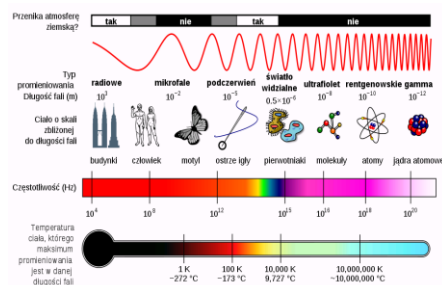


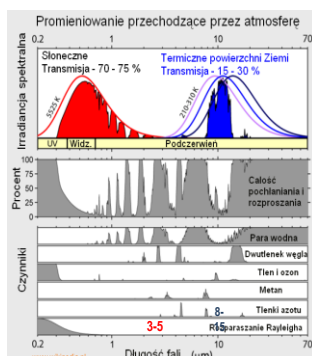
ANALIZA DANYCH TERMALNYCH

Podczerwień termalna 3-14 μm



Transmisja atmosferyczna

- Dane optyczne korzystają z promieniowania Słonecznego odbitego od obiektu.
- Maksymalna koncentracja energii Słonecznej występuje przy długości fali 0,5 μm (maksimum promieniowania padającego na powierzchnię Ziemi i odbitego od niej).
- Energia promienista od Ziemi jest niewielka, dominuje w nocy.
- Temperatura Ziemi wynosi średnio 290 K, więc maksimum przypada na 9,7 μm .
- Okna atmosferyczne: 3-5 μm i 8-15 μm



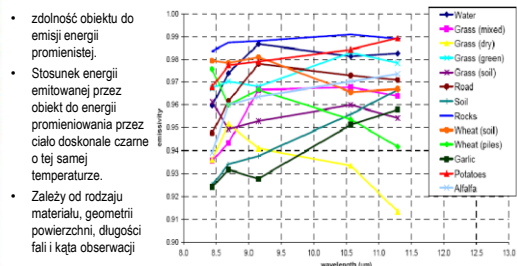
Energia cieplna

- Thermal IR energy = heat = ciepło
- Promieniowanie termalne jest emitowane i odbijane.
- Emisja następuje dla każdego obiektu którego temperatura jest większa od zera bezwzględnego (0 K)

Podstawy teoretyczne

- Obrazy termalne przedstawiają rozkład temperatury radiacyjnej (Trad) powierzchni terenu.
- $\text{Trad} = E^4 \times T_{\text{kin}}$
- Iloczyn temperatury (T_{kin}) i zdolności emisyjnej E materiałów tworzących powierzchnię
- Temperatura radiacyjna** – temperatura ciała doskonale czarnego, dla której jego całkowita zdolność emisyjna jest równa całkowitej zdolności emisyjnej badanego obiektu.
- Temperatura kinetyczna** – przejaw wewnętrznej energii ciała jego ciepła (radiacyjna skupia się na emitowanym cieple). Mierzmy ją termometrem.

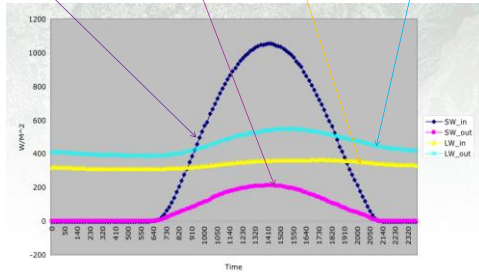
Emisyjność (emissivity)



Dobowy bilans radiacyjny ziemi

PROMIENIOWANIE TERMALNE
PRZYCHODZĄCE, EMITOWANE Z ZIEMI

PROMIENIOWANIE KRÓTKOFALOWE
PRZYCHODZĄCE, ODBIJANE OD ZIEMI

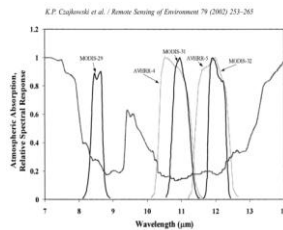


Zobrazowania termalne

- Pozwalają na rejestrację ilości wyemitowanej energii przez daną powierzchnię
- Im jaśniejszy obraz tym większa rejestrowana emisja, a tym samym większa temperatura radiacyjna obiektu

