

# 9. INSPIRE ESPUS školenie „DPZ & Copernicus“

DPZ – Diaľkový prieskum Zeme

## 9. INSPIRE ESPUS školenie

„DPZ & Copernicus“



Online formát

Termín: 27.10.2022

Miesto: MS Teams

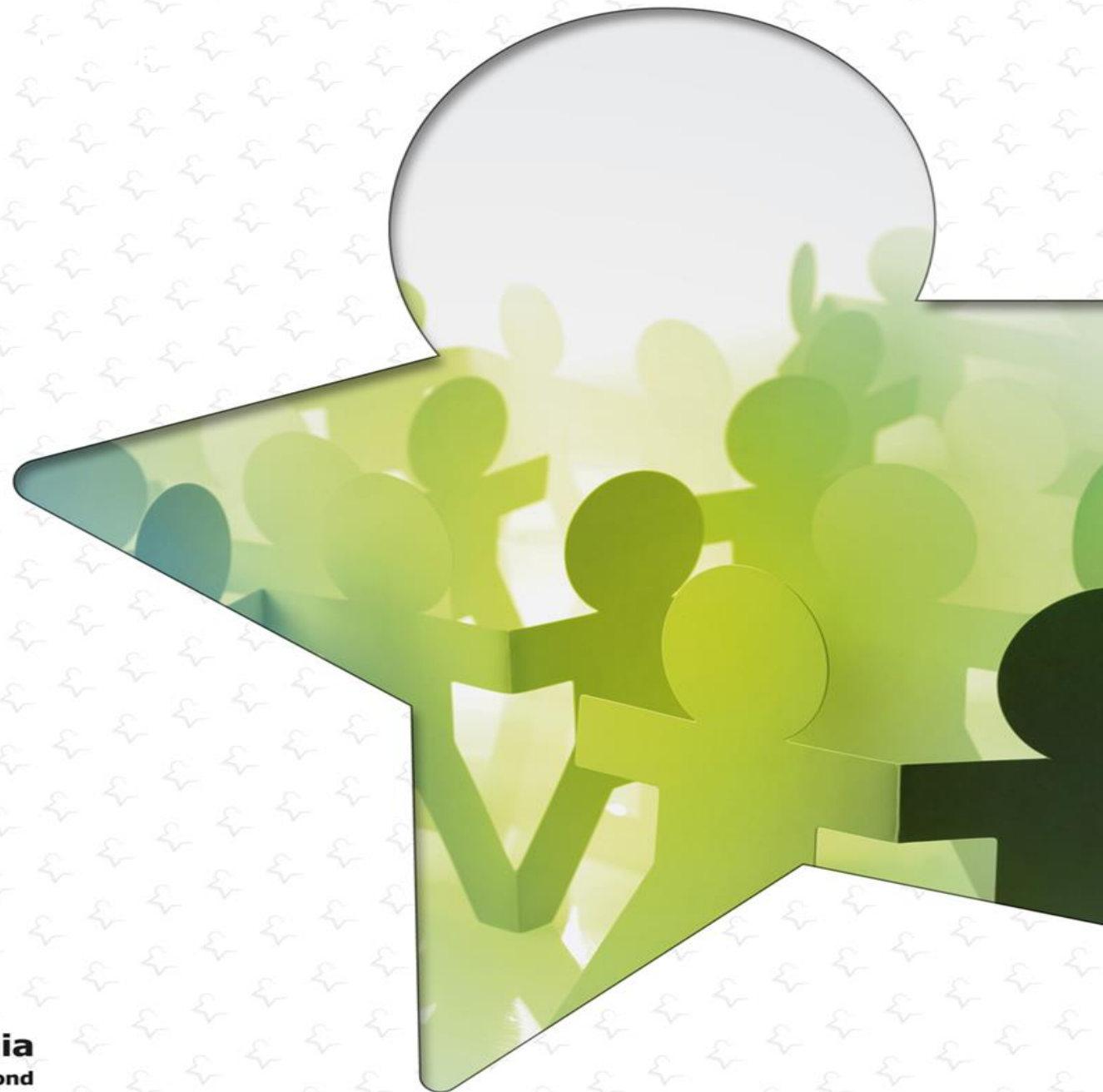


Operačný program  
Efektívna  
verejná správa



Európska únia  
Európsky sociálny fond

Tento projekt je podporený z Európskeho sociálneho fondu





MINISTERSTVO

ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



**ESPUS**

Efektívna správa priestorových údajov a služieb

## 9. INSPIRE ESPUS školenie „DPZ & Copernicus“ DPZ – Diaľkový prieskum Zeme

XX.11.2022



**Európska únia**  
Európsky sociálny fond

# Prehľad

Úvod do problematiky

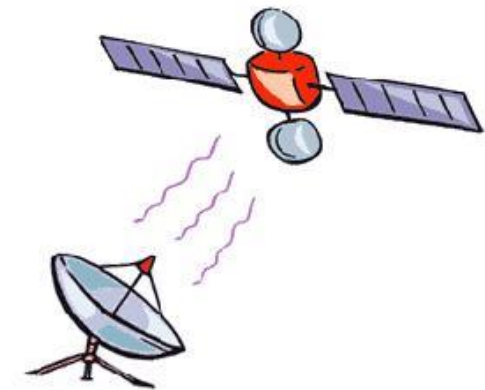
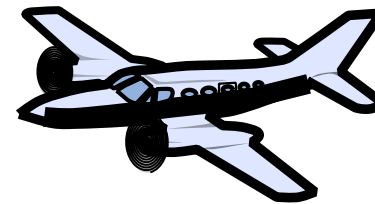
- Základné princípy DPZ
- Multispektrálne videnie a farebné syntézy
- Interpretácia obrazu



# Zber polohovo viazaných údajov



- zber údajov
  - terénnym prieskumom
    - úskalia pozemného mapovania
      - pomalé
      - časovo náročné
      - občas nebezpečné
  - diaľkovým prieskumom
    - UAV
    - letecky
    - z družíc
  - synoptický pohľad



# DPZ

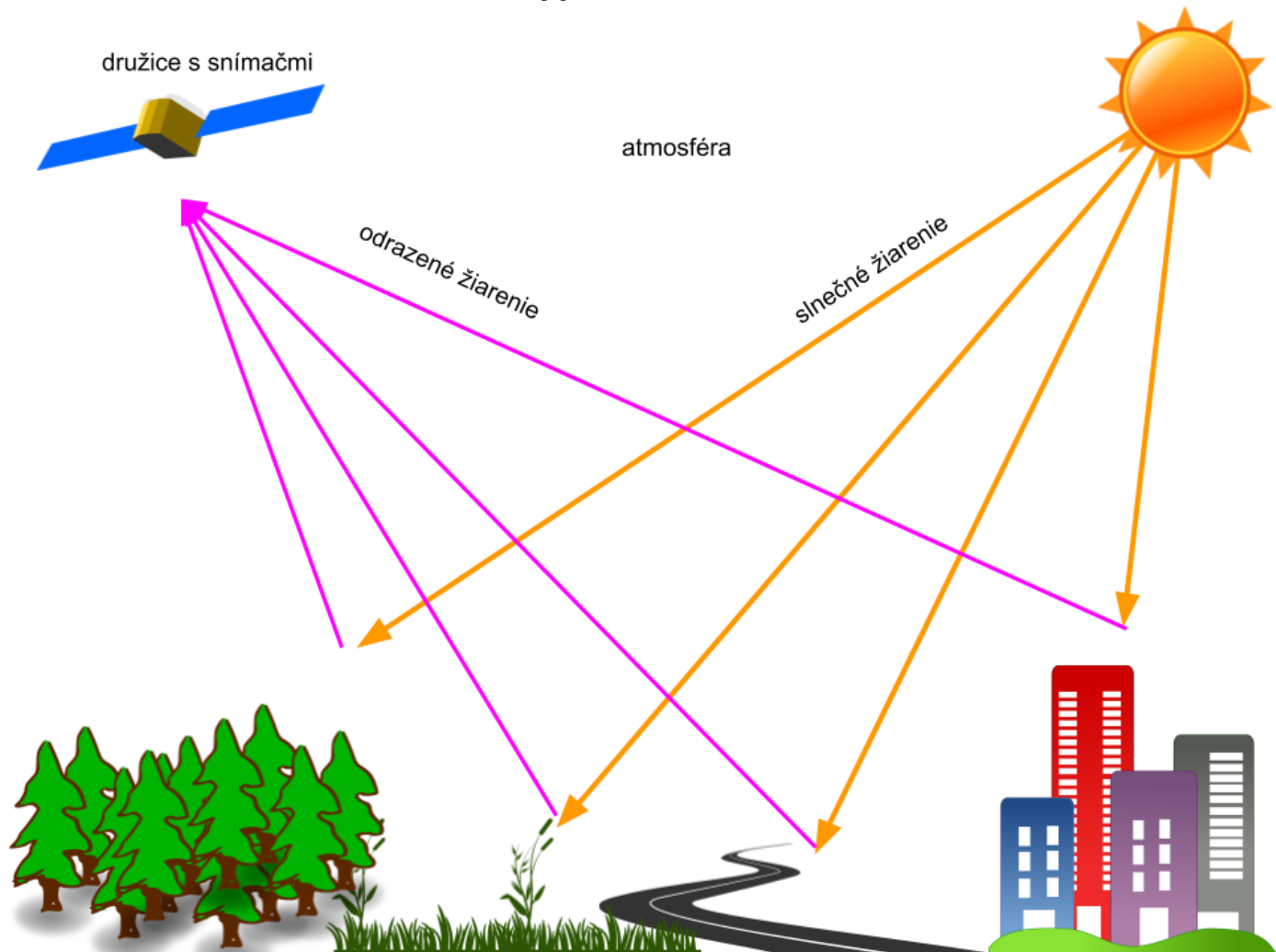


- Diaľkový prieskum Zeme – zbiera a spracováva údaje o Zemi bez priameho kontaktu so Zemou
  - 1858 prvá fotografia z balónu (Francúzsko)
  - neskôr
    - leteckým snímkovaním
    - družicovým snímkovaním
    - UAV snímkovaním
- Cieľ:
  - Uvidieť “NIEČO” na zemskom povrchu





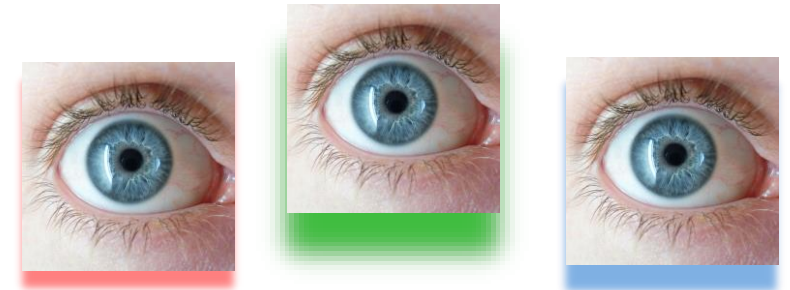
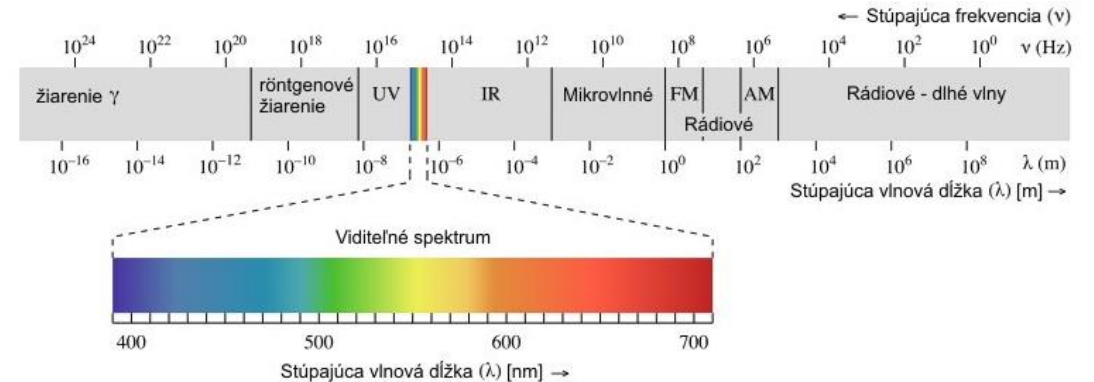
# Podstata „videnia“



- tmavé plochy  $\Rightarrow$  menší odraz, väčšie pohltenie
- svetlejšie plochy  $\Rightarrow$  lepší odraz, menšie pohltenie žiarenia

