

# Získávání a analýza obrazové informace

## Získání obrazu

Biofyzikální ústav Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno  
prezentace je součástí projektu FRVŠ č.2487/2011

- Detekce obrazu
- Digitalizace obrazu
- Barva a její kódování
- Projekce
- Fraktály

# Detekce obrazu

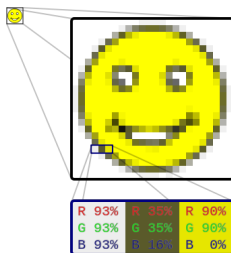
## Co je obraz?

- Obraz je zrakový vjem, který vzniká po dopadu světla na sítnici oka. Jedná se o průmět zdroje světla do roviny sítnice.
- Vlastnosti světla, které ovlivňují výsledný vjem jsou především intenzita světla a jeho spektrální složení – barva (vlnová délka).
- Obraz můžeme chápat jako vícerozměrný signál, který lze matematicky popsat jako funkci dvou proměnných  $f(x, y)$  – rovinu bodů, kdy je každému bodu roviny přiřazena určitá hodnota  $H$  nějakého parametru (např. barva, jas, apod.).

# Detekce obrazu

## Co je obraz?

- Dynamický obraz lze popsat funkcí  $f(x, y, t)$ , kde proměnná  $t$  vyjadřuje čas. Trojrozměrný obraz popisujeme funkcí  $f(x, y, z)$ , dynamický 3D obraz potom funkcí  $f(x, y, z, t)$ .
- Hodnoty obrazové funkce mohou být i vektorové veličiny (např. RGB složky barvy:  $f(x, y) = [fR(x, y), fG(x, y), fB(x, y)]$ ).
- Digitální obraz je tvořen diskretními body a lze jej popsat maticí hodnot.



# Detekce obrazu

## Definice pojmu

- Detekcí obrazu rozumíme převod obrazu na jinou formu signálu, která má výhodnější vlastnosti pro další zpracování.
- Převod obrazu na jinou formu signálu zajišťují detektory. Obvykle jde o měniče, které převádějí snímané parametry obrazu na jinou formu energie (např. na elektrický signál).
- Při detekci obrazu zaznamenáváme prostorové rozložení některé fyzikální veličiny ve snímané scéně.

# Detekce obrazu

## Příklady vizualizovaných parametrů

V biomedicínských obrazech můžeme zobrazovat mnoho různých parametrů snímané scény:

- Radiodiagnostika (RTG, CT) – útlum rentgenového záření
- Nukleární medicína (PET, SPECT) – aktivita radionuklidu
- Magnetická rezonance – kvantové chování atomových jader
- Ultrasonografie – akustická impedance
- Elastografie – Youngův modul pružnosti
- Termografie – povrchová teplota
- Spektroskopie, mikroskopie – útlum/odraz ultrafialového, viditelného, infračerveného nebo mikrovlnného záření
- Elektroimpedanční tomografie – vodivost a permitivita
- ...

# Detekce obrazu

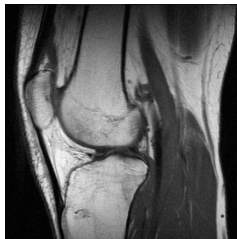
## Detektory obrazu

- Detektory obrazu jsou obvykle tvořeny maticí (mozaikou) detekčních prvků, které mimo hodnoty zobrazovaného parametru poskytují také prostorovou informaci o místě vzniku signálu.
- Detektory mohou být např.:
  - **Radiofrekvenční cívky** – detekce elektromagnetické energie signálů z magnetické rezonance
  - **Piezoelektrické** – detekce energie ultrazvukových vln
  - **Fotografické** – detekce energie elektromagnetického záření
  - **Scintilační** – detekce energie ionizujícího záření
  - **Polovodičové** – detekce energie elektromagnetického záření

# Detekce obrazu

## Radiofrekvenční cívky

- Používají se k detekci signálů z magnetické rezonance.
- Vlivem precesního pohybu spinujících jader se v cívce indukují elektrický proud, jehož velikost a frekvence nese informaci o zobrazované scéně.
- Informace o prostorovém rozložení signálu ve scéně je ovšem kódována nikoliv pomocí radiofrekvenčních cívek, ale prostřednictvím speciálních gradientních magnetických polí.