Satelitarne dane termalne

- NOAA skaner AVHRR –
 - 2 kanały TIR
 - 1,1 km
- LANDSAT 5 skaner Thematic Mapper
 - 10,40-12,50 μm
 - 120 m
- LANDSAT 7 skaner Enhanced Thematic Mapper
 - 10,4-12,5 μm
 - 60 m
- TERRA ASTER
 - 5 kanałów TIR
 - od 8,1 do 11,6 μm
 - 90m
- MODIS
 - 16 kanałów TIR
 - 3,7 – 14,5 μm



Zalety zobrazowań termalnych

- Pomiar temperatury ciał na odległość
- Nocna obserwacja Ziemi
- Możliwość analiz ciągłych = całodobowych
- Nie są wrażliwe na zamglenia i dymy
- Badanie powierzchni wodnej
- Detekcja innych cech niż za pomocą VIS i IR

Wady zobrazowań termalnych

- Niska rozdzielczość przestrzenna (TIR niesie ze sobą bardzo mało energii)
- Parametry systemu obrazującego muszą spełniać ściśle określone kryteria
 - Detektory z bardziej odpornych i bardziej kosztownych materiałów
 - Technologia dużo droższa niż ta pozwalająca rejestrować VIS czy NIR.
 - Utrzymanie bardzo niskich temperatur, gdyż rejestrowane promieniowanie jest bardzo słabe, i trzeba wyeliminować ciepło własne sensora
- Dane trudne do kalibracji, gdyż różnice w temperaturach mogą być bardzo subtelne i są bardzo zależne od wilgotności atmosfery, dlatego też trudno przewidzieć zależności
- Interpretacja

Zastosowania

- Temperatura powierzchni Ziemi (LST) i mórz (SST)
- Geologia (zjawiska wulkaniczne, fotolineamenty)
- Kondycja roślinności (stres wodny)
- Obszary pokryte lodem
- Oceany (prądy morskie, wpływ zanieczyszczeń)
- Pożary (pogorzeliska, ogniska zapalne)
- Wojsko (zamaskowani żołnierze wroga, ukryte bazy)
- Urbanizacja (zanieczyszczenia, miejska wyspa ciepła)
- Strefa podbiegunowa (długie noce)

Przykłady zastosowań



Oerke E.C., Lindenthal M., Fröhling P., Steiner U., 2005, **Digital infrared thermography for the assessment of leaf pathogens.**

Zjawiska wulkaniczne

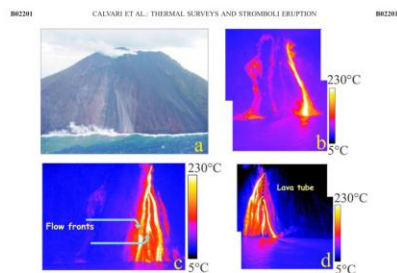


Figure 5. (a) View from north of the Sciara del Fuoco, showing in black the lava flow field from the 500-m elevation vent. Thermal images of (b) single flow units entering the sea on 3 January 2003, (c) multiple flows sweeping halfway along the Sciara del Fuoco on 4 February 2003, and (d) lava tube formation and flows from epithermal vents or from skylights on 13 February 2003.

Miejska wyspa ciepła

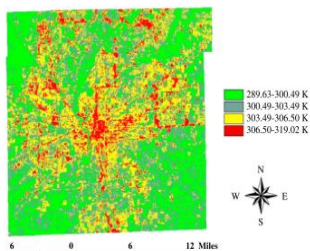
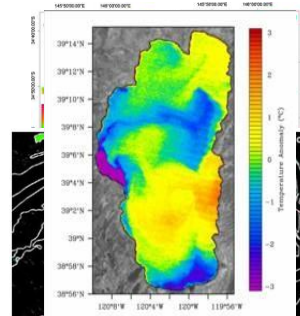


Fig. 1. Emissivity-corrected LST map of Indianapolis, United States. LSTs were derived from a Landsat ETM+ thermal infrared image of June 22, 2000. (Source: Weng et al., 2004).

