



Spracovanie obrazu

Andrej FERKO

Comenius University Bratislava

PG1, 30. 11. 2020, FMFI UK



Príklad (Hearn-Baker, 2014, p. 376), logo UK

- Foto/sken, výpočet >> obraz, políčko, IFS
- Abstraktný obraz, funkcia
- $f(x, y)$,
- kde rovinné súradnice x, y ,
- Hodnota f výška/šedá
- Veta o reprezentácii, Fourier
- Digitalizácia, vzorkovanie, 1D

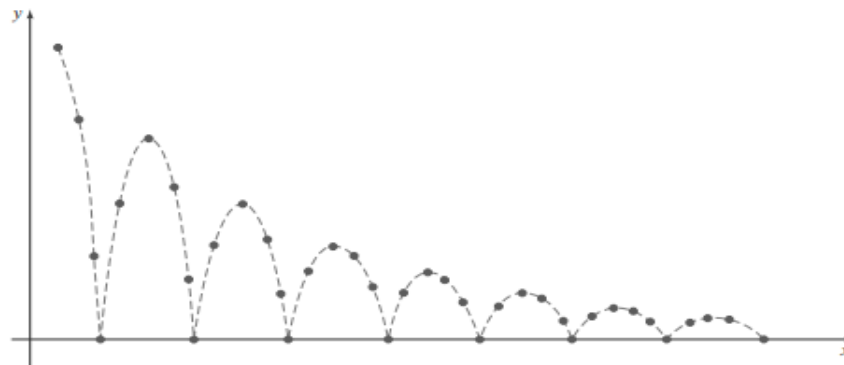
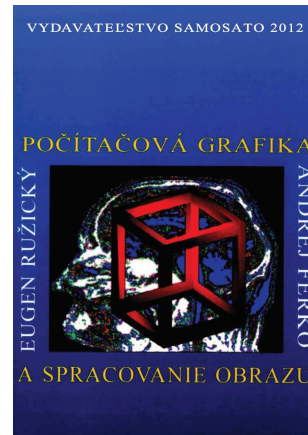
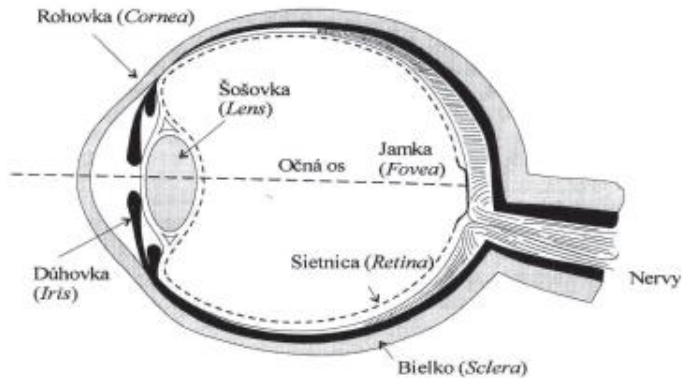
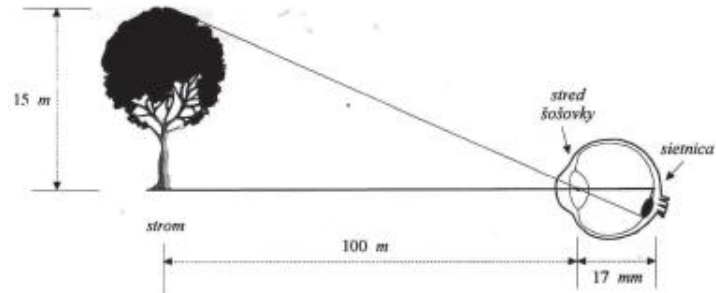


FIGURE 16
Approximating the motion of a
bouncing ball with a damped sine
function (Eq. 10).

Videnie



Obr. 1.2 Horizontálny rez ľudským okom



Obr. 1.3 Orientácia a veľkosť obrazu na sietnici

Spracovanie obrazu je proces aplikovania akejkoľvek operácie na obraz alebo obrazové dáta pre daný účel. Napr. analýza scény, kompresia obrazu, konštrukcia 2D alebo 3D modelov objektov, ai.

vstup je daný ako	výstup je daný ako		
	popis	obrázok	zvuk
popis	symbolická manipulácia	počítačová grafika	hlasový výstup
obrázok	rozpoznávanie obrazov	spracovanie obrazu	
zvuk	rozpoznávanie zvuku		spracovanie zvuku

Obr. 1.4 Oblasti spracovania informácie



Pojmy, pixel, hĺbka

Metódami počítačovej grafiky vytvorené grafické zobrazenie sa nazýva **obrázok** (*picture*). Definuje sa ako priestorovo štrukturovaná postupnosť grafických výstupných prvkov (napr. čiary, texty) určená na uloženie alebo zobrazenie. Niekedy budeme rozlišovať štrukturovaný obrázok od neštrukturovaného **obrazu** (*image*), pozostávajúceho iba z obrazových bodov. Pojem obraz používame aj pre **spojitý obraz**, kde ním rozumíme dvojrozmernú funkciu intenzity $f(x, y)$, kde x a y sú konečné priestorové súradnice bodu v rovine a funkčná hodnota vyjadruje jas. **Digitálny obraz** získame diskretizáciou priestorových i jasových hodnôt a môžeme si ho predstaviť ako maticu M , pre ktorú riadok i a stĺpec j určuje bod obrazu a hodnota prvku matice $M(i, j)$ jasovú uroveň. Bod digitálneho obrazu nazývame **pixel** (*picture element*).