# Podstata „videnia“

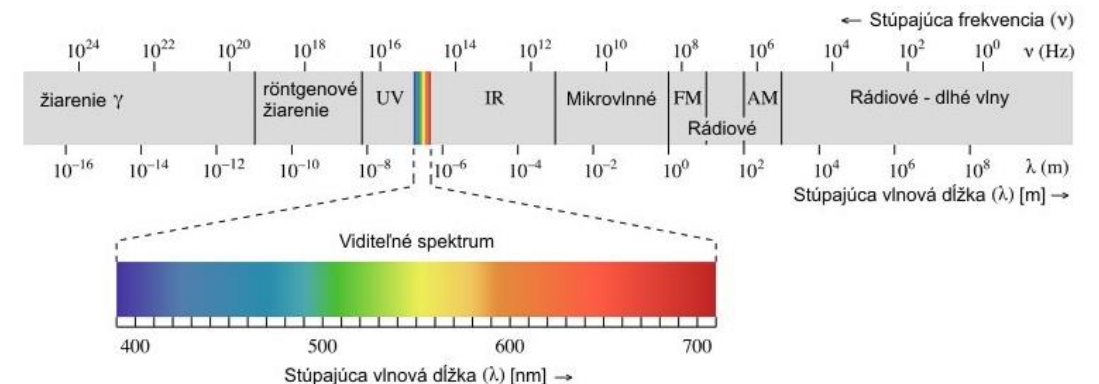
- okolo nás sa nachádza elektromagnetické vlnenie rôznej vln. dĺžky
  - hlavným zdrojom je Slnko
  - vlnenie sa odráža (rôznym spôsobom)
  - istá časť spektra tohto vlnenia je ľudským okom viditeľná
  - ľudské oko vníma súčasne odrazené lúče z troch rôznych pásiem
  - ak chceme mať farebnú snímku, musíme snímať troch pásmach elektromagnetického spektra súčasne





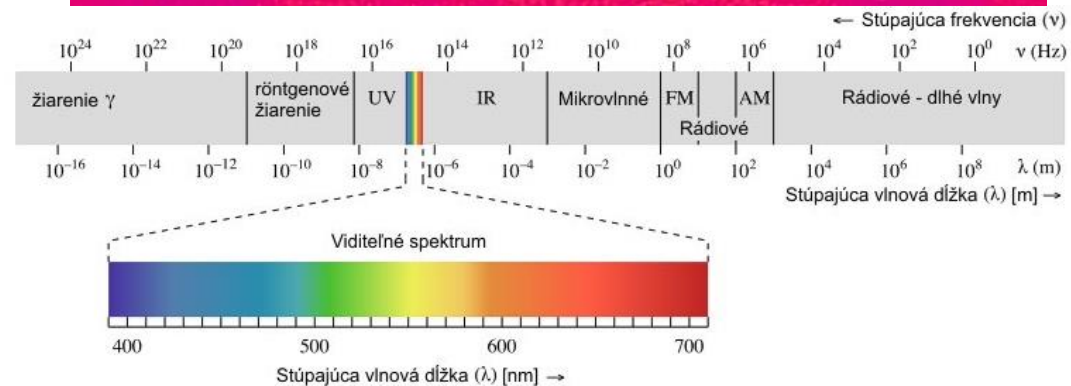
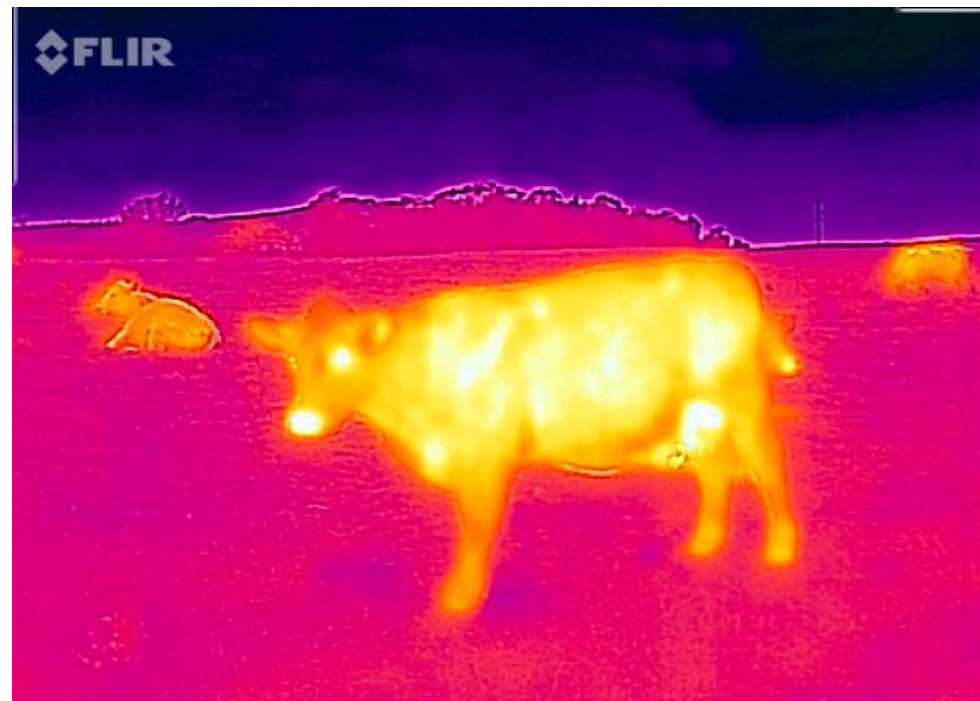
# Metódy DPZ

- zachytenie obrazu v rôznych pásmach spektra
  - viditeľná časť spektra (kanály pre červenú, zelenú, modrú) – fotografické kamery
  - infračervené, ultrafialové ž. – špeciálne snímače (kamery)
  - radarové ž. – radary
  - rádiové ž. – rôzne, sonary (možnosť snímať aj pod povrchom)
- používajú sa špeciálne kamery
- *načo snímať to čo nevidno?*



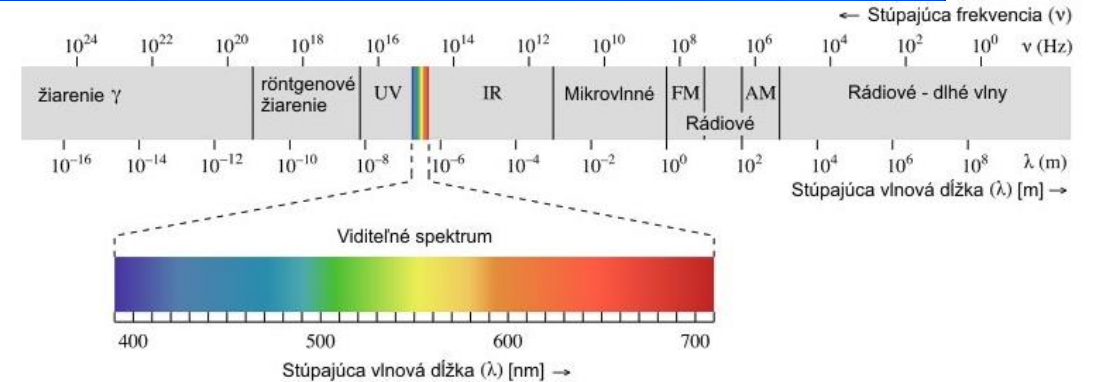
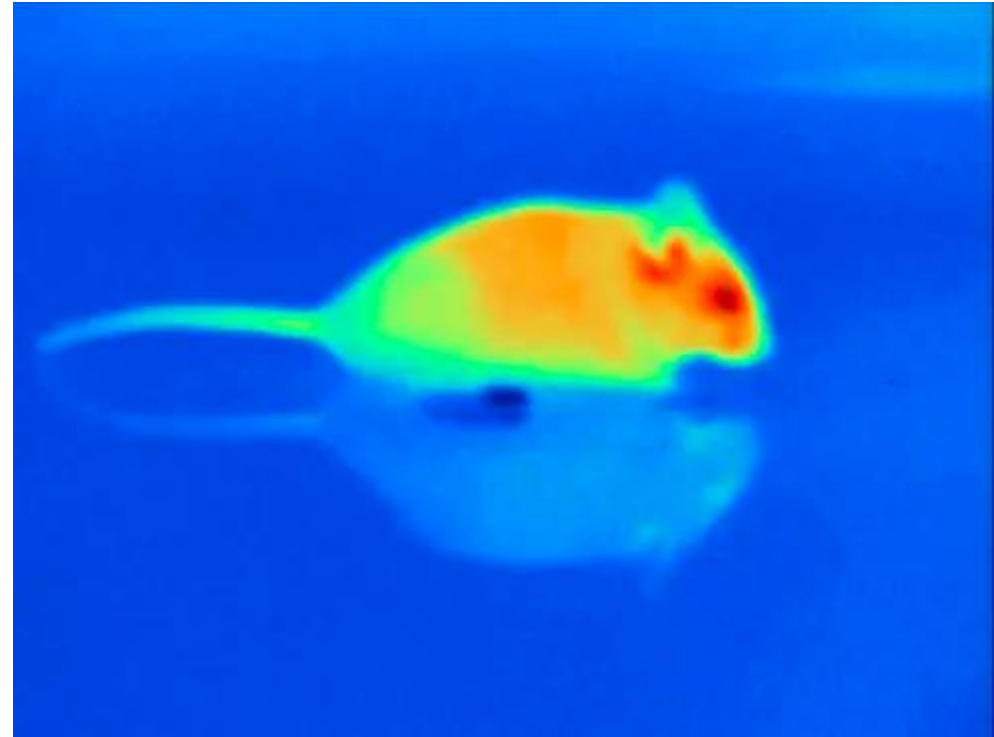


