



---

ANNO ACCADEMICO: 2019/2020

---

INSEGNAMENTO/MODULO: Telerilevamento Ambientale

---

TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ FORMATIVA: Caratterizzante

---

DOCENTE: Prof. Valerio Tramutoli

---

e-mail: [valerio.tramutoli@unibas.it](mailto:valerio.tramutoli@unibas.it)

sito web: sito web:

<https://sites.google.com/site/valeriotramutoli/> (in costruzione)

telefono: 205205

Cell: 3293178385:

Lingua di insegnamento: Italiano/Inglese

---

n. CFU: 9

n. ore: 81

Sede: Potenza  
Scuola di Ingegneria

Semestre: II

---

#### OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO

Il corso punta a fornire una conoscenza approfondita degli elementi di base del telerilevamento ed a sviluppare autonome capacità di apprendimento, valutazione e presentazione delle possibili applicazioni nel campo del monitoraggio e della mitigazione dei principali rischi naturali ed ambientali.

---

#### PREREQUISITI

Fondamenti di matematica (e.g. Trigonometria) e di Fisica (e.g. Meccanica)

---

#### CONTENUTI DEL CORSO

Principi fisici e nozioni di base del telerilevamento; osservazione della superficie terrestre in banda ottica; interazione della radiazione elettromagnetica con la superficie e l'atmosfera terrestre; strumenti e tecniche di telerilevamento in banda ottica; metodi e tecniche per il trattamento di immagini digitali; esercitazioni di laboratorio finalizzate all'uso dei principali strumenti per l'analisi di dati di osservazioni della Terra ed alla pratica di software e moduli applicativi per l'elaborazione di immagini satellitari multispettrali. Applicazione di tecniche satellitari attive e passive al monitoraggio dei rischi naturali e ambientali; scelta appropriate delle tecnologie; scelta degli strumenti analisi costi-benefici.

#### PROGRAMMA ESTESO

Introduzione al corso: principi fisici e nozioni di base

1. Definizione e breve storia del remote sensing.
  2. Richiami di elettromagnetismo. Regioni dello spettro della radiazione e.m.
  3. Misura della radiazione e.m. e grandezze radiometriche fondamentali: radianza, irradianza, potenza radiante, brillantezza, emittanza, luminosità.
  4. Decadimento dell'emittanza con il quadrato della distanza dalla sorgente
  5. Radiazione di corpo nero. Legge di Planck.
  6. Concetti di emissività e di temperatura di brillantezza.
  7. Legge dello spostamento di Wien. Legge di Planck nel dominio delle frequenze.
  8. Approssimazione di Rayleigh-Jeans. Approssimazione di Wien. Legge di Stephan-Boltzmann.
  9. Interazione della radiazione elettromagnetica con la superficie terrestre.
  10. Interazione radiazione-materia. Concetto di Trasmittanza, Assorbanza, Riflettanza.
  11. Legge di Kirchoff. Relazione emissività-riflettanza per corpi opachi.
  12. Interazione radiazione-materia nel visibile, oltre il visibile.
  13. Curve di risposta spettrale, firme spettrali di suoli, vegetazione, acqua.
  14. Lettura di firme spettrali della vegetazione.
  15. Principio base dell'osservazione multispettrale.
  16. Superfici lambertiane e speculari. Funzione di distribuzione della riflettanza bidirezionale (BRDF). Fattore di riflettanza bidirezionale (BRF).
  17. Esercitazioni teorico-pratiche in laboratorio: caratterizzazione spettro-radiometrica di corpi neri e di altre sorgenti.
  18. Esercitazioni teorico-pratiche: misura in laboratorio di firme spettrali in riflettanza di vegetazione, minerali e materiali artificiali
  19. Interazione radiazione materia alla superficie di corpi opachi. Criterio di Reyleigh per la rugosità.
  20. Spettroscopia atomica. Spettri di emissione e di assorbimento. Spettro dell'atomo di idrogeno.
-