# Detekce obrazu

## Piezoelektrické elementy

- Používají se k detekci energie ultrazvukových vln v ultrasonografii.
- Některé materiály s piezoelektrickými vlastnostmi (např. křemen, piezokeramika, aj.) fungují jako elektroakustické měniče – převádějí energii mechanických vln na elektrický signál.
- Piezoelektrický jev je proces, kdy se při deformaci látky vytváří na jejím povrchu elektrické napětí. Napětí je úměrné deformaci a je způsobeno posunem kladných a záporných nábojů v krystalové mřížce.
- Ultrazvukové sondy jsou tvořeny piezoelektrickými elementy uspořádanými do skupin (apertura) – každý detekční prvek kromě velikosti signálu nese i prostorovou informaci o místě vzniku signálu.
- Uspořádání měničů je různé podle typu sondy: lineární, sektorové, konvexní, příp. sondy speciální (např. 3D, vaginální, rektální, aj.).

# Detekce obrazu

Piezoelektrické elementy



# Detekce obrazu

## Fotografie

- Využívá se u starších rentgenových přístrojů pro záznam obrazu scény pomocí rentgenova záření.
- Je využito vhodného fotografického materiálu, ve kterém dochází při absorpci ionizujícího záření k fotochemické reakci.
- Fotografická emulze obsahuje nejčastěji halogenidy stříbra (např. bromid stříbrný  $\text{AgBr}$ ) rozptýlené v želatinové vrstvě. Emulze je poté nanesena na povrch plastové fólie – filmu. Při absorpci energie ionizujících částic dochází k uvolnění stříbra v místě dopadu částic.
- Pro zviditelnění obrazu je nutné film vyvolat – chemická reakce.
- Míra zčernání filmu je úměrná hustotě ionizace, a tedy množství pohlcené energie.

# Detekce obrazu

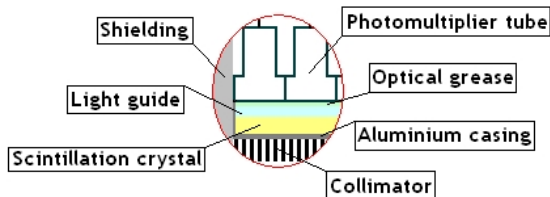
## Fotografie



# Detekce obrazu

## Scintilační detektory

- Některé látky (scintilátory) reagují vznikem světelných záblesků na absorpci kvant ionizujícího záření. Intenzita záblesku je úměrná pohlcené energii záření.
- Záblesky světla jsou detekovány elektronicky pomocí pole mnoha fotonásobičů, které kromě energie ionizujícího záření dokáží zaznamenat také prostorovou informaci o místě dopadu částice.
- Používají se k detekci ionizujícího záření v nukleární medicíně (SPECT, PET, planární gamagrafie).



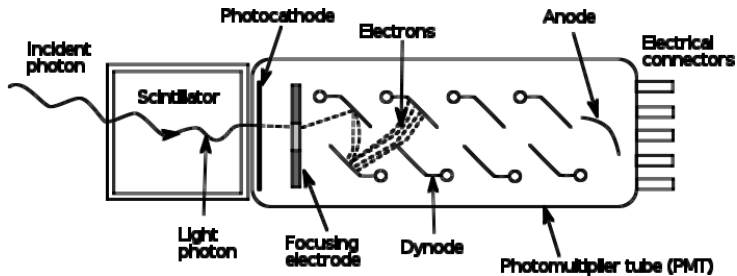
# Detekce obrazu

## Scintilační detektory

- Fotonásobič je speciální zařízení určené pro zesílení světelných signálů.
- Fotony záření dopadají na fotokatodu, kde způsobí fotoelektrickým jevem emisi elektronů.
- Elektrony jsou postupně urychlovány elektrickým napětím mezi mnoha elektrodami (tzv. dynodami). Při dopadu elektronů na dynody dochází k emisi dalších elektronů, které jsou postupně dále urychlovány směrem k dalším dynodám. Na každé z dynod se celkový počet elektronů zmnoží.
- Po sérii zesílení mezi dynodami dopadá zesílený proud elektronů na anodu, kde vyvolá vznik elektrického signálu.