# Videnie neviditeľného (1)



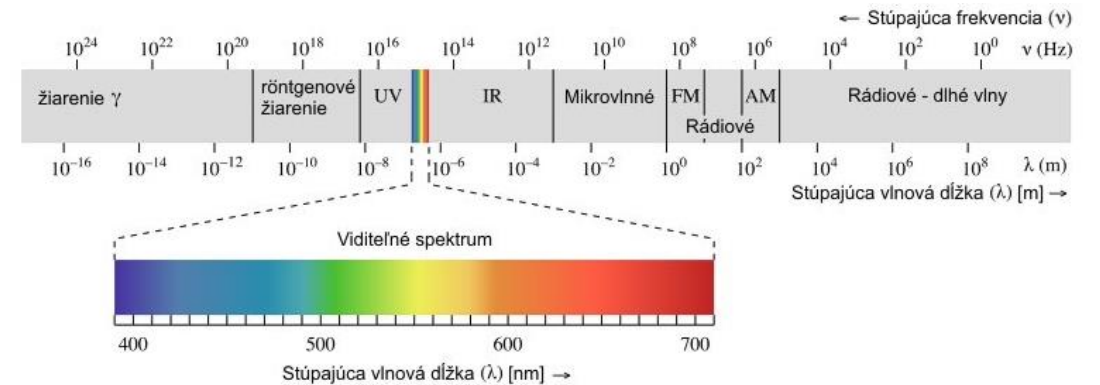


# Videnie neviditeľného (2)





# Videnie neviditeľného (3)

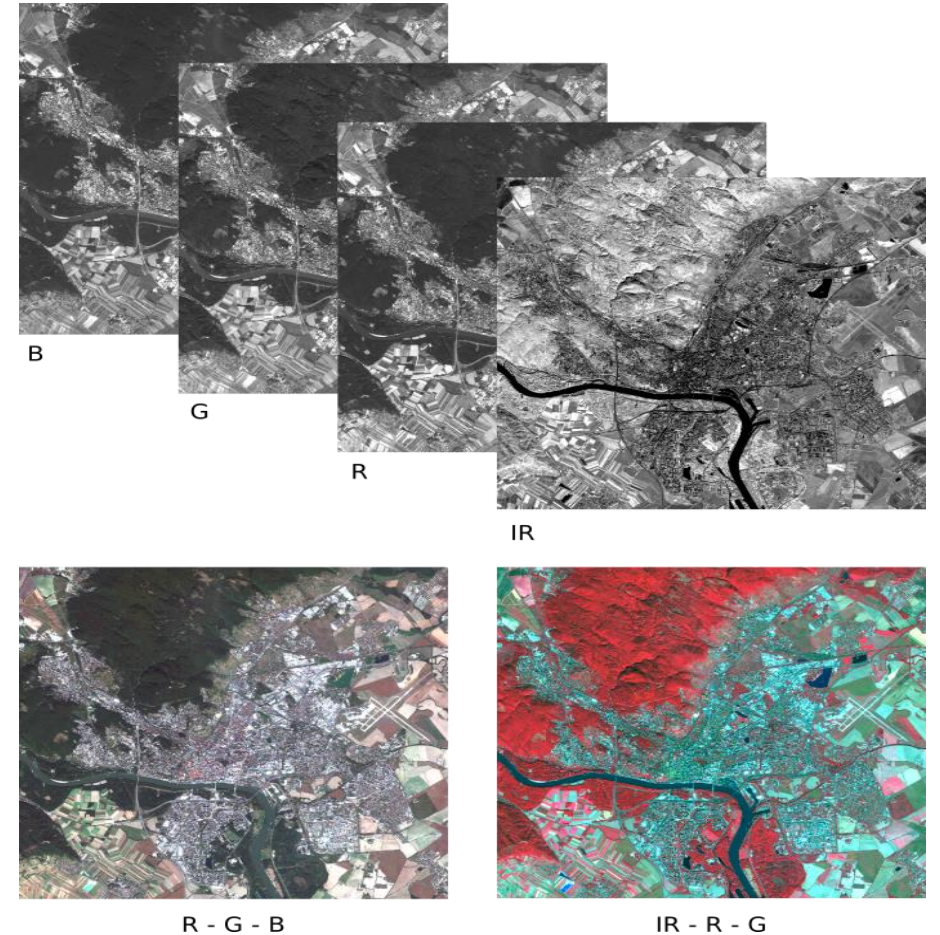




# Nepravé farby



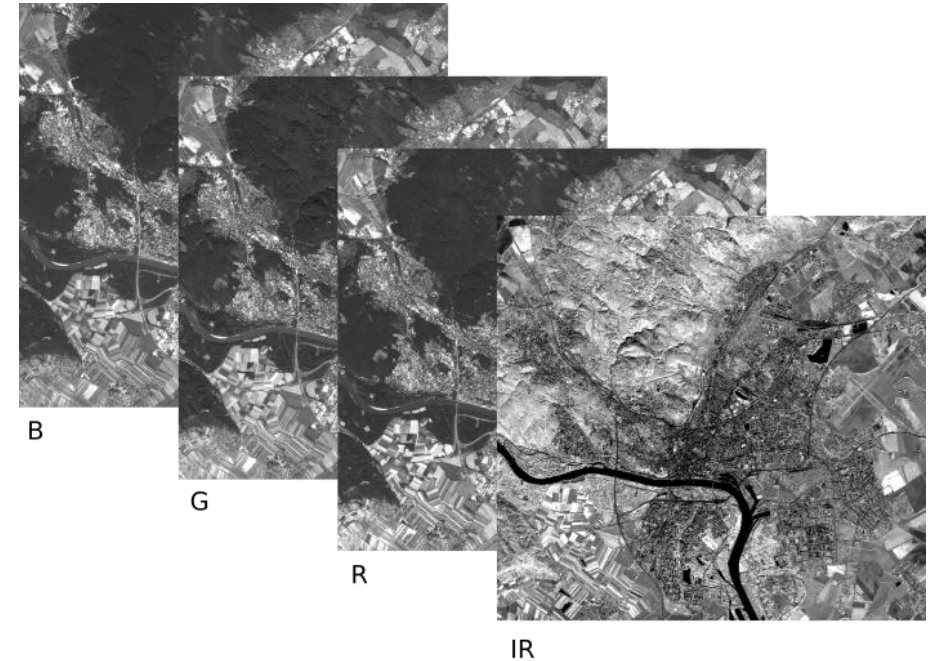
- riešenie na farebné vyjadrenie snímky nasnímanej v spektre žiarenia mimo pásma vnímaného ako viditeľné svetlo
- nahrádzanie R, G, alebo B zložky iným pásmom (napr. IR, UV)
- najčastejšie:
  - RGB
  - NRG
  - SwRG





# Snímky podľa počtu kanálov

- panchromatické (1 kanál)
- multispektrálne (2-12 kanálov)
- hyperspektrálne (niekoľko desiatok až stovák)
- viac kanálov=>bohatšia obrazová informácia



R - G - B



IR - R - G





# Skreslenie nielen očí

- obraz prechádzajúci šošovkou objektívu/oka je geometricky skreslený (okrem bodu v strede)

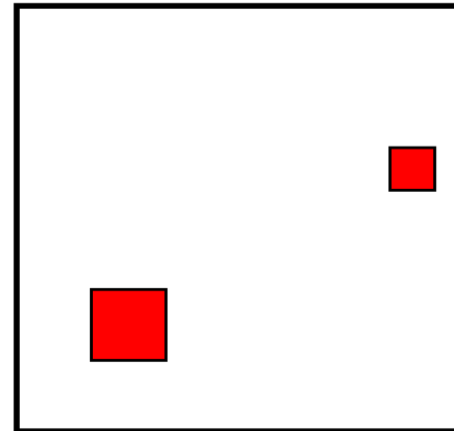




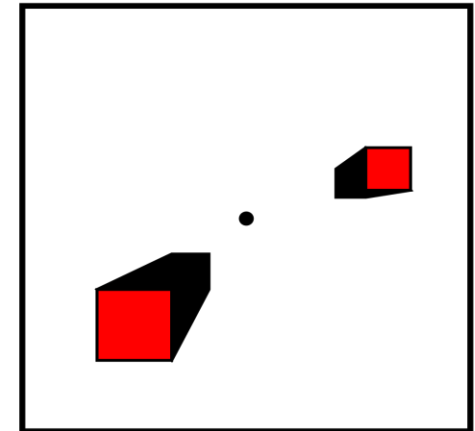
# Skreslenie nielen očí

- obraz prechádzajúci šošovkou objektívu/oka je geometricky skreslený (okrem bodu v strede)

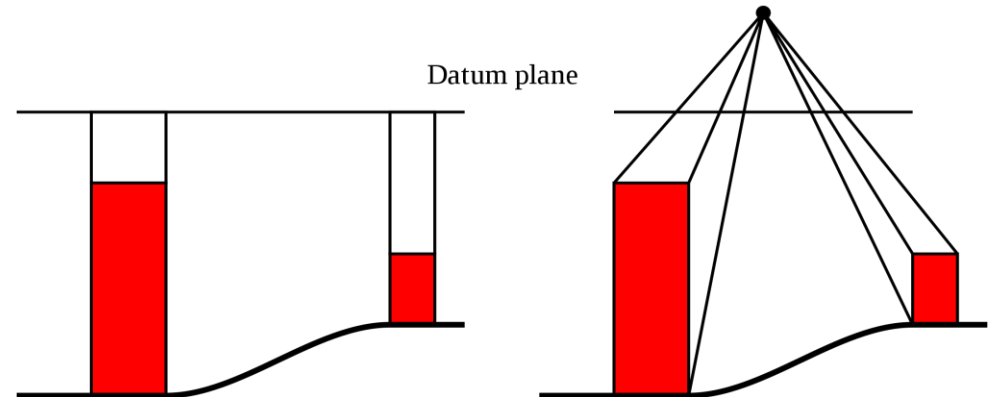
Orthographic view



Perspective view



Datum plane







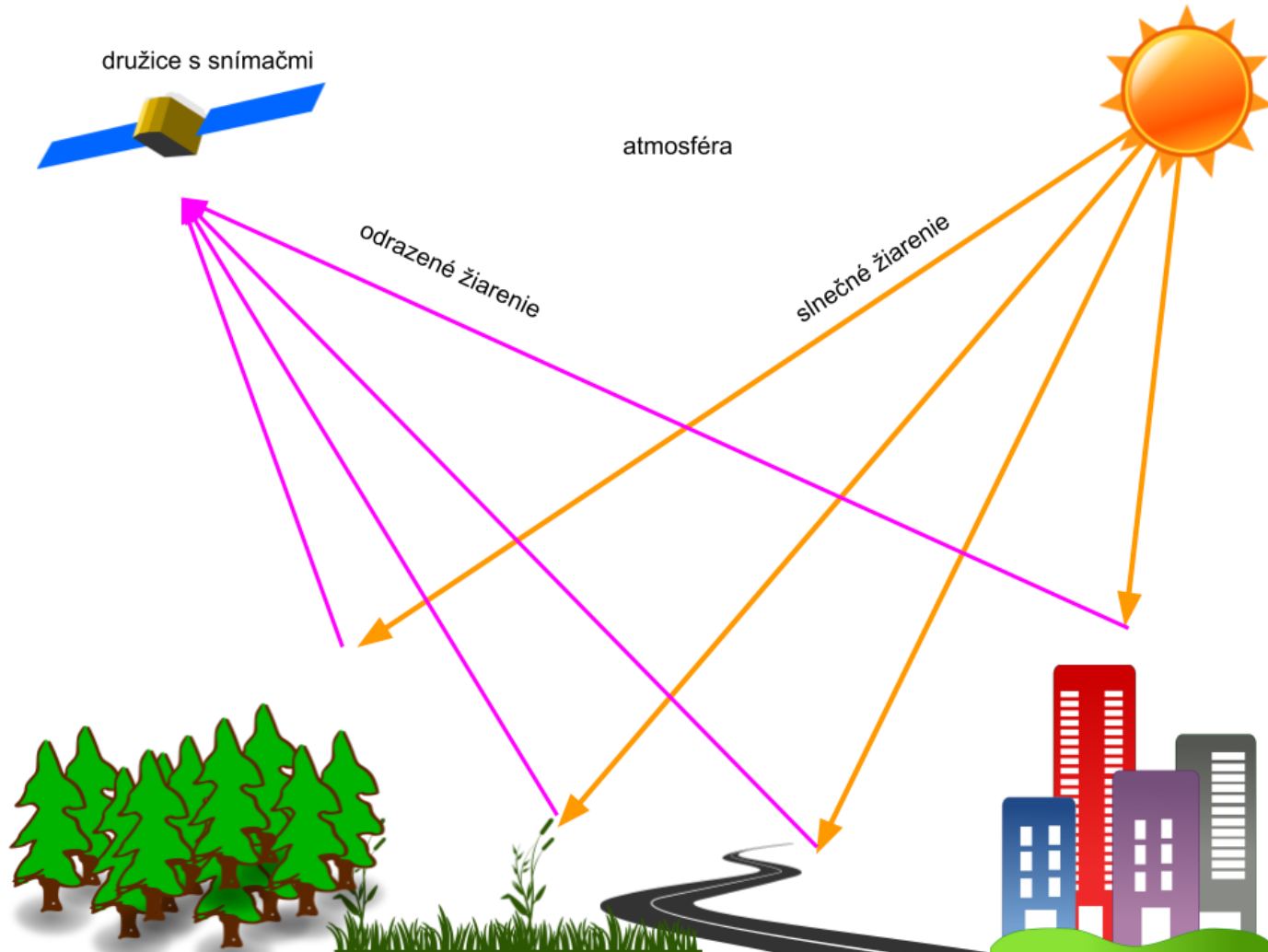
# Ortofotomapy

- Snímky upravené tak, aby v každom mieste tvorili ortogonálny priemet
- nutné letecké snímky s prekryvom





# Podstata „videnia“



- aktívne vs pasívne snímače
- družica vs lietadlo vs dron



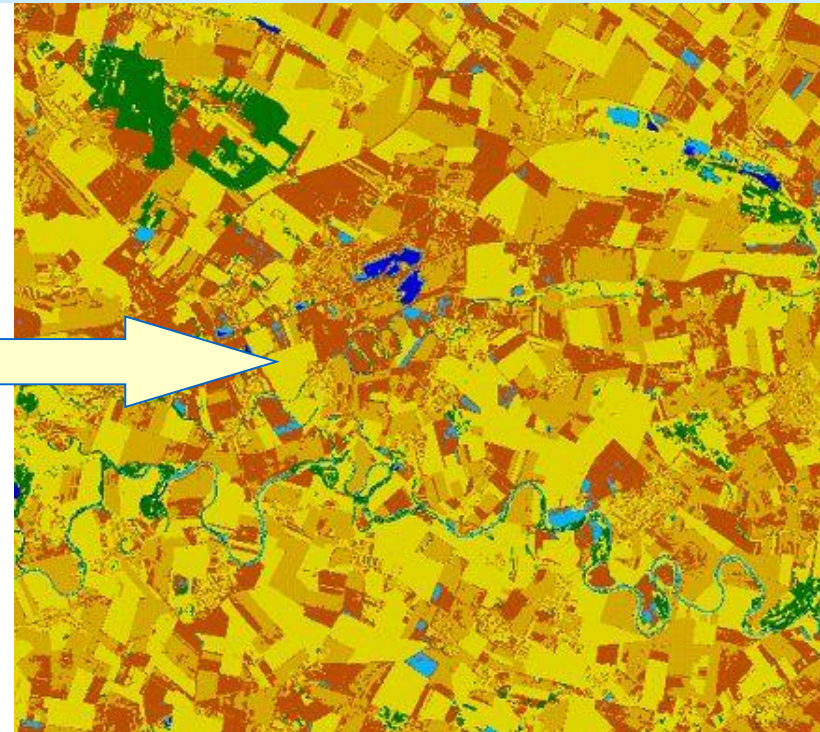
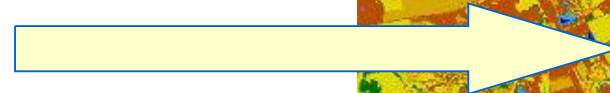
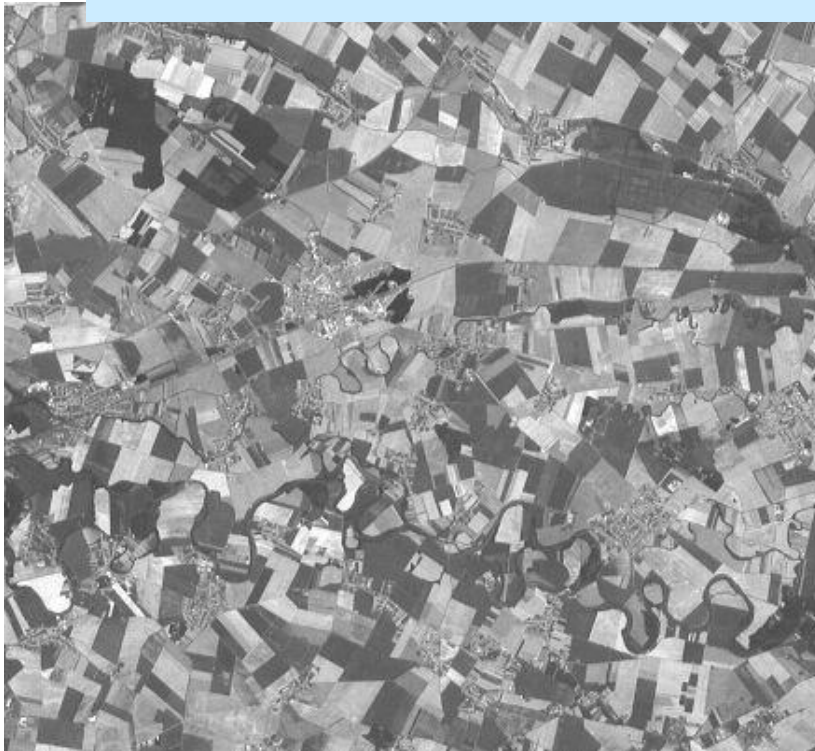
# Metódy DPZ (2)

