniłem rażących pomyłek stosując skróty w trakcie kompilacji.