VYDAVATELSTVO SAMOSATO 2012

POČÍTAČOVÁ GRAFIKA

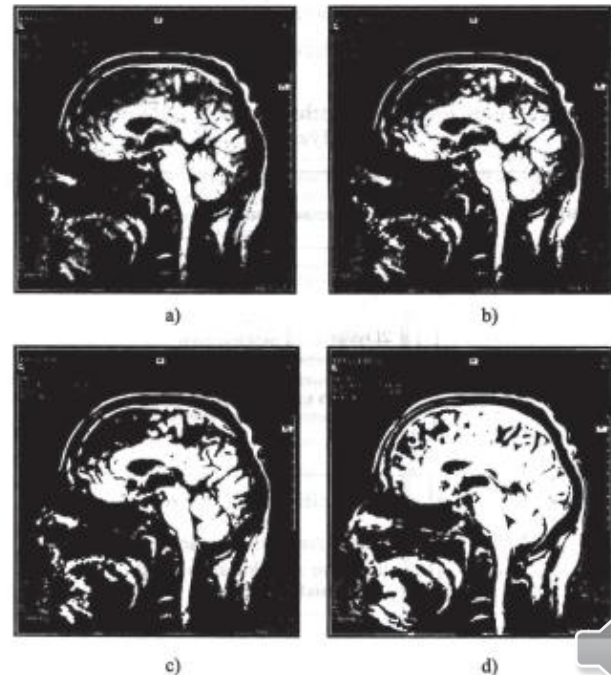


ANDREJ FERKO

A SPRACOVANIE OBRAZU

Pixel:

*Farba,
Hĺbka,
Alfa,
ID...*

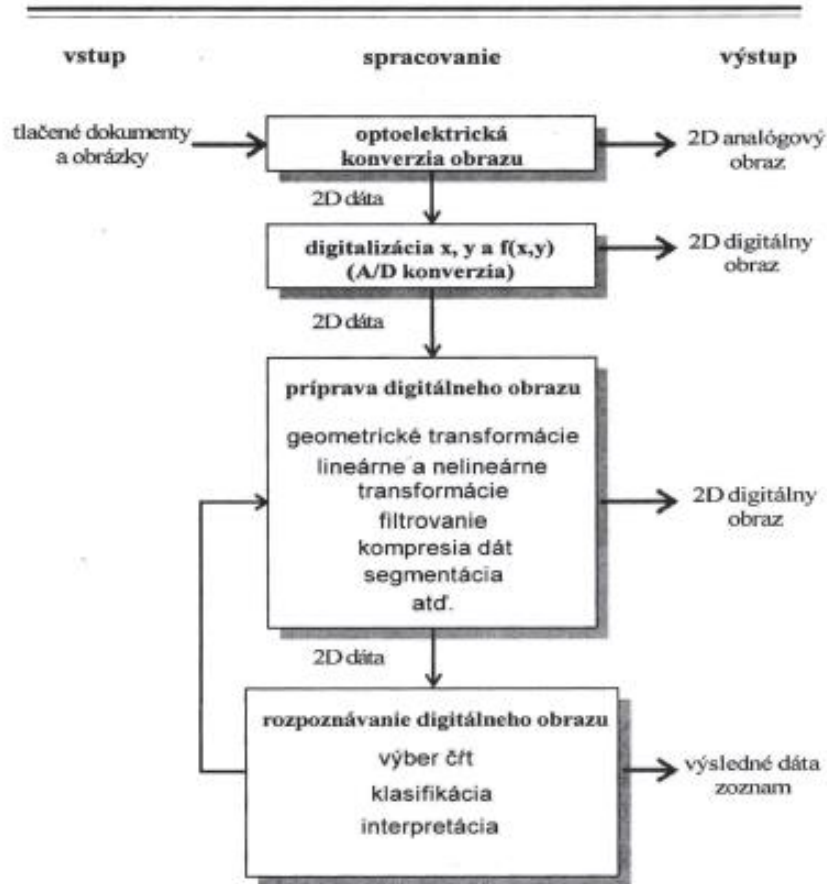


Obr. 1.5 Obrazy s rôznymi úrovňami (64, 32, 4 a 2) šedej farby



Operácie

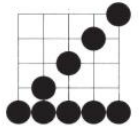
Funkcie na spracovanie obrazu (a dokumentov) (analýza obrazu)



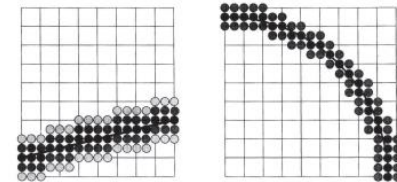
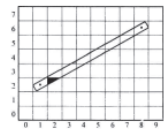
Obr. 1.6 Funkcie na spracovanie obrazu