Zastosowanie danych termalnych

- Wykrywanie pożarów
- Badania miasta (temperatura, zanieczyszczenia, przemysł, rozwój miasta)
- Badania roślinności – ewapotranspiracja
- Wykrywanie minerałów, badania geologiczne
- Hydrologia



WYKORZYSTANIE DANYCH LANDSAT DO POMIARU TEMPERATURY POWIERZCHNI ŁĄDU

Obliczenie LST w stopniach C

$$S_i = \frac{T}{1 + (\lambda * T / \rho) \ln \varepsilon} - 273.15$$

- S_i – temperatura powierzchni;
- T – temperatura efektywna;
- λ – długość fali;
- ε – emisyjność;
- " $\rho = (h * c / \sigma)$ ":
 - σ – stała Boltzmanna = 1.38×10^{-23} J/K;
 - h – stała Plancka = 6.626×10^{-34} Js;
 - c – prędkość światła = 2.998×10^8 m/s.

Weng Q., Lu D., Schubert J. 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment, 402-403. Niedziółko J., WASAT, 2014. ProGea 2014

Procedura obliczania

1. Import danych Landsat
2. Kalibracja obrazu: współczynnika odbicia i brightness temperature
3. Wycięcie obrazu
4. Obliczanie wskaźnika NDVI
5. Obliczenie emisyjności
6. Obliczenie temperatury LST
7. Maskowanie wody na podstawie obrazu wielospektralnego

Niedziółko J., WASAT, 2014
ProGae 2014

Kalibracja temperatury efektywnej brightness temperature

$$T = \frac{K2}{\ln \left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1 \right)}$$

- Temperatura efektywna w Kelvinach
- K1, K2 – stała kalibracyjna zależna od sensora
- L – radiancja – strumień promieniowania na jednostkę powierzchni na jednostkę kąta bryłowego (wat na steradian na metr kwadratowy)

Niedziółko J., WASAT, 2014
ProGae 2014

Emisyjność

$$\varepsilon = \begin{cases} 0.979 - 0.035 Red & NDVI < 0.2 \\ 0.986 + 0.004 P_V & 0.2 \leq NDVI \leq 0.5 \\ 0.99 & NDVI > 0.5 \end{cases}$$

$$P_V = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2$$

Red – kanał 3

Sobrino et al., Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5, Remote Sensing of Environment 90 (2004) 434–440.
Niedziółko J., WASAT, 2014
ProGae 2014

Emisyjność

- Obliczenie wskaźnika NDVI
- Obliczenie emisyjności wg wzoru
- b3 = reflectance band 3, b1 = NDVI

Niedziółko J., WASAT, 2014
ProGae 2014

Obliczenie LST w stopniach C

$$S_i = \frac{T}{1 + (\lambda * T / \rho) \ln \varepsilon} - 273.15$$

- S_i – temperatura powierzchni;
- T – temperatura efektywna;
- λ – długość fali;
- ε – emisyjność;
- " $\rho = (h * c / \sigma)$ ", where:
 - σ – stała Boltzmanna = 1.38×10^{-23} J/K;
 - h – stała Plancka = 6.626×10^{-34} Js;
 - c – prędkość światła = 2.998×10^8 m/s.

b1 = Brightness
temperature,
b2 = Emissivity

Weng Q., Lu D., Schubring J. 2004.
Estimation of land surface temperature-
vegetation abundance relationship for
urban heat island studies. Remote
Sensing of Environment, 467-483.
Niedziółko J., WASAT, 2014
ProGae 2014

Analiza

- Maskowanie
- Kartogram temperatur