- interpretácia (vyhodnotenie)
  - proces získavania informácií v DPZ
- klasifikácia snímok na základe spektra
  - vyhodnotenie jednotlivých oblastí na snímke (čo je čo) na základe frekvenčného spektra
  - vieme odlíšiť živé od neživého, zdravé od chorého
  - vieme s vysokou pravdepodobnosťou určiť aké plochy sa na snímke nachádzajú (vodná plocha, zastavaná plocha, cesty...)
- využitie klasifikácie
  - napríklad v Tatrách (rozsah kalamity)
  - pri zisťovaní znečistenia ŽP (vôd, lesov...), v geológii



# Fotointerpretácia

- vyhodnocovací postup na získavanie odborných (kvalitatívnych a kvantitatívnych) informácií o objektoch a javoch z obrazových záznamov DPZ

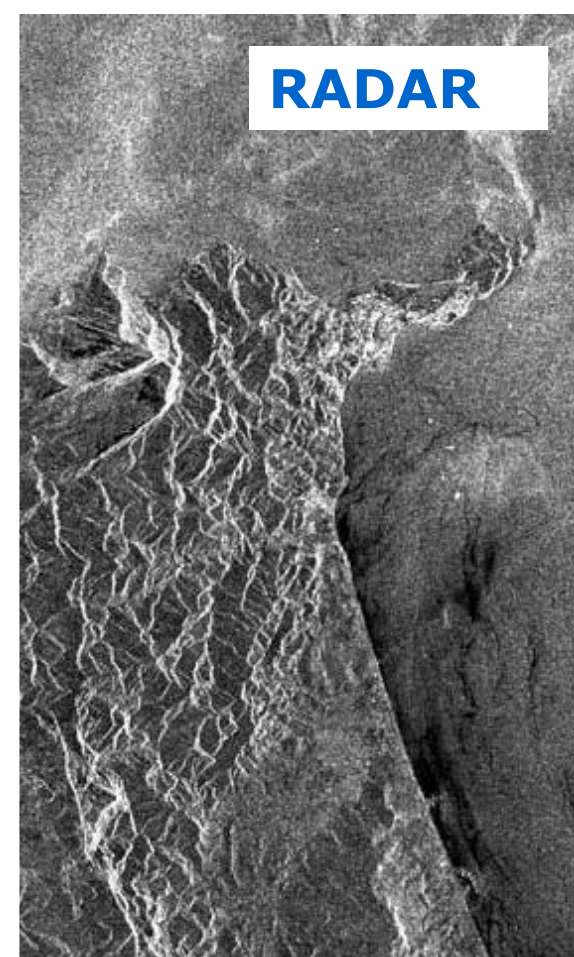
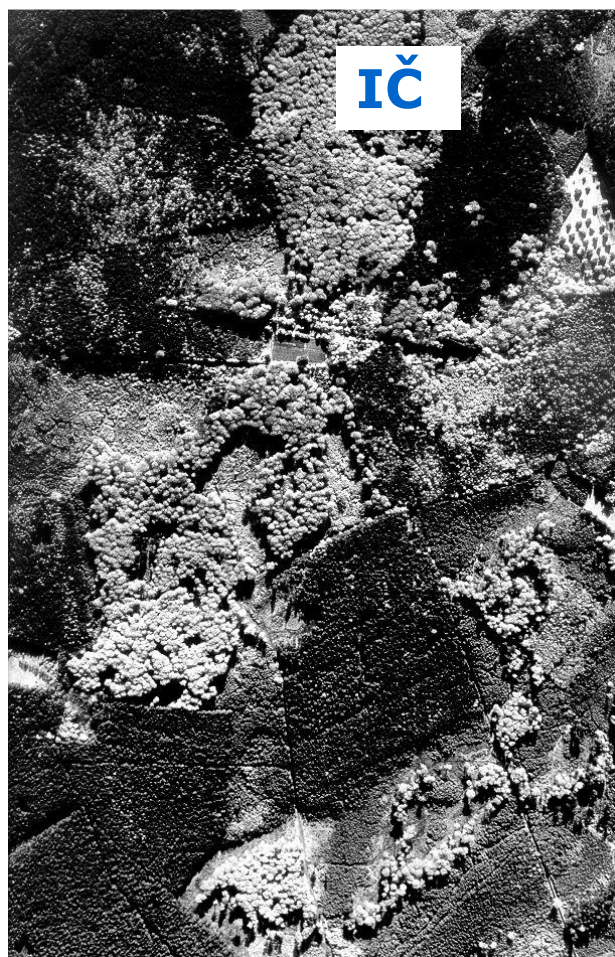
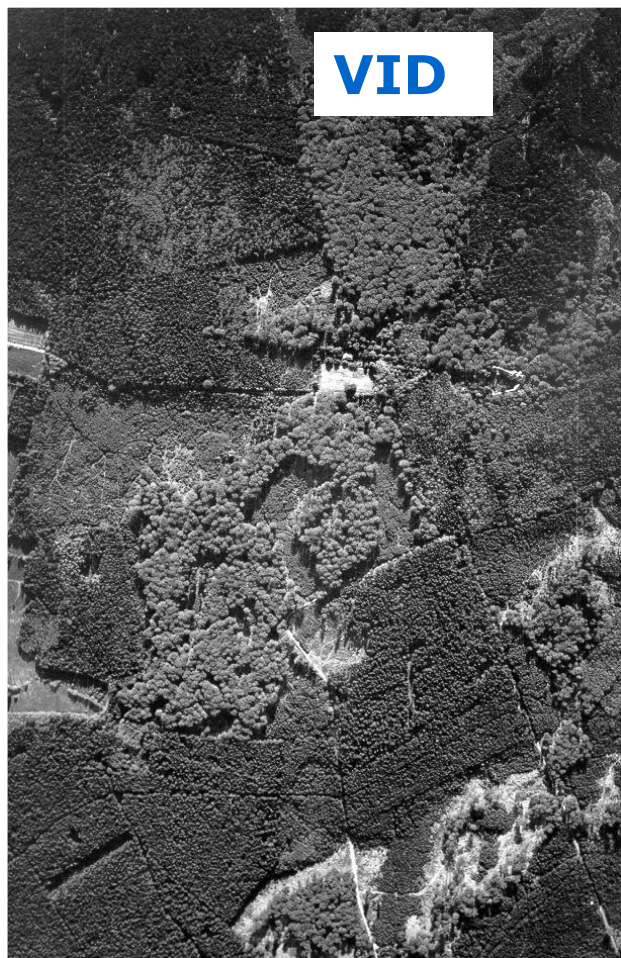


- systém DPZ je potrebné vidieť ako celok od snímania údajov až po výsledky vyhodnotenia – účel vyhodnotenia musí byť v súlade s druhom a časom snímania, formou údajov, spôsobom spracovania snímok pred vlastnou interpretáciou atď.



# Aspekty fotointerpretácie

Vlnová dĺžka (pásmo) – ovplyvňuje druh a množstvo informácií, ktoré môžeme získať





# Aspekty fotointerpretácie 2

## Časové aspekty

- ročné obdobie (mapovanie vegetácie, poľ.plodín)
- denná doba (mapovanie pôdy - vlhkosť)
- snímky s listami (vegetačné mapovanie)
- snímky bez listov (topografické mapovanie, mestské objekty)



# Aspekty fotointerpretácie 3

## Mierka snímky – ovplyvňuje úroveň využiteľných informácií

- LMS malej mierky – 1:50 000 a menej
- LMS strednej mierky – 1:12 000 až 1:50 000
- LMS veľkej mierky – 1:12 000 a viac
- digitálne snímače - rozlíšenie



# Fotointerpretácia

Komplexný postup, pri ktorom sa využívajú:

- všetky informačné komponenty snímky
- odborné vedomosti a skúsenosti
- poznatky o mieste vyhodnotenia
- doplňujúce informácie (mapy, opisné, štatistické údaje a iné)





# Fotointerpretácia

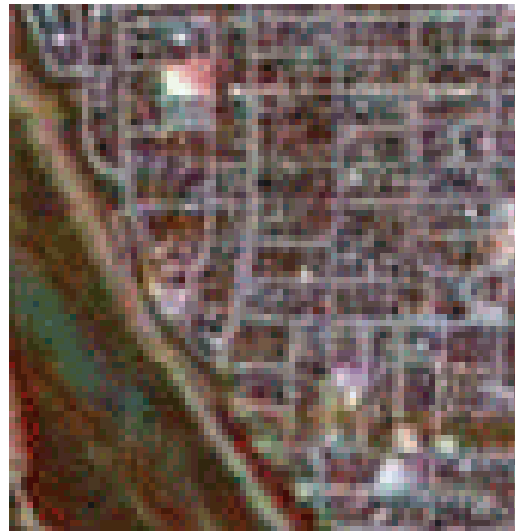
Rozdiel medzi bežnou interpretáciou fotografií a interpretáciou leteckých a družicových snímok:

- pohľad na objekty zhora
- časté použitie vlnových dĺžok mimo viditeľného pásma spektra
- zobrazenie zemského povrchu v nezvyklých mierkach a rozlíšeníach



# Interpretačné znaky 1

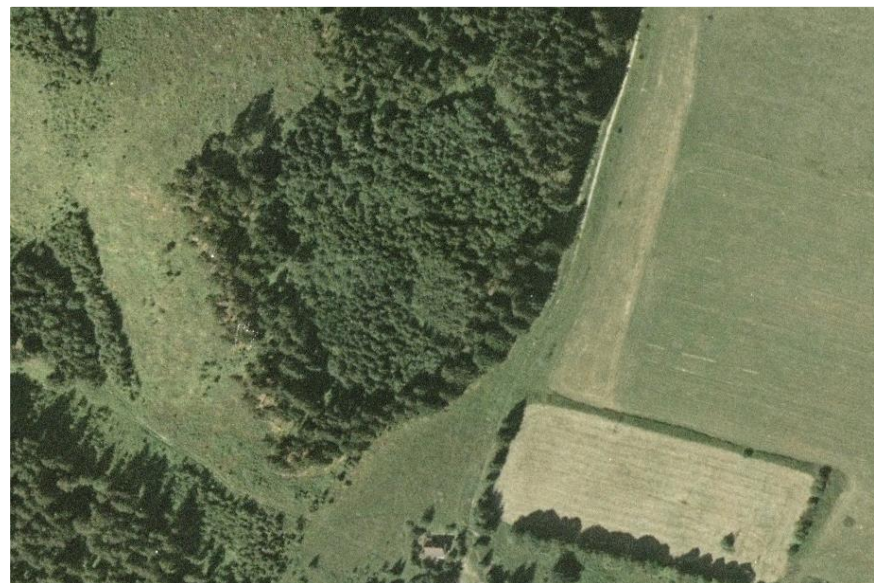
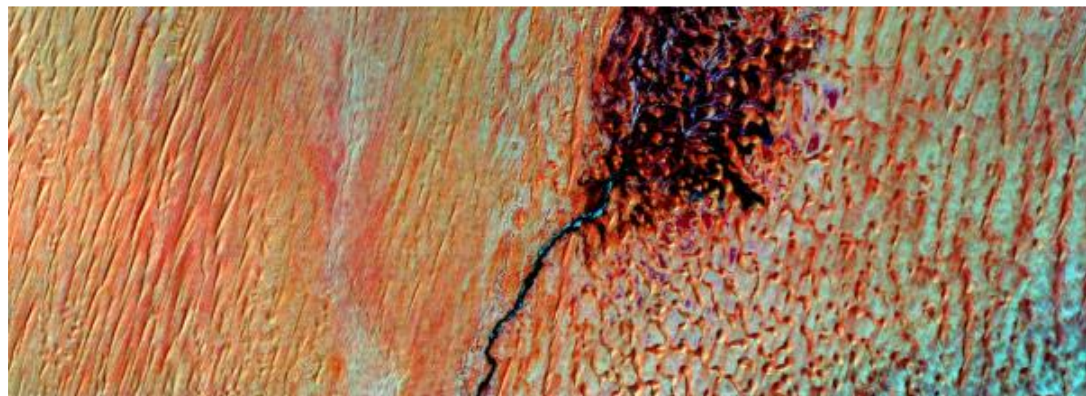
- tón / farba
- Tvar
- Veľkosť
- rozlíšenie