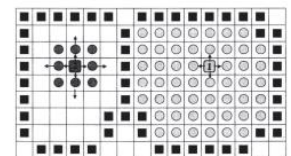
Obr. 5.4 Aliasing úsečiek



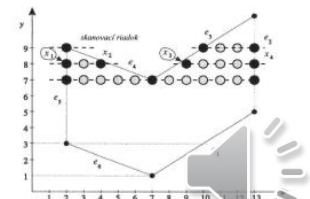
Obr. 5.5 Antialiasing úsečky



Obr. 5.6 Hrubé čiary pre vykreslenie úsečky a krahánie

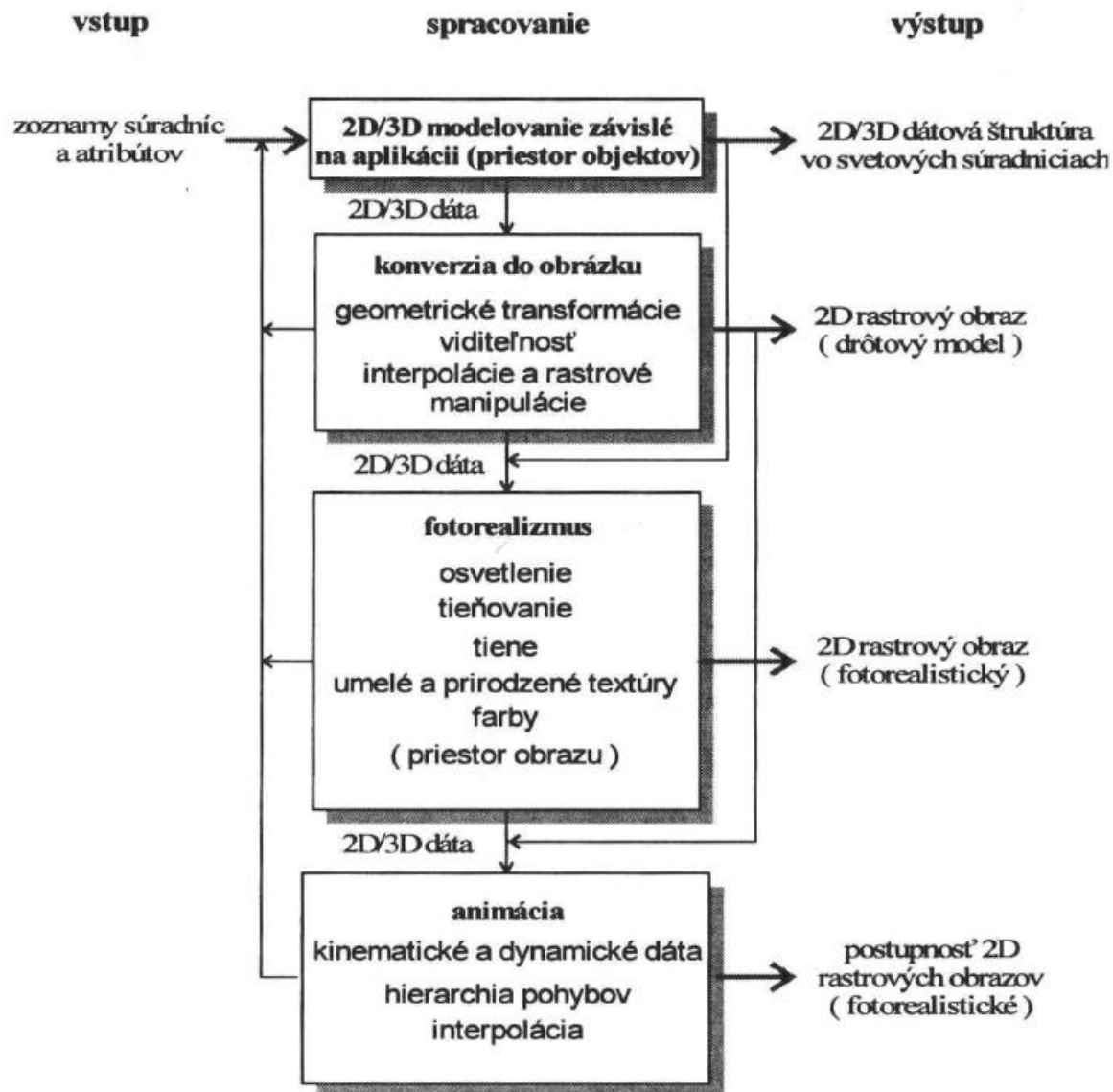


Obr. 5.8 Vypĺňanie oblasti farbou zadaného vnútorného bodu



Obr. 5.13 Skanovací riadok pre rozklad mnohouh. líka v rastra

Funkcie na syntézu obrazu (počítačová grafika)



Obr. 1.7 Funkcie na vytváranie obrazu (pasívna počítačová grafika)

1D, 2D, Delaunay, Voronoi

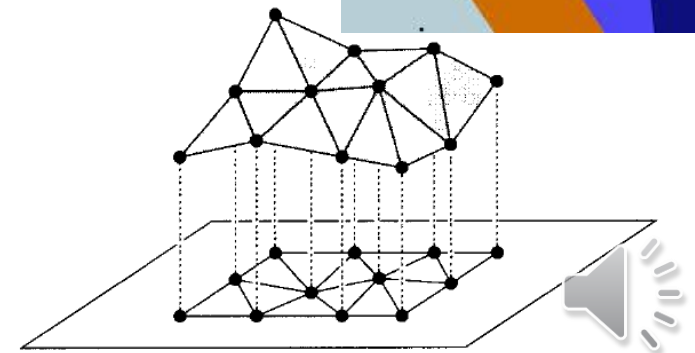
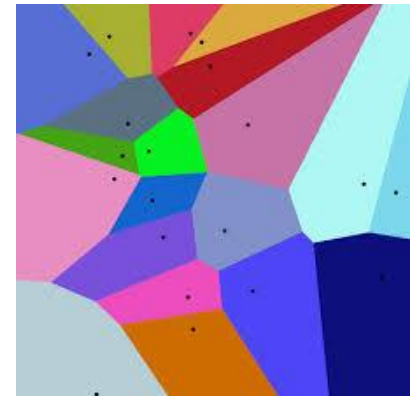
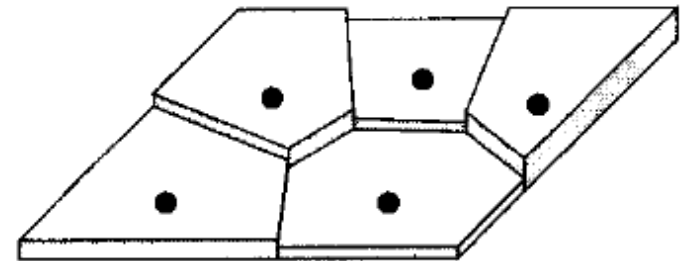
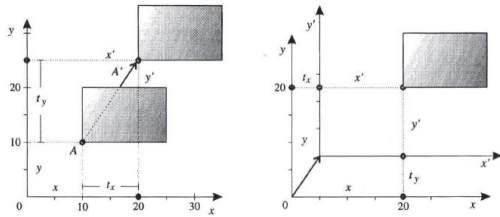
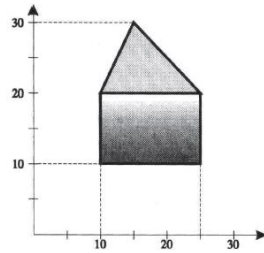