# Detekce obrazu

## Scintilační detektory



# Detekce obrazu

## Polovodičové „flat“ detektory

- Jsou multidetektorové systémy tvořené polem mnoha polovodičových prvků (např. krystaly germania nebo křemíku).
- V podstatě se jedná o polovodičové diody zapojené v elektrickém obvodu s vysokým napětím v závěrném (nevodivém) směru.
- V klidovém stavu obvodem neprotéká žádný proud. Absorpce kvanta elektromagnetického záření v aktivní vrstvě polovodiče však vede ke vzniku volných nosičů náboje, které způsobí průtok elektrického proudu diodou a vznik elektrického signálu.
- Kromě energie záření dokáží „flat“ panely zaznamenat také prostorovou informaci o místě dopadu částice záření.
- Nacházejí uplatnění zejména jako detektory ionizujícího záření v digitální radiografii a výpočetní tomografii.



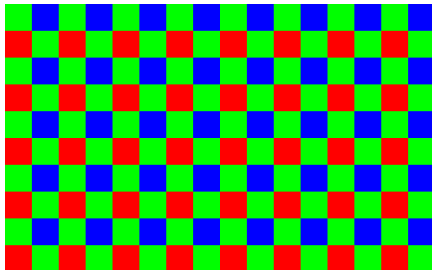
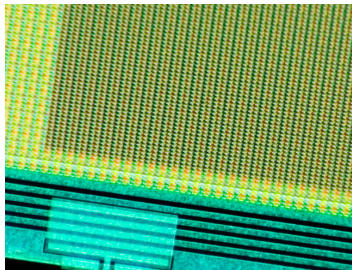
# Detekce obrazu

## CCD snímače

- Čip se skládá ze sítě polovodičových fotobuněk, opatřených barevným filtrem, které při dopadu světla propouštějí pouze jednu barevnou složku (červenou, zelenou nebo modrou).
- Po dopadu světla vzniká fotoelektrickým jevem v polovodiči elektrický náboj (volné nosiče náboje). Volné nosiče náboje (zejména elektrony) se podílejí na elektrické vodivosti a lze je snímat pomocí přiložených elektrod.
- U CCD jsou elektrody od polovodiče izolovány tenkou vrstvou nevodivého  $SiO_2$ . Elektrony nemohou být odvedeny z polovodiče pryč a pod elektrodami tvoří shluky. Tyto shluky elektronů pak putují v řadě ke sběrné elektrodě na okraji snímače, kde vzniká elektrický signál.
- CCD snímače jsou nejpoužívanější detektory světla. Nalezneme je v digitálních kamerách a fotoaparátech.

# Detekce obrazu

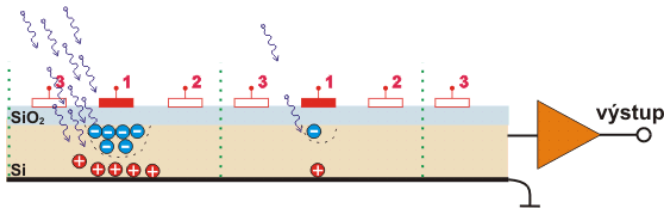
CCD snímače



# Detekce obrazu

## CCD snímače

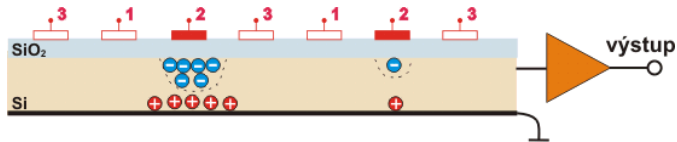
- Na elektrodu 1 je přivedeno kladné napětí a na čip se nechá dopadat světlo. Záporně nabité elektrony vzniklé fotoelektrickým jevem jsou přitahovány k elektrodě 1 a kladně nabitě díry jsou přitahovány zemnicí elektrodou na spodní straně čipu.
- Na buňce čipu, která je více ozářena světlem se vytvoří více volných nosičů naboje – elektronů a děr.