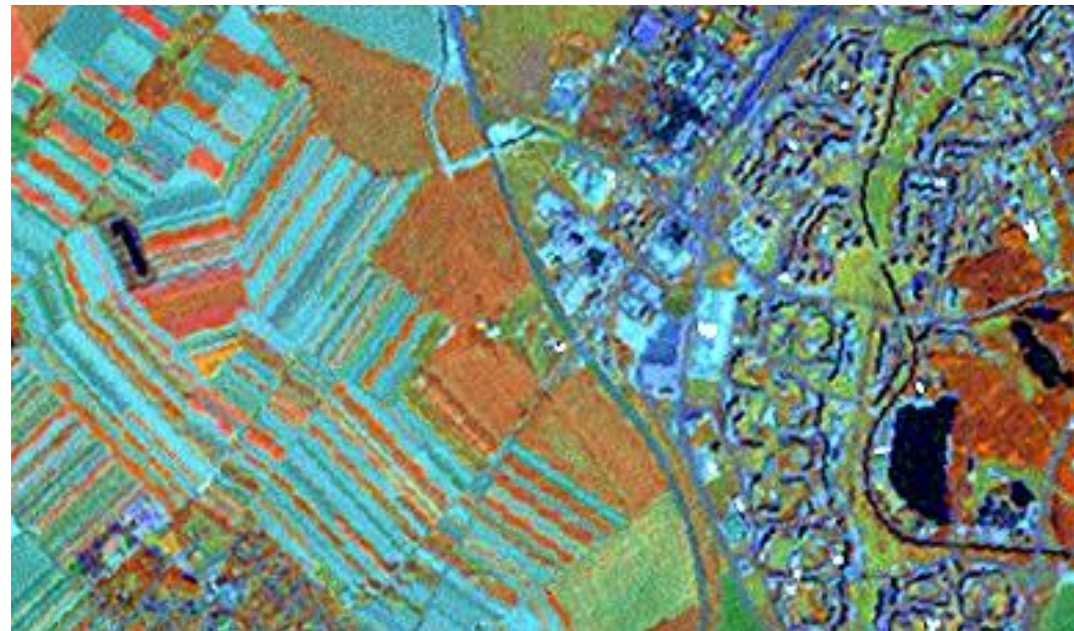
# Interpretačné znaky 2

- tón / farba
- Tvar
- Veľkosť
- Rozlíšenie
- textúra



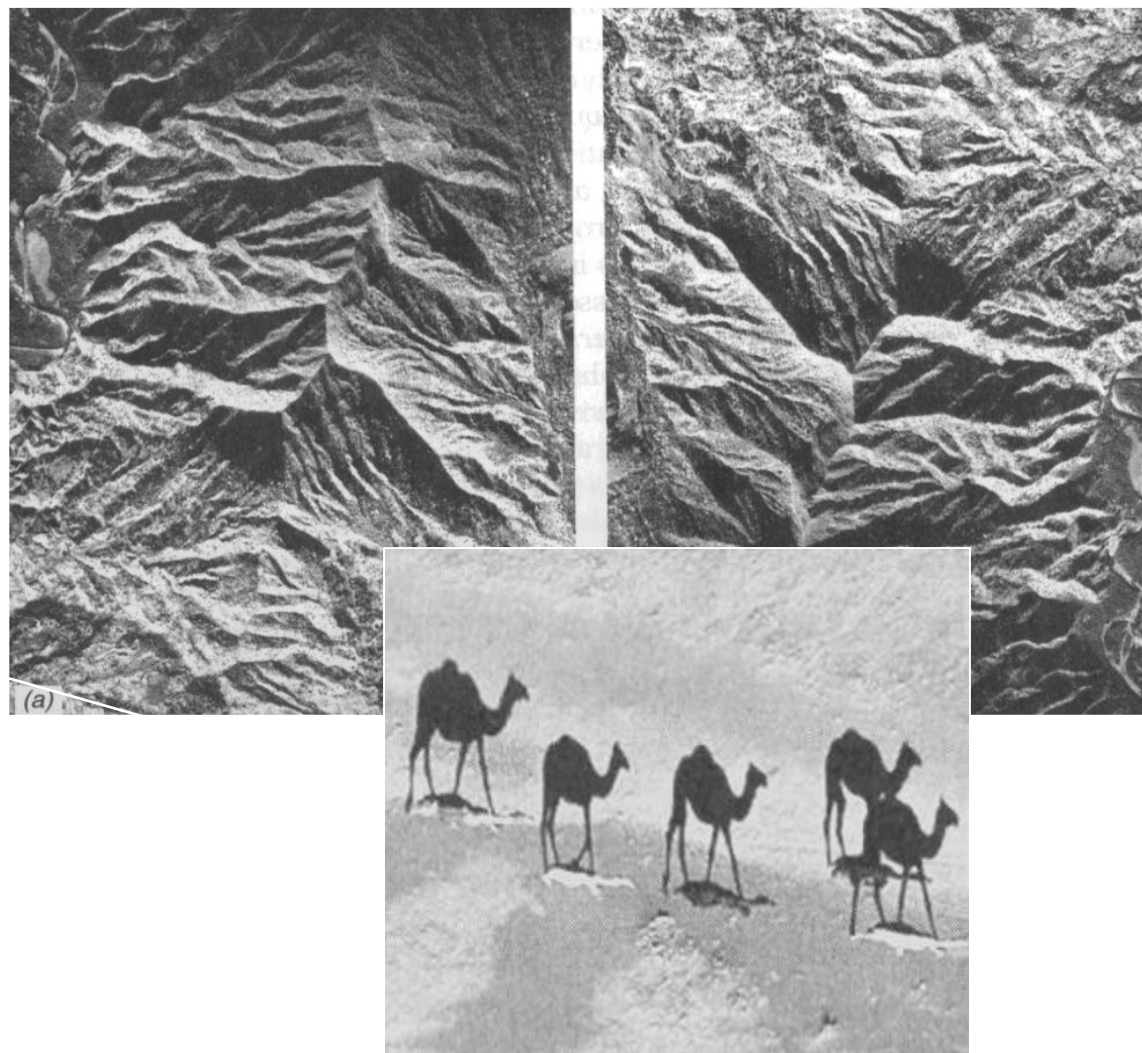
# Interpretačné znaky 3

- tón / farba
- Tvar
- Veľkosť
- Rozlíšenie
- Textúra
- vzor (štruktúra)



# Interpretačné znaky 3

- tón / farba
- Tvar
- Veľkosť
- Rozlíšenie
- Textúra
- vzor (štruktúra)
- tiene





# Interpretačné znaky

- tón / farba
- tvar
- veľkosť
- rozlíšenie
- textúra
- vzor (štruktúra)
- tiene
- poloha
- asociácia
- (vzájomné vzťahy)



# Interpretačné kľúče

- súbory interpretačných znakov
- dve základné časti:
  1. súbor popísaných snímok (stereodvojíc)
  2. grafický alebo slovný popis
- dva základné druhy kľúčov:
  1. výberové (selekčné) – početné príklady
  2. vylučovacie (eliminačné) – rozhodovacie stromy
- obdoba legendy na mape
- nepoužívajú sa až tak často

# Druhy fotointerpretácie

- Vizuálna interpretácia – vykonáva ju interpretátor
- Automatizovaná interpretácia – obrazová klasifikácia, vykonávaná počítačom
- Čiastočne automatizovaná interpretácia – niektoré fázy spracovania sú vykonávané počítačom



# Pravidlá fotointerpretácie

- Pred fotointerpretáciou je dôležité si zvoliť:
- Klasifikačný systém (schému)
- Minimálnu mapovaciu jednotku (MMU – Minimum Mapping Unit)
- v závislosti od:
- druhu snímok, ich rozlíšenia a iných vlastností
- účelu vyhodnotenia
- druhu fotointerpretácie
- mierky výslednej mapy

# Klasifikačný systém

- predstavuje množinu kritérií, na základe ktorých sú oddeľované jednotlivé triedy objektov na snímke
- odporúča sa vybrať niektorý z uznávaných klasifikačných systémov, ak už taký existuje pre javy, ktoré sú predmetom interpretácie
- umožňuje to porovnanie výsledkov interpretácie s inými údajmi - interoperabilita

# Klasifikačný systém

- hierarchický systém - hlavné triedy sa delia na podtriedy, ktoré sú ďalej detailnejšie delené
- výhodou je jednoduchá generalizácia a vhodnosť pre rôzne mierky
- nehierarchický systém - môže obsahovať mix detailných a generalizovaných tried
- dá sa ľahko modifikovať pre rôzne aplikácie
- väčšina klasifikačných systémov je hierarchických a obyčajne obsahujú nejaký typ klasifikačného stromu

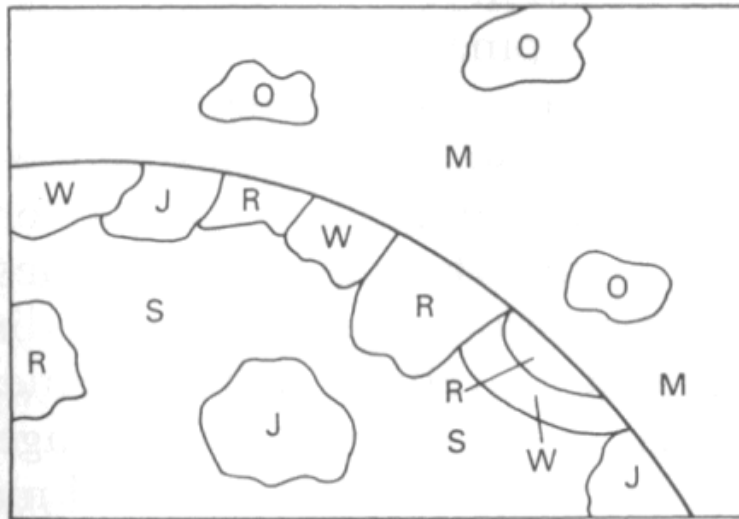


# Klasifikačný systém vs. legenda

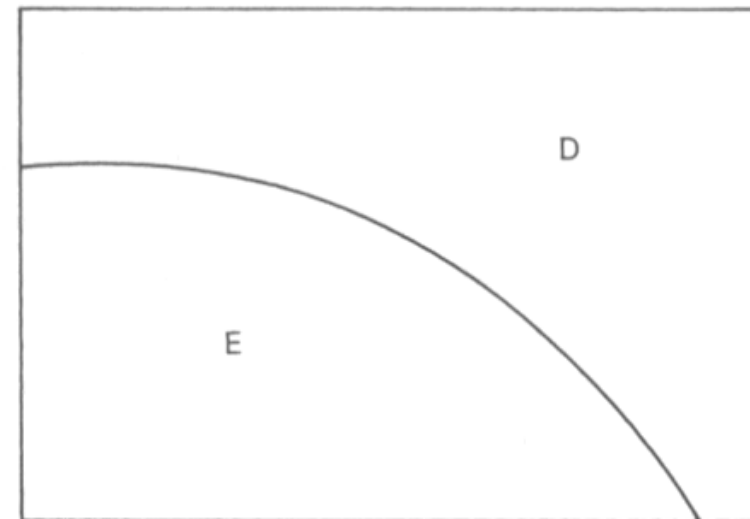
- klasifikačný systém by mal byť nezávislý od mierky a použitých údajov
- aplikáciou klasifikačného systému na konkrétnom území pre určitú mierku a konkrétnu sadu údajov je legenda
- legenda predstavuje zoznam tried, a môže, ale nemusí byť odvodená od klasifikačného systému
- u nás najpoužívanejšia legenda CORINE Land Cover (CLC) a Katalóg objektov ZB GIS (KO ZB GIS)