Figure 9.2
Obtaining a polyhedral terrain from a
set of sample points

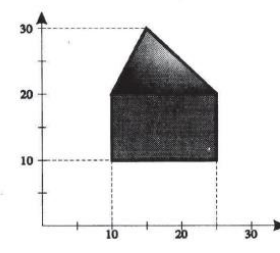
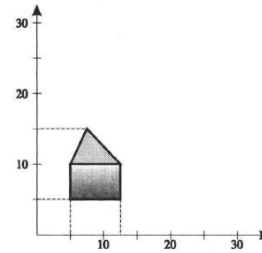
Afinné transformácie v rovine



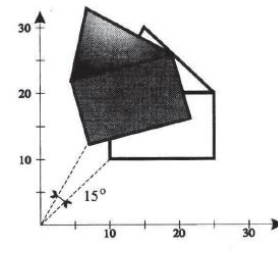
Obr. 2.4 Posunutie bodu a sústavy súradníc



Obr. 2.3 Ukážka zmeny mierky pre daný objekt



Obr. 2.1 Ukážka otočenia pre daný objekt



2.5 Kompozícia 2-rozmerných transformácií

Ukážeme si, ako môžeme využiť násobenie matic pri skladaní zobrazení. Napríklad, chceme vyjadriť zmenu mierky so stredom v ľubovoľnom pevnom bode $A(x, y)$. Bude to riešiť tak, že uskutočnime za sebou tri zobrazenia:

1. Posunieme sústavu súradníc do bodu A .
2. Uskutočnime zmenu mierky v začiatku sústavy súradníc.
3. Posunieme späť bod A do pôvodného začiatku.

Každý tejto transformácii zodpovedá jedna transformačná matica. Výslednej zloženej transformácii zodpovedá nasledujúca matica:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -x & -y & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x & y & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ x(1-s_x) & y(1-s_y) & 1 \end{pmatrix}$$

Podobne otočenie so stredom v ľubovoľnom bode $A(x, y)$ vykonáme pomocou týchto troch transformácií:

1. Posunieme sústavu súradníc do bodu A .
2. Uskutočnime otočenie okolo začiatku sústavy súradníc o uhol φ .
3. Posunieme späť bod A do pôvodného začiatku.

Obdobne výslednú zloženú transformáciu vyjadríme násobením matic:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -x & -y & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x & y & 1 \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ x(1 - \cos \varphi) + y \sin \varphi & y(1 - \cos \varphi) - x \sin \varphi & 1 \end{pmatrix}$$

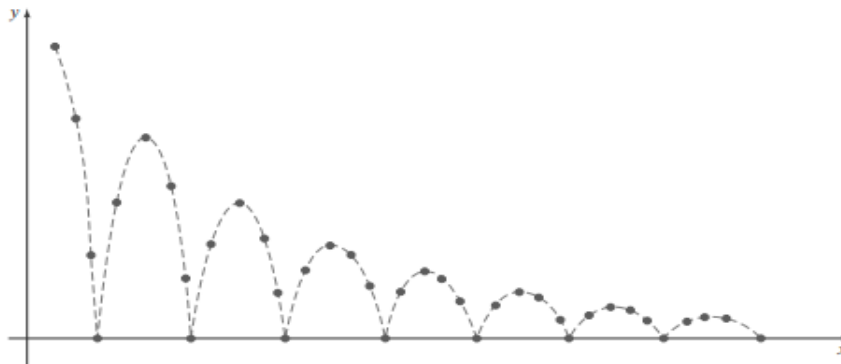
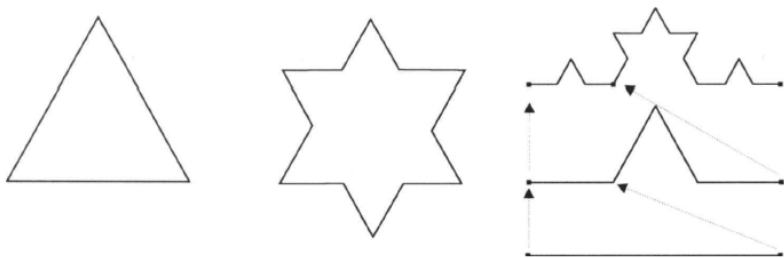


FIGURE 16 Approximating the motion of a bouncing ball with a damped sine function (Eq. 10).



Tento iteratívny proces sa dá definovať rekurzívne a hodnotou d definovať Hausdorffovu dimenziu. Na obrázku 15.8 máme zobrazenú časť Kochovej vločky.



Obr. 15.8 Konštrukcia Kochovej vločky

Hausdorffovu dimenziu Kochovej vločky vypočítame pomocou nasledujúcej limity:

$$\lim N(\delta) \cdot \delta^d = \lim 4^n [(1/3)^n]^d < \infty,$$

má zmysel len pre $d = \log 4 / \log 3$. Z toho vyplýva, že Hausdorffova dimenzia je reálna hodnota $\log 4 / \log 3 = 1.2618$ medzi celými číslami 1 a 2.