# Detekce obrazu

## CCD snímače

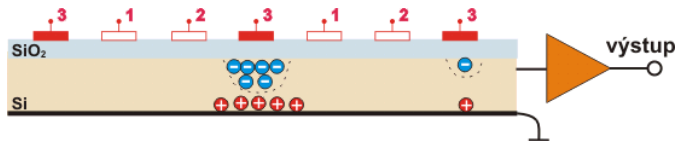
- Po detekci světla je na elektrody 1, 2 a 3 přiveden hodinový trojfázový signál.
- V praxi to znamená, že se na elektrodách 2 postupně zvyšuje elektrické napětí a zároveň na elektrodách 1 se napětí snižuje.
- Díky změně napětí jsou shluky elektronů z pod elektrody 1 přitahováni pod elektrodu 2.



# Detekce obrazu

## CCD snímače

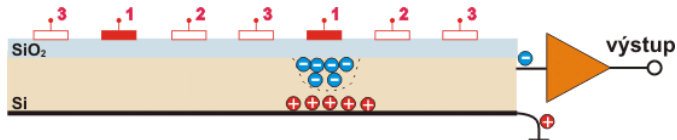
- V další fázi je proces obdobný.
- Na elektrodách 3 se postupně zvyšuje elektrické napětí a zároveň se snižuje napětí na elektrodách 2.
- Shluky elektronů se díky změně napětí posunou pod elektrodu 3.



# Detekce obrazu

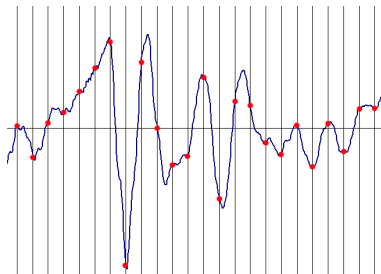
## CCD snímače

- Totéž se děje následně mezi elektrodami 3 a 1.
- Celý proces se několikrát opakuje, dokud shluky elektronů nedoputují až k výstupnímu zesilovači, kde je elektrický signál zesílen pro další zpracování.
- Jakmile k zesilovači doputují shluky elektronů ze všech fotocitlivých buněk, je čip připraven na další detekci.



# Digitalizace obrazu

- Převod analogového signálu do digitální formy.
- Realizuje se pomocí analogově-digitálního (AD) převodníku.
- Digitální obraz je tvořen maticí číselných hodnot.
- Proces digitalizace se sestává ze dvou kroků. Prvním krokem je navzorkování spojitého signálu, tj. rozdělení signálu na mnoho úseků, přičemž každý z nich je reprezentován jedinou hodnotou. Druhým krokem je kódování hodnot obvykle do binární soustavy  $\{0, 1\}$ .



# Digitalizace obrazu

## Vzorkování

- Vzorkování musí splňovat některá kritéria, aby nedocházelo ke zkreslení signálu, a je vždy spojeno se ztrátou informace. Velká hustota vzorkování dává velký objem dat a malou ztrátu informace, nízká hustota vzorkování dává malý objem dat, ale velkou informační ztrátu.
- Komprese je proces, kdy nahrazujeme posloupnost za sebou následujících shodných čísel údajem o jejich počtu.
- Výhody digitalizace: odolnost vůči šumu, snadný přenos a uchování, neomezená reprodukovatelnost bez ztráty informace, ve stejném formátu lze zaznamenat zároveň text, zvuk i obraz.



# Digitalizace obrazu

## Vzorkovací teorém

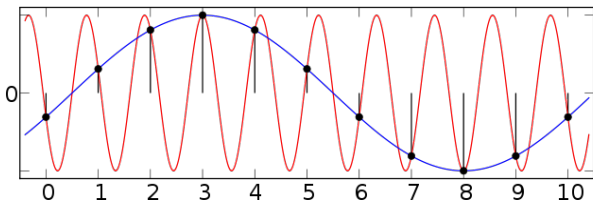
- Též Nyquistův, Shannonův nebo Kotělnikovův teorém (věta).
- Přesná rekonstrukce spojitého signálu z jeho diskretních vzorků je možná jen tehdy, pokud byl signál vzorkován frekvencí alespoň dvakrát vyšší, než je maximální frekvence rekonstruovaného signálu.
- Nedodržení této podmínky dochází ke ztrátě informace, nevratným změnám v signálu a vzniku např. aliasing artefaktu.