# Minimálna mapovacia jednotka

- MMU - minimálna veľkosť areálu, resp. minimálna šírka línie, ktorá bude mapovaná ako samostatný objekt
- má vplyv na veľkosť detailu interpretácie



(a)



(b)

# Minimálna mapovacia jednotka

- veľkosť MMU by mala byť približne 10-násobkom veľkosti pixla
- na výslednej mape určitej mierky je ťažké vyjadriť plošný areál menší ako 0,10 inch (2,54 mm) na jednej strane
- MMU nemusí byť rovnako veľká pre všetky triedy v rámci klasifikačného systému
- areály < MMU – zlúčenie so susednými areálmi

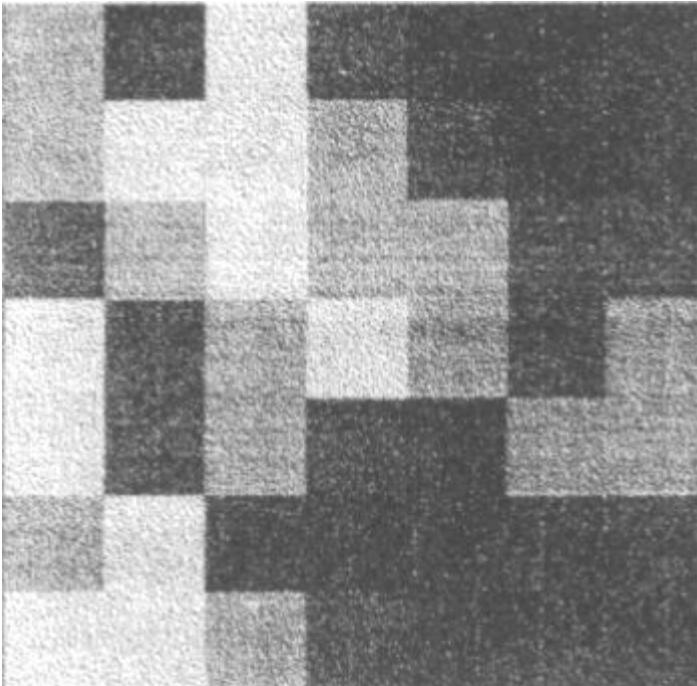


# Obrazová klasifikácia

- proces triedenia pixlov do konečného počtu tried na základe ich údajových hodnôt
- klasifikácia obrazu je úzko spätá s pojmom rozoznávanie vzoru (Pattern Recognition)
- ide o hľadanie zmysluplných vzorov v údajoch (spektrálnych, ale aj iných vizuálnych alebo akustických), ktoré môžeme extrahovať
- klasifikáciou
- napr.technika OCR (Optical Character Recognition), rozoznávanie PSČ, ľudskej reči,
- ľudských tvári, klasifikácia emailov atď.

# Obrazová klasifikácia

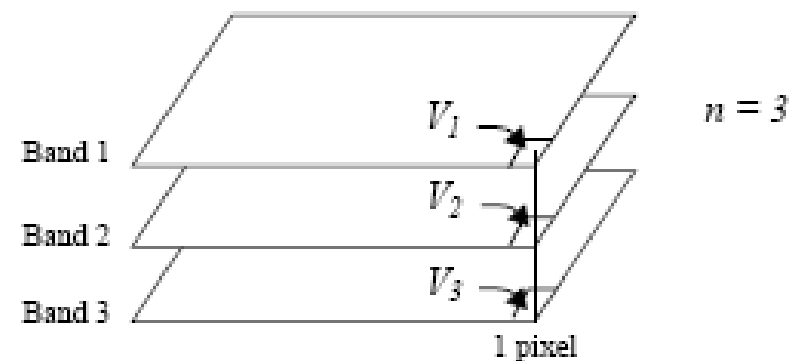
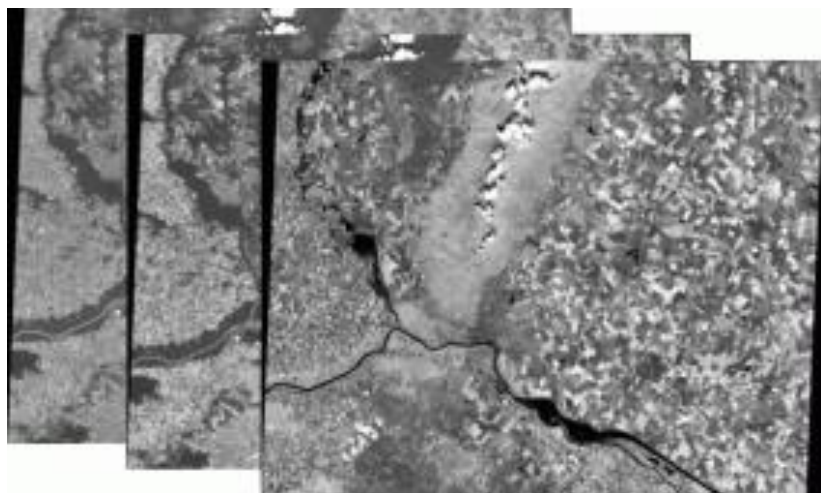
- klasifikácia obrazových údajov DPZ – na základe digitálnych hodnôt pixlov (DN – Digital Number) – numerická klasifikácia



71	25	120	43	25	25	14
71	120	120	71	43	14	14
43	71	120	71	71	43	43
120	43	71	120	71	43	71
120	43	71	43	14	71	71
71	120	25	14	14	25	25
120	120	71	43	14	25	14

# Multispektrálna klasifikácia

- multispektrálna klasifikácia - zaradovanie pixlov do tried na základe ich meracích vektorov
- merací vektor (measurement vector) - sada údajových hodnôt pre jeden pixel vo všetkých  $n$  pásmach

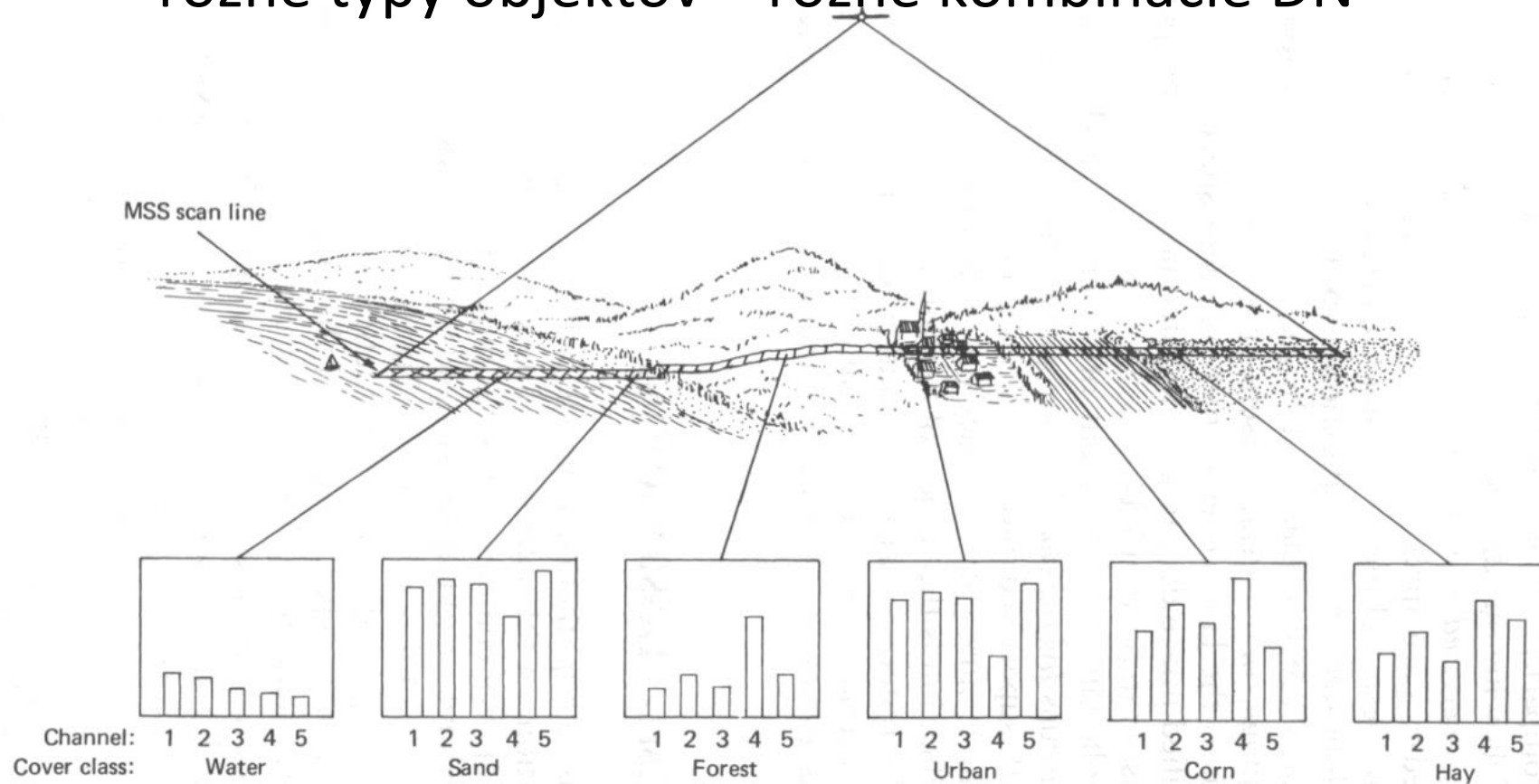


$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix}$$



# Multispektrálna klasifikácia

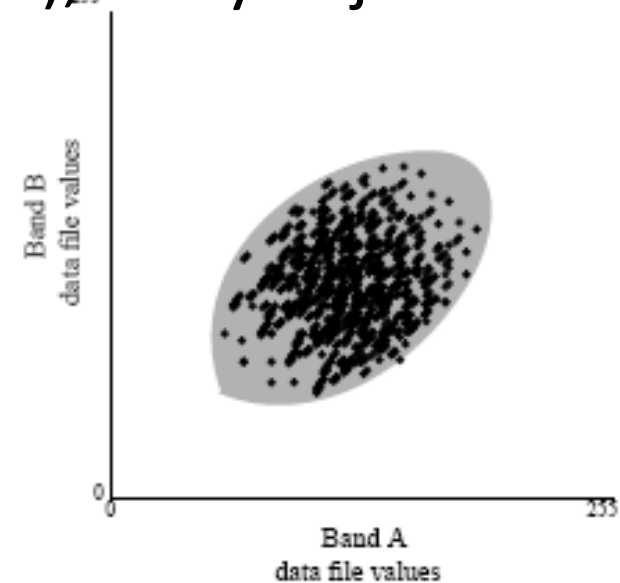
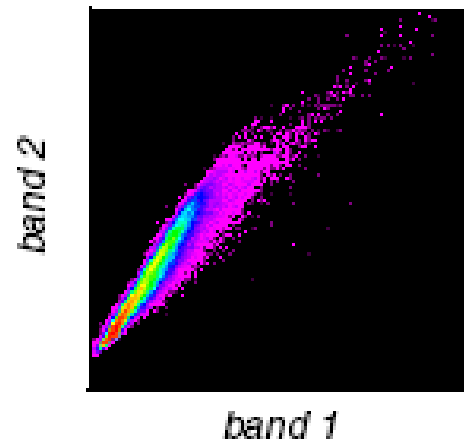
- rôzne typy objektov – rôzne kombinácie DN



# Príznakový priestor

- n spektrálnych pásiem tvorí n-rozmerný spektrálny priestor, ktorý sa všeobecne nazýva príznakový priestor (feature space)
- je to n-rozmerný abstraktný priestor s počtom rozmerov odpovedajúcim počtu vlastností (príznakov), ktorými je
- objekt (pixel, vzor) opísaný