Pod **fraktálom** budeme rozumieť taký geometrický útvar, ktorý bude mať Hausdorffovu dimenziu rôznu od topologickej celočíselnej dimenzie. Princíp generovania fraktálov spočíva v tom, že sa opakovane používa určitá transformácia na body danej oblasti. Ako príklad uvidíme generovanie Kochovej vločky. Z obrázku 15.8 vidíme, že musíme rozdeliť vždy pôvodný útvar na tri časti a definovať 4 transformácie zložené z posunutia, škálovania a otočenia.

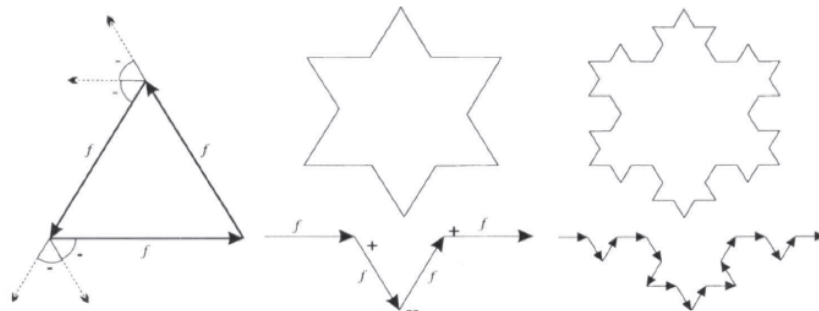
Príklad. Kochovu vločku definujeme pomocou neterminálového symbolu $\mathcal{X} = \{A\}$ a dvoch pravidiel:

$$1. A \Rightarrow A + A - -A + A$$

$$2. A \Rightarrow f$$

Štartovací symbol je $A--A--A$ a otočenie je o 60° . Tieto pravidlá generujú tieto reťazce:

$$f--f-f, \quad f+f--f+f--f+f--f+f--f+f--f+f, \dots$$

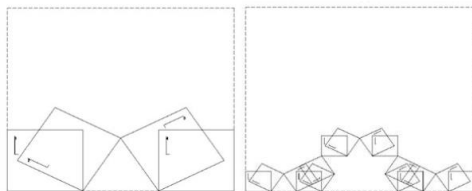


Obr. 15.12 Generovanie Kochovej vločky pomocou L-systému

Kochova krivka ako IFS

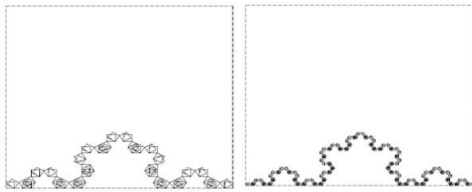
$$f_1(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} 0.333 & 0 \\ 0 & 0.333 \end{bmatrix} \mathbf{x}$$

Scale by r



$$f_2(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} 0.167 & -0.289 \\ 0.289 & 0.167 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0.333 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Scale by r , rotation by 60°

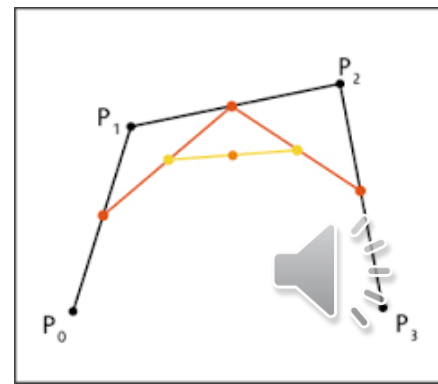


$$f_3(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} 0.167 & 0.289 \\ -0.289 & 0.167 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0.500 \\ 0.289 \end{bmatrix}$$

Scale by r , rotation by -60°

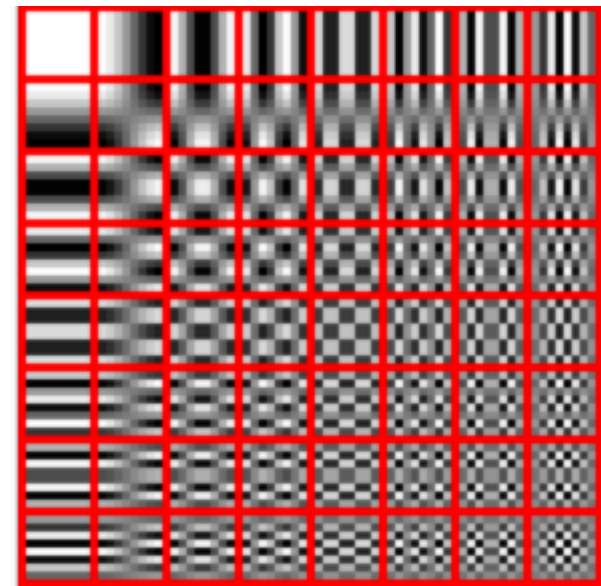
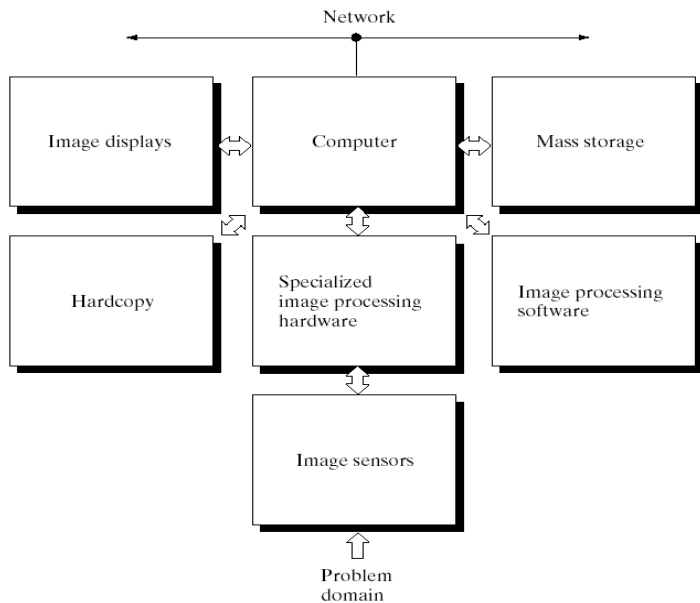
$$f_4(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} 0.333 & 0 \\ 0 & 0.333 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0.667 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Scale by r