## Vzorkovací teorém

$$f_s > 2 \cdot f_{max}$$

# Digitalizace obrazu

## Vzorkovací teorém



# Barva a její kódování

## Barva

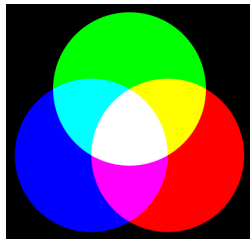
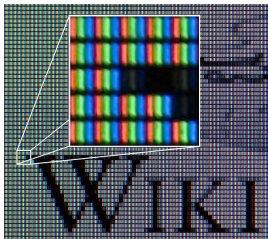
- Barva je vjem, který je vytvářen viditelným světlem dopadajícím na sítnici lidského oka. Barevné vidění oka zprostředkovávají číčky.
- Na teorii trojbarevného vidění je založen RGB model (Red-Green-Blue). Kombinace tří základních barev – červené (630 nm), zelené (530 nm) a modré (450 nm) – s odpovídající intenzitou dává vzniknout různým dalším barvám. Proces se označuje jako aditivní míchání barev.

Barva	Rozsah vlnových délek	Rozsah frekvencí
červená	~ 625–800 nm	~ 480–375 THz
oranžová	~ 590–625 nm	~ 510–480 THz
žlutá	~ 565–590 nm	~ 530–510 THz
zelená	~ 520–565 nm	~ 580–530 THz
tyrkysová (azurová)	~ 500–520 nm	~ 600–580 THz
modrá	~ 430–500 nm	~ 700–600 THz
fialová (purpurová, nachová)	~ 400–430 nm	~ 750–700 THz

# Barva a její kódování

## RGB model

- Aditivním mícháním  $R$ ,  $G$  a  $B$  složky s odpovídající intenzitou vzniká jakákoliv jiná barva. Čím větší jsou intenzity barevných složek, tím světlejší barva vzniká. Bílá barva vzniká mícháním složek s maximálními intenzitami, černá barva vzniká kombinací složek s nulovými intenzitami.
- RGB model se využívá např. v monitorech, projektorech, u digitálních kamer a fotoaparátů, v TV obrazovkách, aj.



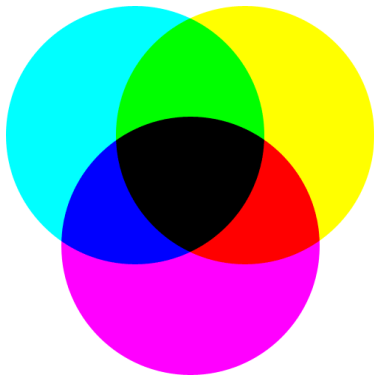
# Barva a její kódování

## CMYK model

- Využívá se zejm. u reprodukčních zařízení – inkoustových tiskáren.
- Model obsahuje tři základní barvy: azurovou (Cyan), purpurovou (Magenta) a žlutou (Yellow). Z technických důvodů se přidává ještě jedna doplňková barva: černá (black). CMY jsou protiklady RGB barev.
- Další barvy vznikají subtraktivním mícháním jednotlivých složek s odpovídajícími intenzitami. Mícháním od sebe jednotlivé složky odečítáme. Čím větší jsou intenzity jednotlivých složek, tím tmavší barva vzniká. Součtem maximálních intenzit vzniká barva černá.
- Barevné pigmenty používané v inkoustových tiskárnách dávají mísením nejvýše tmavě šedou barvu. Proto se přidává doplňková černá barva.