- 
21. L'atomo di Bohr e la previsione dei termini spettroscopici degli atomi. Spettri molecolari (cenni).
  22. Spettri di minerali e rocce in riflettanza ed emissività.
  23. Composizione di firme spettrali (linear mixing).
  24. Spiegazione teorica e generalizzazione del principio base dell'osservazione multispettrale.
  25. Sorgenti naturali per l'osservazione della Terra dallo spazio: il Sole, la Terra.
  26. Tecniche attive e passive di telerilevamento.
  27. Tecniche SAR (cenni)
- Interazione della radiazione elettromagnetica con l'atmosfera terrestre.
28. Struttura e composizione chimico-fisica dell'atmosfera terrestre.
  29. Interazione radiazione-materia in atmosfera. Scattering di Rayleigh e di Mie (cenni).
  30. Finestre spettrali per l'osservazione della superficie terrestre in condizioni standard e variabili.
  31. Estinzione della radiazione e.m. in atmosfera. Sezione d'urto di estinzione, di assorbimento, di scattering.
  32. Sezione d'urto per unità di massa. Coefficiente di assorbimento. Funzione di sorgente.
  33. Equazione generale del trasferimento radiativo.
  34. Legge di Beer-Bouguer-Lambert. Cammino ottico.
  35. Equazione di Schwarzschild e sue soluzioni nel caso di radianze nadirali. Spessore ottico.
  36. Allargamento delle righe spettrali in funzione della pressione (altezza) in atmosfera (cenni)
  41. Penetrazione delle onde e.m. nella materia. Indice di rifrazione complesso. Lunghezza di attenuazione.
  42. Interazione della radiazione e.m. in atmosfera: le nubi meteorologiche.
  43. Bande spettrali diagnostiche della presenza di nubi e per distinguerle dalle coperture nevose .
- Strumenti e Tecniche di Telerilevamento in banda ottica
44. Sistemi satellitari per l'osservazione della Terra. Segmento spaziale e Segmento terrestre
  45. Orbite polari e geostazionarie.
  46. Orbite non-ruotanti. Orbite eliosincrone. Orbite di Molnyia.
  47. Equazione del razzo e messa in orbita di un satellite: carico utile.
  48. Orbite reali. Tempo di vita di un satellite per decadimento delle orbite.
  49. Elementi di forza e di debolezza dell'osservazione da satellite polare e geostazionario. Costellazioni satellitari.
  50. Radiometri. Radianza al sensore e rapporto S/R.
  51. Vantaggi e svantaggi dei sistemi attivi e passivi.
  52. Calibrazione di un sensore passivo.
  53. Sistemi a immagine optomeccanici. CCD lineari. Whiskbroom scanners.
  54. Across track scanning. Relazione tra parametri orbitali (V/H) e velocità di scansione.
  55. Along Track scanning. CCD bidimensionali: pushbroom scanners.
  56. Vantaggi e svantaggi dell'acquisizione along-track e across-track.
  57. Scansione da piattaforma geostazionaria.
  58. Costruzione di immagini digitali
  59. Risoluzione spaziale, spettrale, temporale e radiometrica di un sensore
  60. Interdipendenza fra risoluzione spaziale, spettrale e temporale di un sensore a S/R fissato.
  61. Le principali missioni satellitari: l'alta e altissima risoluzione spaziale
  62. Le principali missioni satellitari: l'alta e altissima risoluzione temporale.
  63. Scelta dei sensori: competizione tra risoluzione spaziale, spettrale e temporale.
- Trattamento ed interpretazione di dati telerilevati.
64. Definizione di immagine digitale multispettrale. Pre-processamento di immagini digitali.
  65. Calibrazione: retta di calibrazione. Calibrazione in volo di sensori nell'infrarosso termico.
  66. Correzione delle radianze al sensore per gli effetti dell'atmosfera. Navigazione di immagini satellitari.
  67. Scatterogramma.
  68. Classificazione di immagini satellitari: classificazione supervisionata
  69. Classificazione non supervisionata.
- Telerilevamento nei Rischi Naturali e Ambientali: metodi e applicazioni.
70. Concetti di firma spettrale, spaziale, temporale, di intensità. Indici di vegetazione e NDVI
  71. Esempi di utilizzo dell'osservazione da aereo e l'alta risoluzione spettrale per l'identificazione di affioramenti di Serpentinite nell'area del Parco Nazionale del Pollino.
  72. Applicazione di tecniche robuste di classificazione supervisionata: Spectral Angle Mapper
-