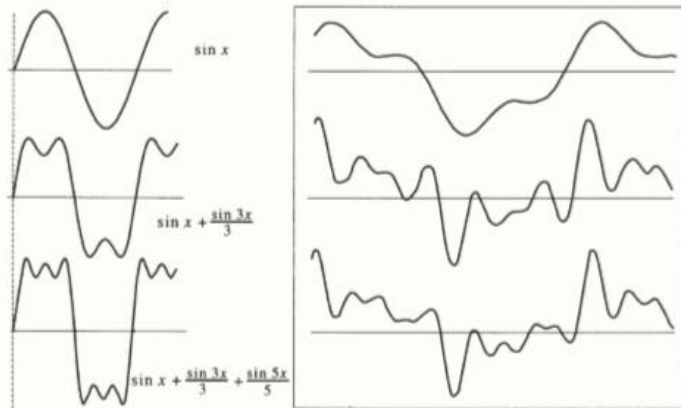
Formáty, kompresia

- Bezstratové, RAW, TIFF, kompresia RLE
- Stratové, JPG
- Barnsley, collage theorem, FIF
- Každý obraz = pevný bod IFS

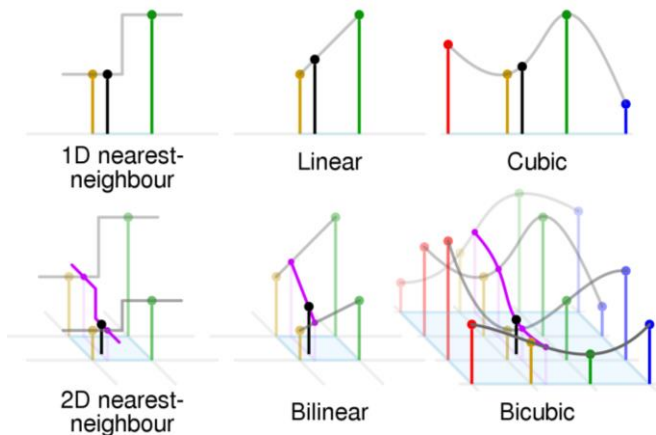


The DCT transforms an 8×8 block of input values to a linear combination of these 64 patterns. The patterns are referred to as the two-dimensional DCT *basis functions*, and the output values are referred to as *transform coefficients*. The horizontal index is u and the vertical index is v .

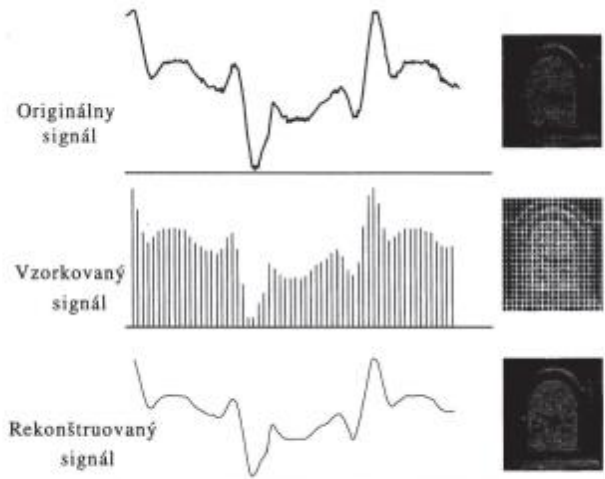
Fourier, interpolácia



a) b)
Obr. 6.2 Signál vyjadrený frekvenciou harmonických funkcií



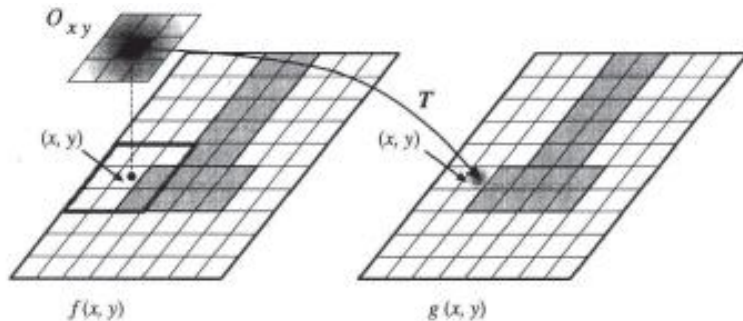
Obr. 6.1 Obrazová funkcia na jednom riadku