- Scatter
- Plot

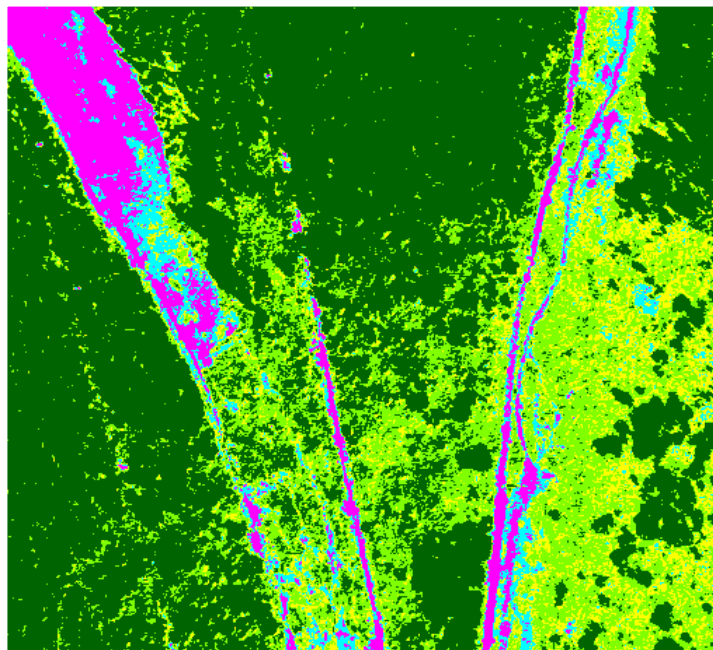


# Rozoznávanie vzoru

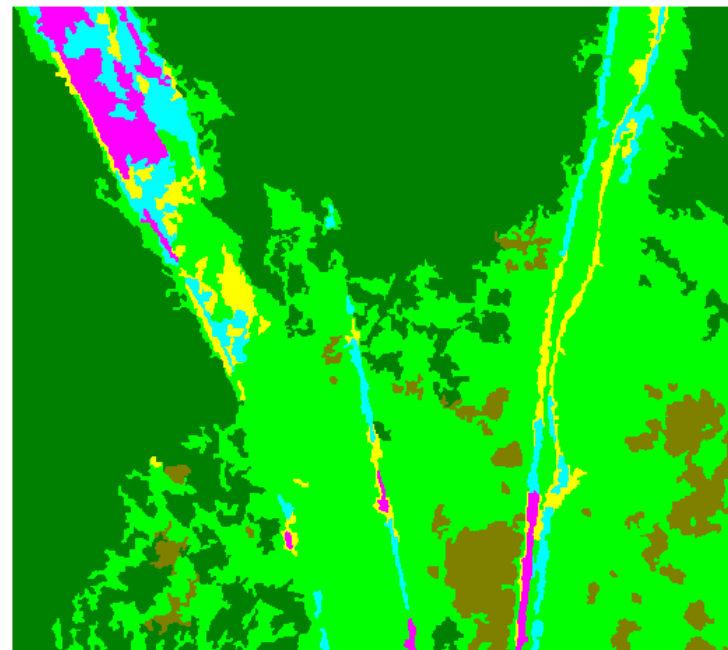
- rozoznávanie spektrálneho vzoru – hodnoty pixlov v n pásmach (základ multispektrálnej klasifikácie)
- rozoznávanie priestorového vzoru – textúra, veľkosť a tvar objektov, smerovanie, kontext (vzťahy medzi pixlami)
  - napodobňovanie vizuálnej interpretácie
  - komplexnejšie a výpočtovo náročnejšie
- rozoznávanie časového vzoru – napr. klasifikácia poľnohosp.pôdy (zmeny počas rastovej sezóny)
- v súčasnosti rastie využitie priestorovo orientovaných procedúr (rast dostupnosti údajov s vysokým rozlíšením)

## *Delenie klasifikácie*

založená  
na pixloch



založená  
na oblastiach

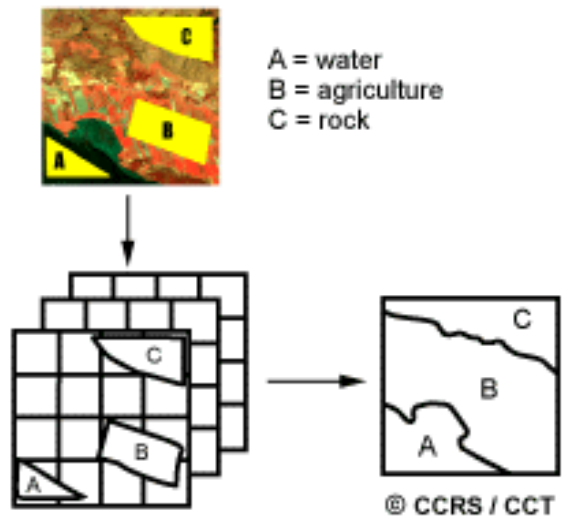




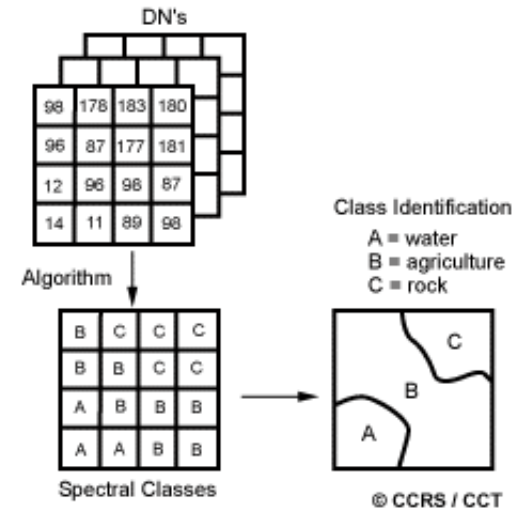
# Delenie klasifikácie

- podľa stupňa zasahovania užívateľa do klasifikačného procesu:

Kontrolovaná  
klasifikácia



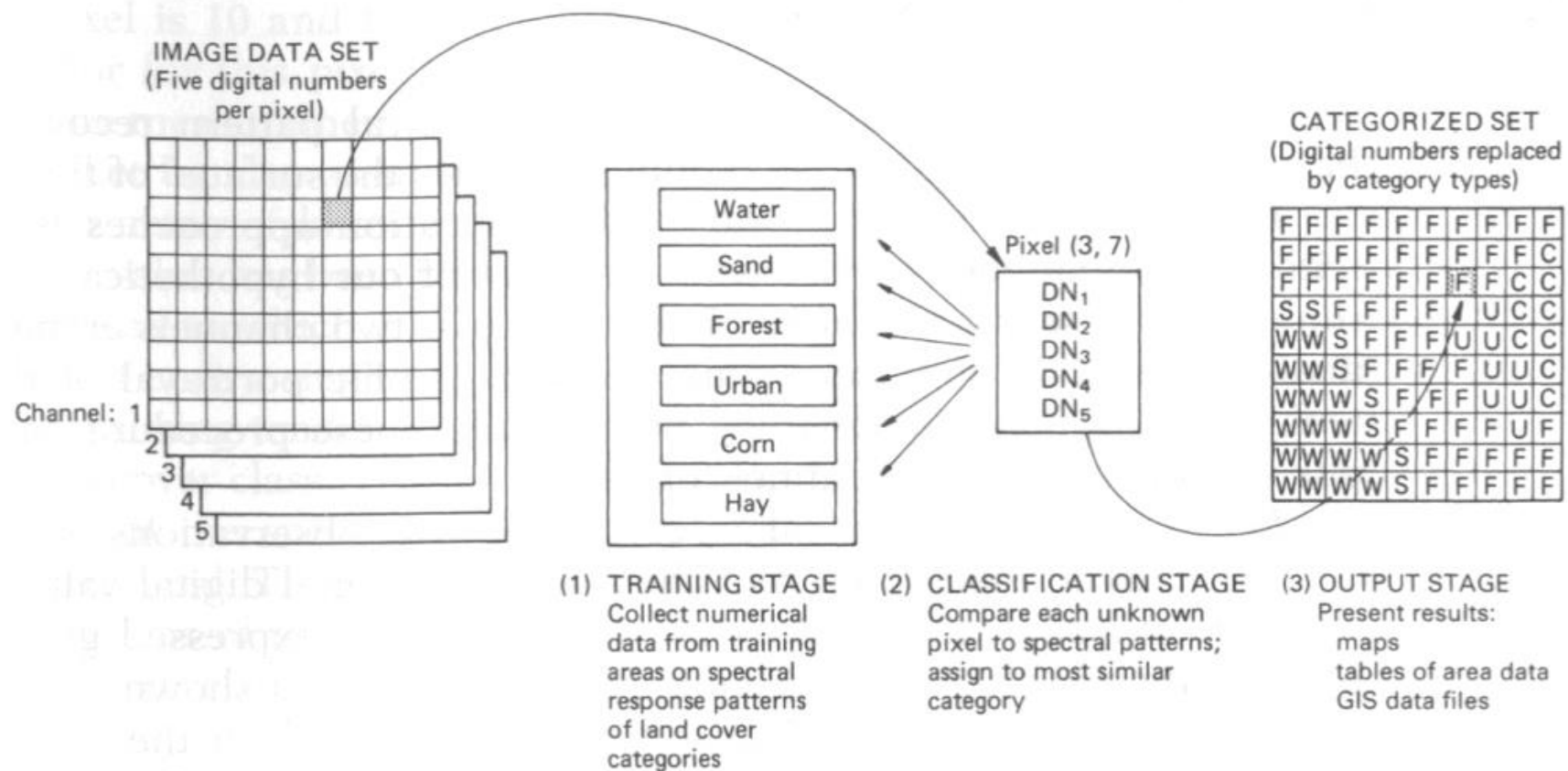
Nekontrolovaná  
klasifikácia



# Kontrolovaná klasifikácia

- pozostáva z troch krokov:
  1. trénovací krok - analyzátor identifikuje reprezentatívne trénovacie oblasti a vytvára numerický opis spektrálnych vlastností každej záujmovej triedy klasifikačnej pokrývky na scéne
  2. klasifikačný krok - každý pixel obrazu zaradí do tej triedy KP, na ktorú sa najviac podobá
    - ak nie je dostatočne podobný žiadnej triede KP, obyčajne sa označí ako "neznámy"
  3. výstupný krok - vzniká výstupný obraz, v ktorom je každý pixel označený buď atribútom príslušnej triedy alebo atribútom „neznámy“
- 3 druhy výstupov – tematické mapy, štatistické tabuľky a digitálne údaje pre GIS

# Kontrolovaná klasifikácia



# Trénovací krok

- trénovacie množiny (signatúry) – sady pixlov, ktoré reprezentujú rozoznateľný vzor alebo potenciálnu triedu
- dôležité je, aby obsahovali len pixle danej triedy
- nemusia nutne obsahovať veľa pixlov ani byť rozptýlené po celom území, ale musia reprezentovať všetky variácie danej triedy na scéne (reprezentatívne a kompletne)
- môžeme ich vytvoriť zberom jednotlivých pixlov al. digitalizáciou polygónov (zhluky pixlov)
- iteratívny proces – zahŕňa pridávanie, vymazávanie a spájanie signatúr



# Trénovací krok

- výber klasifikačnej schémy: Aké triedy chceme extrahovať?
- informácie o údajoch: Aké triedy sa tam pravdepodobne vyskytujú?

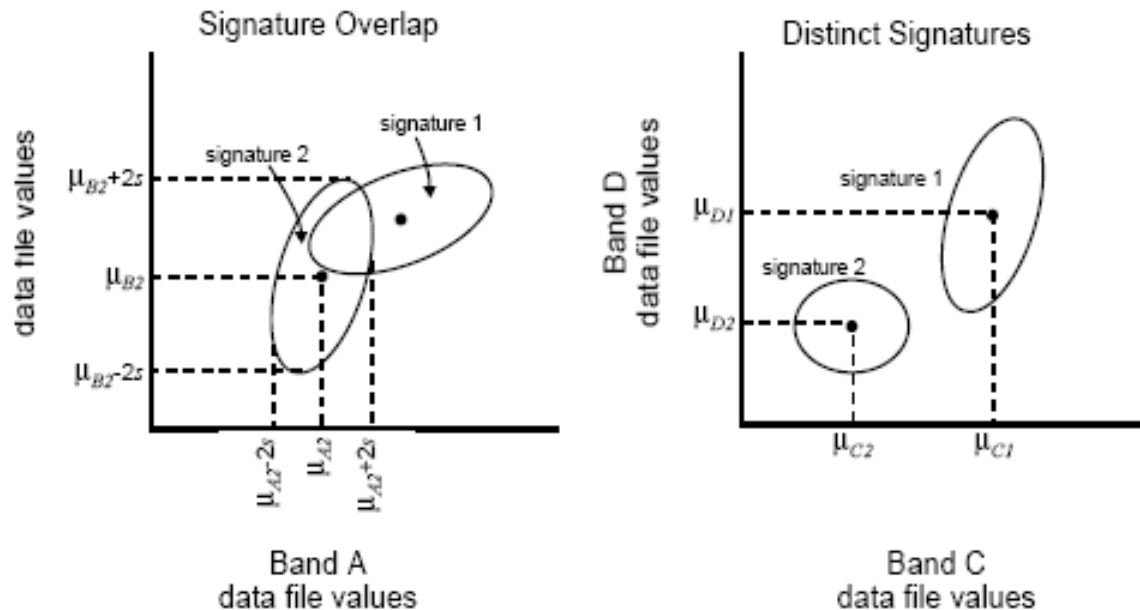


# Trénovací krok

- informácie o území – najlepšie tzv. Ground Truth, t.j.najpresnejšie z dostupných údajov (napr.terénny prieskum, LMS...), zberaných najlepšie v čase snímania
- pri výbere záleží aj na našich vlastných zručnostiach v rozoznávaní vzoru a a priori znalostiach
- na základe trénovacích množín sa vypočítajú štatistické charakteristiky jednotlivých tried (minimálna, maximálna, priemerná hodnota jasv v jednotlivých pásmach, smerodajná odchýlka...)