- 
- 
73. Utilizzo integrato di firme spaziali e spettrali. Esempio: censimento dei Pini Loricati nell'area del parco nazionale del Pollino.
  74. Firme temporali: mapping di aree inondate.
  75. Tecniche satellitari (split window) per la stima della temperatura superficiale del mare (SST) e del suolo (LST).
  76. Dipendenza della funzione di Planck dalla temperatura nel MIR e nel TIR per celle al suolo parzialmente interessate da incendi.
  77. Rapporto tra risoluzione spaziale e risoluzione radiometrica: dimensioni minime dell'hot spot rilevabile.
  78. Firme di intensità (identificazione degli incendi boschivi)
  79. Applicazione di tecniche satellitari integrate alla previsione e/o monitoraggio di eventi estremi (inondazioni, eruzioni vulcaniche, terremoti, etc.).
  80. Firme di intensità. Principali tecniche per il monitoraggio dell'attività vulcanica.
  81. Utilizzo integrato di firme temporali e di intensità. Esempio: tecniche robuste per il monitoraggio dell'attività termica vulcanica, delle nubi eruttive, degli sversamenti di idrocarburi a mare, dell'emissione termica terrestre in corrispondenza di forti terremoti.
  82. Scelta appropriata delle tecnologie in un contesto operativo. Studio di fattibilità e analisi costo/benefici. Esempio: perimetrazione delle aree percorse da incendi ai fini della L. 353/2000.
- Esercitazioni teorico pratiche e di laboratorio
83. Misura in laboratorio della radiazione di corpo nero e stima della temperatura della sorgente dalla Legge di Wien
  84. Misura in laboratorio di firme spettrali in riflettanza di vegetazione, minerali e superfici artificiali.
  85. Moltiplicazione di curve di risposta spettrale.
  86. Raffronto grafico di curve spettrali di vegetazione (riconoscimento di condizioni di stress idrico e/o di malattia).
  87. Calcolo dell'NDVI su immagini MODIS e caratterizzazione di nubi, acqua e coperture di suolo vegetate e non vegetate.
  88. Calcolo della immagine differenza delle temperature di brillanza a 11 e 12 micron per la discriminazione di nubi meteorologiche da nubi eruttive e tempeste di sabbia.
  89. Calcolo della funzione di Planck e verifica della legge di Wien
  90. Analisi delle firme spettrali di oceano, suoli e nubi da immagini muti spettrali MODIS

---

---

#### METODI DIDATTICI

Lezioni teoriche frontali, Esercitazioni, Esercitazioni in laboratorio, Esercitazioni progettuali, Visite tecniche

---

---

#### MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Prove di verifica intermedie, Discussione di un elaborato progettuale, Prova pratica, Esame orale.

---

---

#### TESTI DI RIFERIMENTO E DI APPROFONDIMENTO, MATERIALE DIDATTICO ON-LINE

K. N. Liou An Introduction to Atmospheric Radiation - Second Edition – Academic Press (2002, 1980)

R. P. Gupta Remote Sensing Geology, Springer & Verlag, (1991).

W.G. Rees, Physical Principles of Remote Sensing, Cambridge University Press (1990)

Copia delle slides presentate durante le lezioni

Altri testi consigliati:

P.J. Curran, Principle of Remote Sensing, Longmann (1985).

J.B. Campbell Introduction to Remote Sensing, Taylor & Francis (1996)

- N. M. Short The Remote Sensing Tutorial Edited by Jon Robinson: disponibile in biblioteca come iper-testo su CD-ROM e consultabile sul sito internet della NASA:  
<http://code935.gsfc.nasa.gov/Tutorial/TofC/Coverpage.html>

---

---

#### METODI E MODALITÀ DI GESTIONE DEI RAPPORTI CON GLI STUDENTI

All'inizio del corso, dopo aver descritto obiettivi, programma e metodi di verifica, il docente mette a disposizione degli studenti il materiale didattico e quello necessario per le esercitazioni (slides delle lezioni, dati delle misure di laboratorio, dati satellitari, software open source, etc.) su cartelle condivise. Contestualmente, si raccoglie l'elenco degli studenti che intendono iscriversi al corso, corredato di nome, cognome, matricola ed email.

Orario di ricevimento: tutti i giorni compreso il sabato su appuntamento presso lo studio n.40 del docente al V piano  
Il docente è comunque disponibile in ogni momento per un contatto con gli studenti, attraverso la propria e-mail e il proprio telefono cellulare.

---



**Università degli Studi della Basilicata**

SCUOLA DI INGEGNERIA



Università degli Studi della Basilicata  
**Scuola di Ingegneria**

---

---

DATE DI ESAME PREVISTE 29/6/ 2020, 28/7/ 2020, 21/9/2020, 19/10/2020, 21/12/2020, 15/2/2021, 12/4/2021

---

---

SEMINARI DI ESPERTI ESTERNI    SI     NO

---

---

ALTRE INFORMAZIONI

---