Obr. 6.6 Rekonštruovaný signál po vzorkovaní



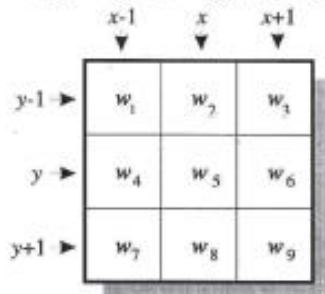
Masky



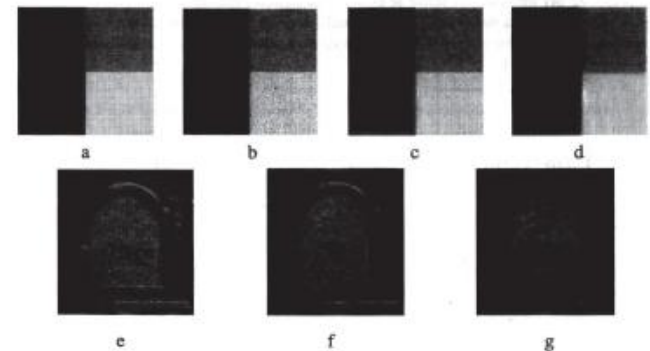
Obr. 7.9 Posun masky okolia O do bodu (x, y) pre určenie $g(x, y)$

Všeobecný prípad lineárnej závislosti operátora T sa dá vyjadriť na príklade masky 3×3 . Ako ukazuje obr. 7.10, pre koeficienty masky w_1, w_2, \dots, w_9 8-okolia bodu (x, y) , môžeme definovať nasledujúci lineárny operátor:

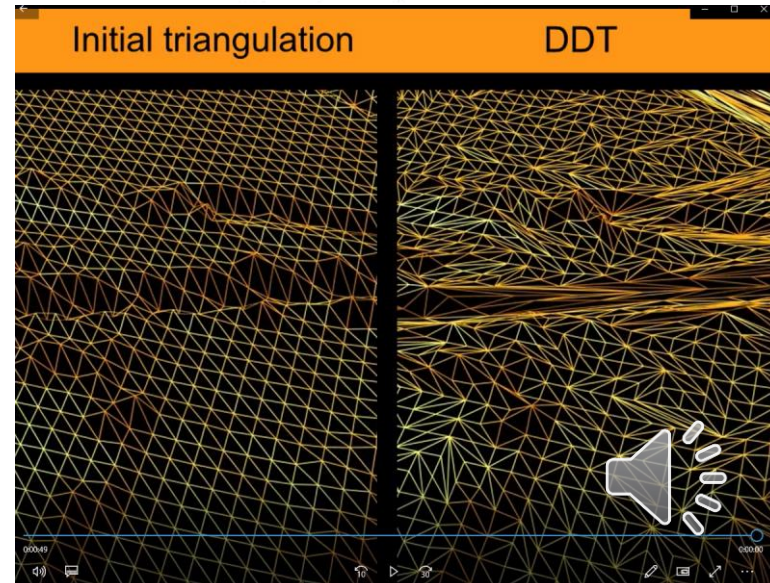
$$T[f(x, y)] = w_1 \cdot f(x-1, y-1) + w_2 \cdot f(x, y-1) + w_3 \cdot f(x+1, y-1) + w_4 \cdot f(x-1, y) + w_5 \cdot f(x, y) + w_6 \cdot f(x+1, y) + w_7 \cdot f(x-1, y+1) + w_8 \cdot f(x, y+1) + w_9 \cdot f(x+1, y+1). \quad (7)$$



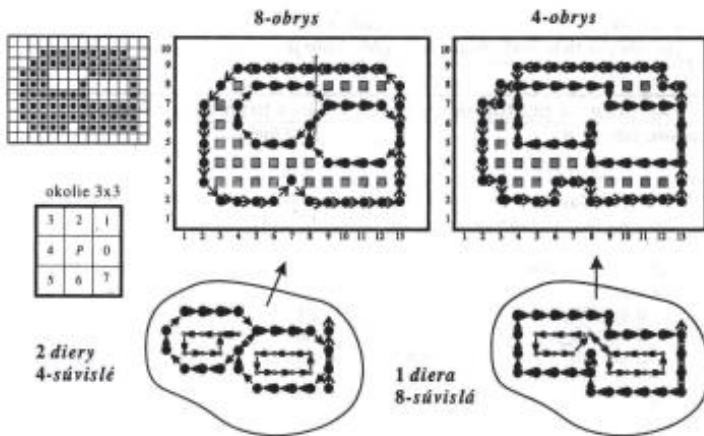
Obr. 7.10 Všeobecný prípad masky na okolí 3×3



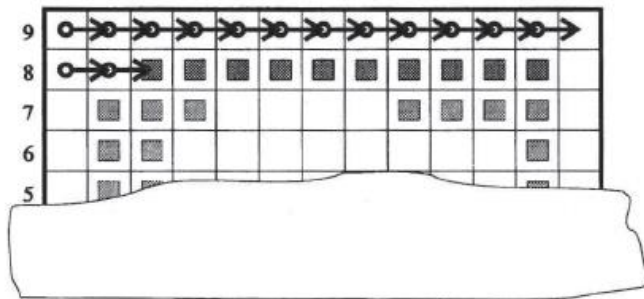
Obr. 7.12 Ukážka aplikácie filtrovania priemerovaním



Hranica a obrys



Obr. 8.5 Rozdiel medzi 8-obrysom a 4-obrysom tej istej oblasti



Obr. 8.6 Vyhľadanie prvého bodu v algoritme určenia obrysu

Algoritmus postupného prehľadávania hraničných bodov

```

Procedure Bound_8;
    { farby sú: 0 - doplnok, 1 - množina }

begin
    for i:= 1 to Xmax do
        for j:= 1 to Ymax do
            begin
                if h[i, j] = 1 then
                    { bod z množiny }
                begin
                    if neighb_h(i, j, 0) = 0 then h[i, j] := 2 else
                    { bod z doplnku množiny }
                    if neighb_h(i, j, 2) = 0 then h[i, j] := 2 else
                    if neighb_h(i, j, 4) = 0 then h[i, j] := 2 else
                    if neighb_h(i, j, 6) = 0 then h[i, j] := 2
                end
            end
        end
    end;
    
```