# Hodnotenie signatúr

- zobrazenie v dvoj-rozmernom histograme (scatterplot)
- porovnanie tréningových množín
- oddeliteľnosť tried – vzdialenosť v príznakovom priestore



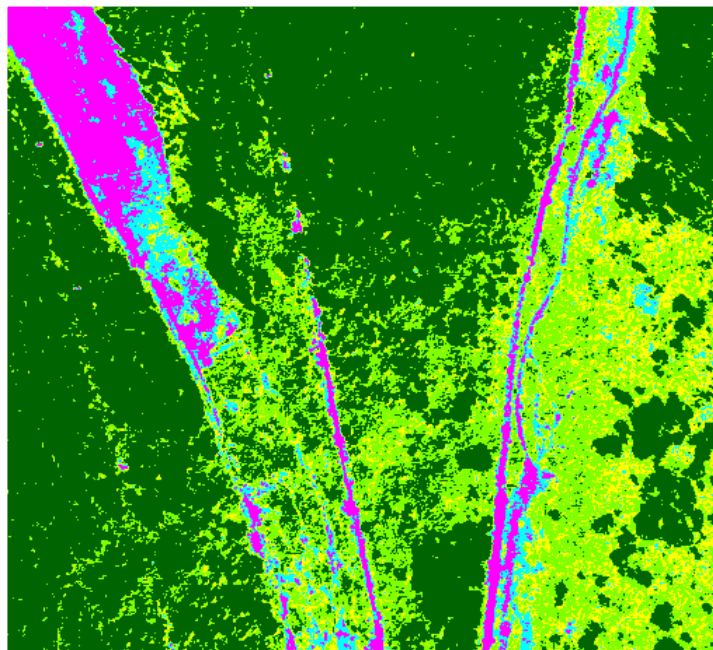
# Klasifikácia zal. na oblastiach

- výhody – napodobňuje proces vizuálnej interpretácie
- berie do úvahy vzájomné vzťahy medzi pixlami
- výsledok je menej rozdrobený
- vhodná najmä pre údaje s vysokým rozlíšením, preto sa v súvislosti s rastom rozlíšenia družicových snímačov čoraz viac používa
- bohaté možnosti a presné výsledky poskytuje najmä objektovo-orientovaná klasifikácia
- nevýhody – zatiaľ ju umožňuje len málo komerčných softvérov, ktoré sú drahé
- o-o klasifikácia vyžaduje užívateľa s odbornými znalosťami

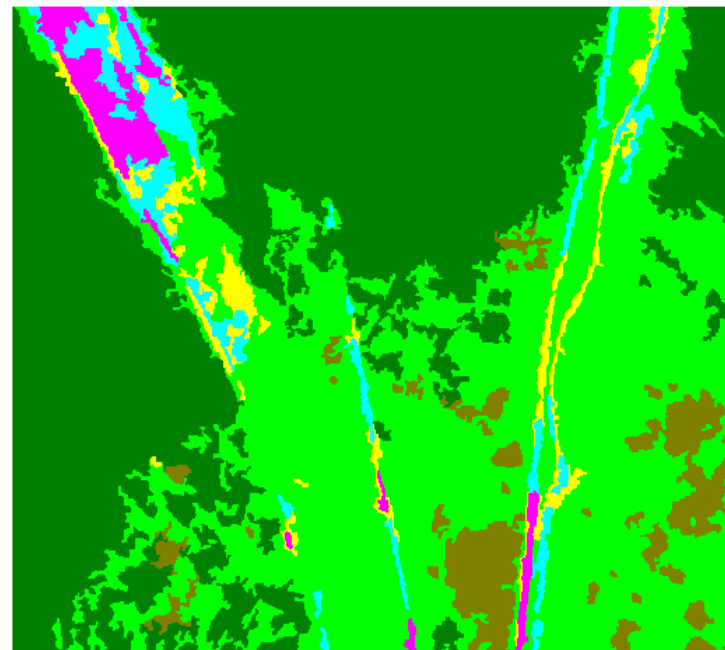


## *Delenie klasifikácie*

založená  
na pixloch



založená  
na oblastiach

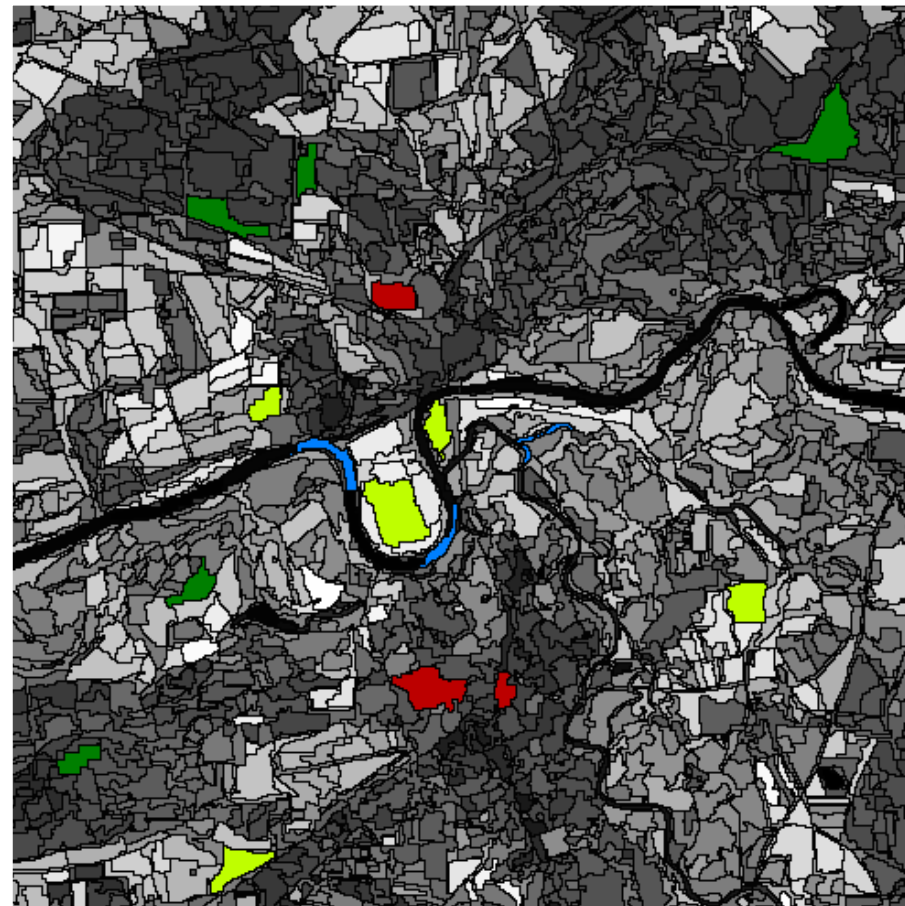


# Klasifikácia zal.na oblastiach

- prvým krokom je obrazová segmentácia – proces delenia obrazu na relatívne homogénne oblasti z hľadiska spektrálnych alebo iných vlastností
- tento proces je podobný zhlukovaniu, ale na rozdiel od zhlukov sa segmenty vytvárajú s požiadavkou, aby pixle v nich boli priestorovo súdržné
- vlastnosti vytvorených segmentov ovplyvňujeme pomocou nastavenia parametrov segmentačných algoritmov
- nie je možné obraz rozdeliť tak, aby to bolo ideálne pre všetky klasifikačné úlohy

# Klasifikácia zal.na oblastiach

- po segmentácii nasleduje klasifikácia
- podobné metódy ako pri per-pixel klasifikácii:
- nekontrolovaná – zhlukovanie segmentov (napr. metóda Isoclust v SPRING)
- kontrolovaná – ako trénovacie množiny sa vyberajú reprezentatívne segmenty alebo užívateľ sám definuje klasifikačné pravidlá



# Klasifikácia vs. viz.interpretácia

- zatiaľ sa nepodarilo úplne nahradiť činnosť ľudského mozgu pri VI
- VI je nenáročná na softvér a na odborné znalosti užívateľa, nevyžaduje tréningové údaje
- nie je citlivá na radiometrické zmeny alebo nedostatky snímkového materiálu
- klasifikácia je presnejšia, lepšie využíva detailné spektrálne informácie
- umožňuje rýchlo a presne zachytiť drobné elementy krajinej štruktúry (napr.malé ostrovčeky porastov) – dôležité pri KE analýzach



# Obrazová klasifikácia

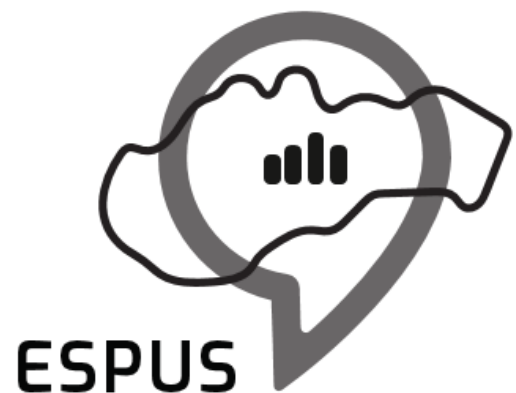
- proces triedenia pixlov do konečného počtu tried na základe ich údajových hodnôt
- klasifikácia obrazu je úzko spätá s pojmom rozoznávanie vzoru (Pattern Recognition)
- ide o hľadanie zmysluplných vzorov v údajoch (spektrálnych, ale aj iných vizuálnych alebo akustických), ktoré môžeme extrahovať
- klasifikáciou
- napr.technika OCR (Optical Character Recognition), rozoznávanie PSČ, ľudskej reči,
- ľudských tvári, klasifikácia emailov atď.

# Hodnotenie správnosti

- klasifikácia nie je úplná, kým nie je zhodnotená jej správnosť
- chyba klasifikácie obsahuje systematickú a náhodnú zložku
- systematická – miera vychýlenia (napr. nesprávne stanovené trénovacie množiny)
- náhodná – napr. prekryt trénovacích množín
- obvyklý spôsob hodnotenia správnosti je porovnanie s údajmi, ktoré sú považované za správne (tzv. ground truth)
- nie je reálne testovať každý pixel scény, preto sa používa buď sada testovacích pixlov alebo testovacie polygóny (zhluky pixlov)

# Hodnotenie správnosti

- testovacie pixle sú vyberané náhodne, pričom sa však môžu zanedbať malé, ale potenciálne dôležité oblasti
- preto sa často robí tzv. stratifikovaný výber, kedy sa pixle vyberajú náhodne v rámci jednotlivých klas.tried
- môžu tiež vzniknúť problémy vyplývajúce z chybnjej registrácie pixlov, čomu sa dá zabrániť výberom pixlov vzdialenejších od hraníc areálov
- často sa tiež využívajú testovacie polygóny, ktoré by v prípade kontrolovanej klasifikácie mali byť odlišné od tréningových a mali by byť zásadne väčšie



**ESPUS**

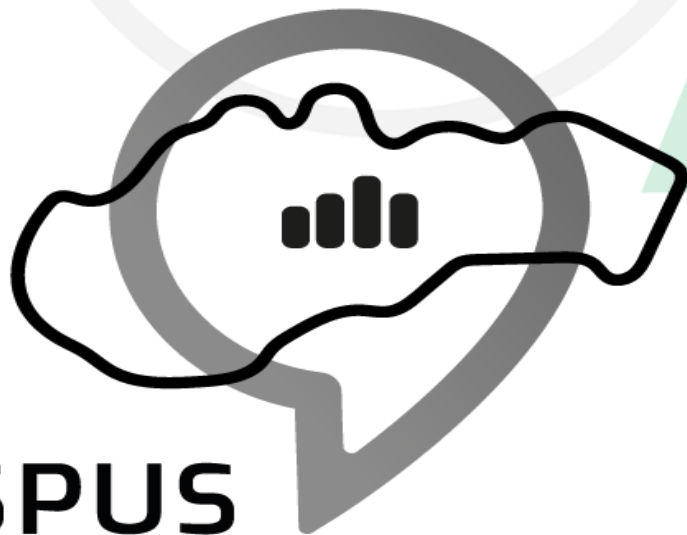
Efektívna správa priestorových údajov a služieb

Ďakujem za pozornosť!

**Ľuboš Balážovič**

[lubos.balazovic@sazp.sk](mailto:lubos.balazovic@sazp.sk)

# ESPUS



## ESPUS

Efektívna správa priestorových údajov a služieb

<https://inspire.gov.sk/projekty/espus>