# Barva a její kódování

CMYK model



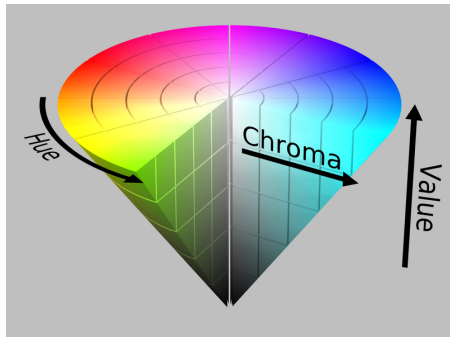
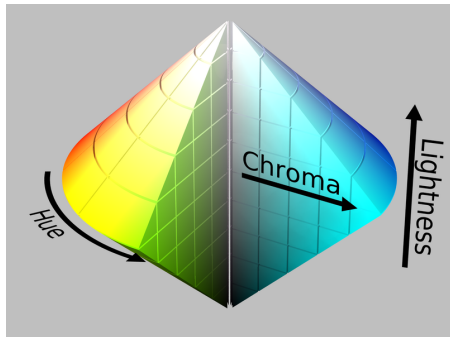
# Barva a její kódování

## HSL (HLS) model

- Hue (barva) – Saturation (sytnost) – Value (jasová hodnota).
- Hue (barva) – Lightness (světlost) – Saturation (sytnost).
- Sytnost vyjadřuje množství šedé barvy přimíchané k základní barvě.
- Světlost/jas určuje množství bílé barvy přimíchané k základní barvě.
- Model nejvíce odpovídá lidskému vnímání barev.
- Tvar modelu vychází ze skutečnosti, že lidské oko vnímá nejvíce barev při střední světlosti. Při nízkých nebo vysokých světlostech schopnost oka rozlišovat barvy výrazně klesá.

# Barva a její kódování

HSL (HLS) model





# Barva a její kódování

## Kódování barev

- Intenzita jednotlivých barevných složek RGB modelu, resp. CMYK modelu se může udávat několika způsoby.
- V rozsahu 0% (minimální intenzita) až 100% (maximální intenzita).
- V rozsahu 0 (minimum) až 1 (maximum).
- Barevnou hloubkou, tj. jako počet bitů vyhrazených pro danou barevnou složku. Pro 8 bitů dostáváme  $2^8 = 256$  možností (0 až 255), pro 16 bitů máme již  $2^{16} = 65536$  barevných odstínů (0 až 65535).
- Barevnou hloubku lze popsat také v šestnáctkové soustavě.
- Plnou červenou barvu lze tedy zapsat např. jako  $(R, G, B) = (255, 0, 0)$ ,  $(1, 0, 0)$  (100%, 0%, 0%) nebo  $\#FF0000$  (hexadecimálnost se značí např. symbolem  $\#$  nebo  $0x0$  před vlastní číslicí).

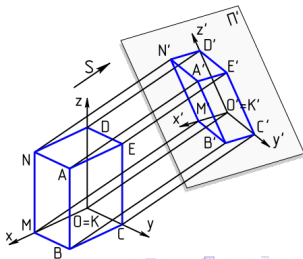
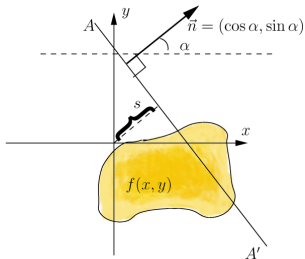
# Barva a její kódování

## Kódování barev

<b>R</b>	<b>G</b>	<b>B</b>	<b>barva</b>
0	0	0	černá
255	0	0	červená
0	255	0	zelená
0	0	255	modrá
255	255	0	žlutá
255	0	255	purpurová
0	255	255	azurová

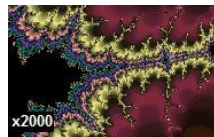
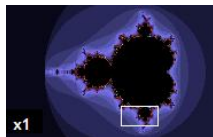
# Projekce

- Projekcí rozumíme 2D obraz trojrozměrného objektu vzniklý jeho promítnutím do určité roviny (plochy).
- Projekci lze chápat také jako soubor naměřených průmětů objektu podél rovnoběžných přímek skloněných pod stejným úhlem. Podél těchto přímek se integruje sledovaný parametr (např. útlum RTG záření) a využívá se toho u tomografických zobrazovacích metod (CT, MRI, PET, SPECT) s cílem získat informaci o rozložení daného parametru uvnitř trojrozměrného objektu bez nutnosti jeho porušení.