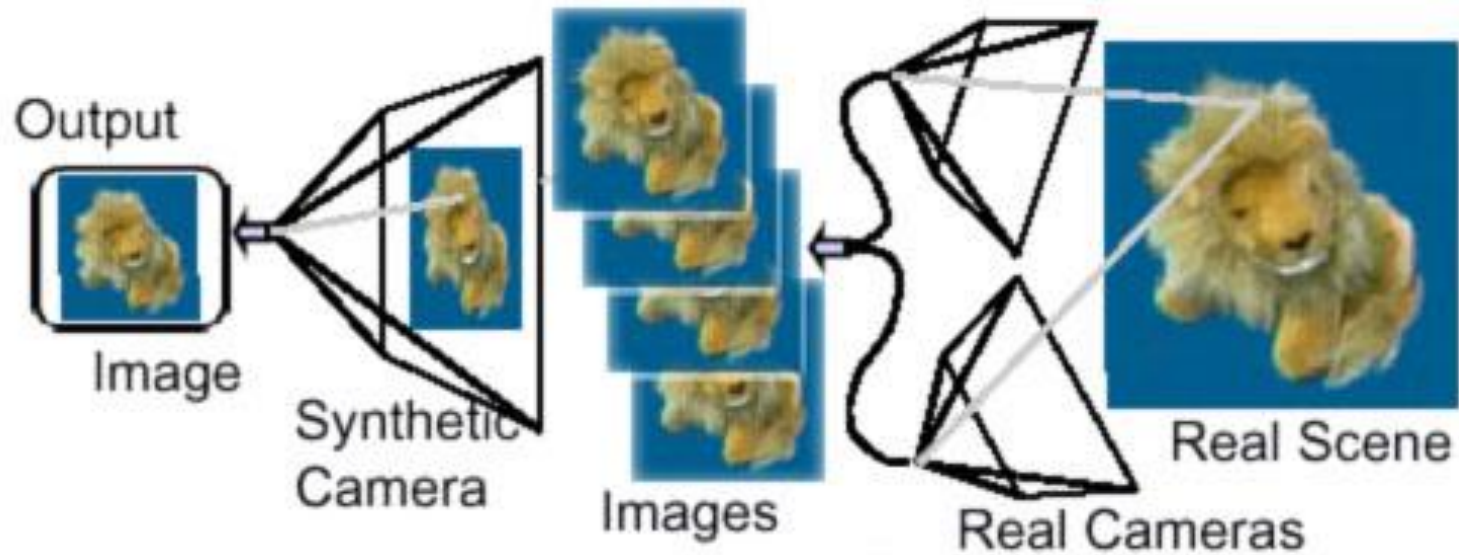
Algoritmus vyhľadania obrysu zadanej oblasti

```

procedure Tracer();
begin
    0. first, { vyhľadá prvý bod obrysu }
    { ----- }
    { od 1. kroku - modifikovaný algoritmus pre prípad vyhľadania vnútorného obrysu }
    1. P:= first_P;
        j:= 4;
        first_fl:= true;
        { vezme aktuálny bod P }
        { 4-sused (P) je z doplnku }
        { prvý raz prejdí cyklus }
    2. while ((P ≠ first_P) or (first_fl = true))
        begin
    3.     repeat
            { v cykle hľadaj bod oblasti }
            j:= j+1;
    4.     next:= neighb ( P, j);
    5.     until (h[next] = 1);
        end
    
```



Image-Based-Rendering



Varied views on real scene combined to the new one



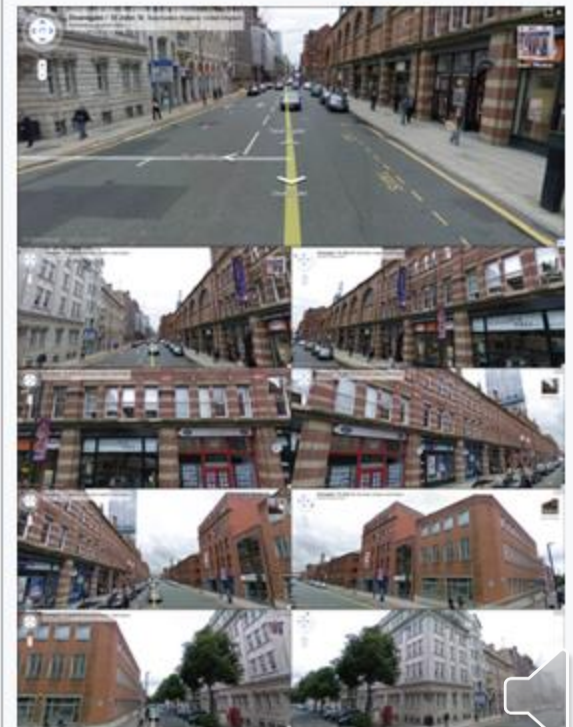
History before computers

- Panorama of 'Old Edinburgh' by Robert Barker
- Barker's patent for painting panoramas expired in 1801, which meant the 360-degree images could be produced by rival artists



Street View 2007

Google Street View



A road junction in [Manchester, England](#), showing nine different angles



Autostitch

- [BL03]



25 of 57 images aligned



All 57 images aligned



Final Result

- <http://matthewalunbrown.com/autostitch/autostitch.html>





Spracovanie obrazu

Andrej FERKO

Comenius University Bratislava

PG1, 30. 11. 2020, FMFI UK