# Fraktály

- Jsou výrazně členité nepravidelné soběpodobné geometrické objekty.
- Soběpodobnost znamená, že pokud daný útvar pozorujeme v libovolném měřítku či rozlišení, pozorujeme stále opakující se určitý charakteristický tvar.
- Přestože mají fraktály na pohled velmi složitou strukturu, jsou generovány opakovaným použitím jednoduchých pravidel.
- Kromě soběpodobných fraktálů rozlišujeme ještě fraktály soběpříbuzné. Zatímco pravidla pro tvorbu soběpodobných fraktálů jsou striktně stanovena, u konstrukce soběpříbuzných fraktálů se uplatňuje náhoda a dochází k jistým tvarovým fluktuacím a odchylkám fraktálu.

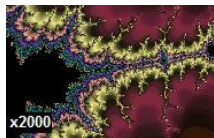
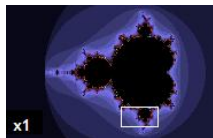


# Fraktály

- Matematicky lze fraktály definovat jako množiny, jejichž Hausdorffova dimenze je vždy větší než topologická.
- Topologická dimenze určuje klasický geometrický rozměr tělesa (bod=0, přímka=1, rovina=2, objekt=3). Hausdorffova dimenze určuje míru nepravidelnosti objektu.

Fraktální dimenze:

$$D = \frac{\log N}{\log \frac{1}{r}}$$



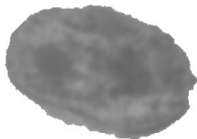
# Fraktály

## příklady použití

- Fraktální geometrií lze modelovat mnoho složitých přírodních jevů – např. tvary mraků, sněhové vločky, turbulence, víry, tvary rostlin a stromů, cévní systém, aj.
- Teorii fraktálů lze aplikovat také v medicíně. Odhad fraktální dimenze v texturní analýze obrazu totiž může často korelovat s výskytem mnoha patologií (např. predikce malignity lézí a nádorů).
- Odhad fraktální dimenze lze využít také pro rozřazení struktur v obrazové analýze.

# Fraktály

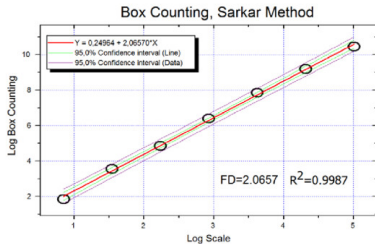
příklad použití – analýza mikroskopického obrazu



a



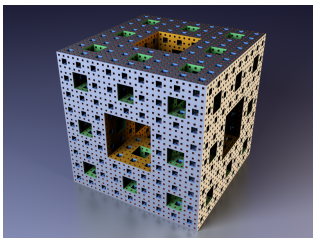
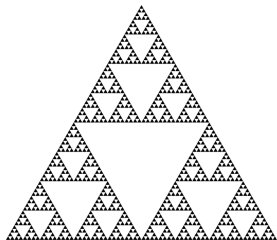
b



c

# Fraktály

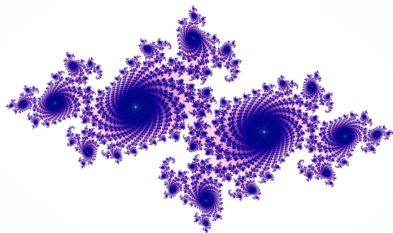
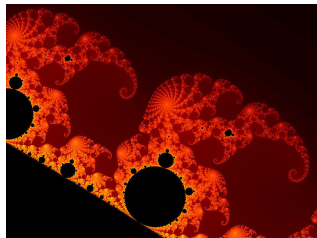
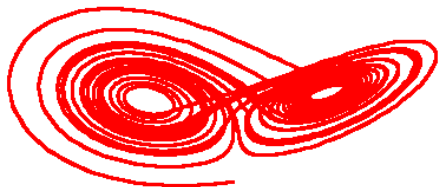
„klasické fraktály“





# Fraktály

„klasické fraktály“



Děkuji vám za pozornost

