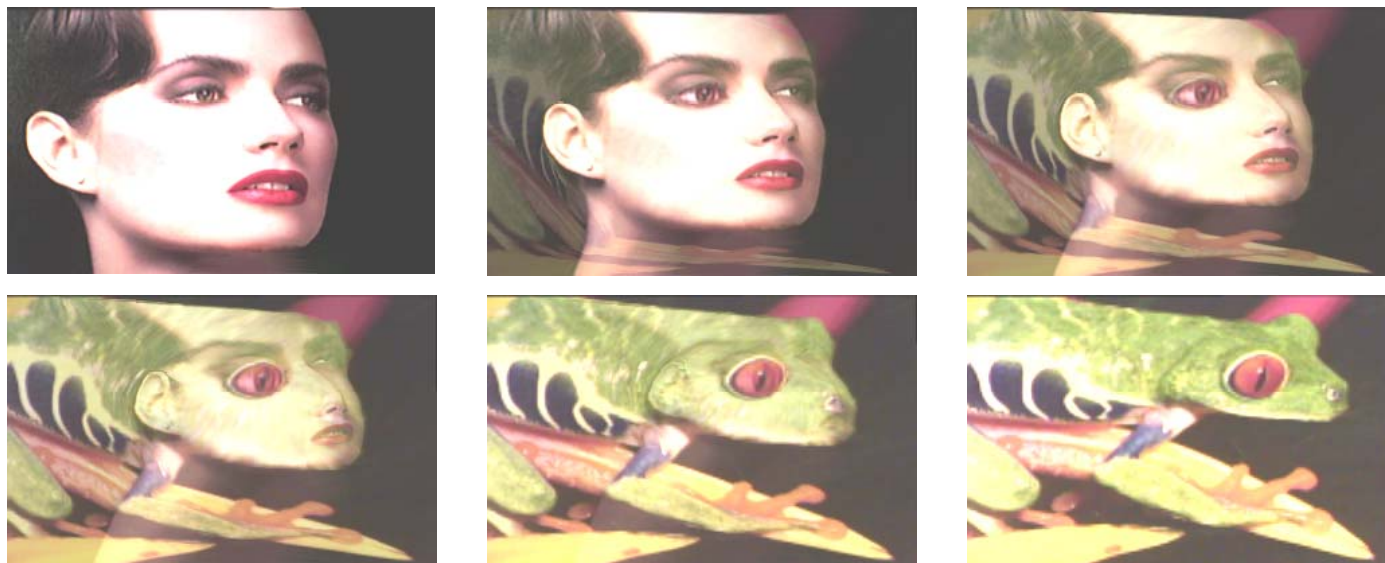


Tvarování rastrového obrazu (morphing ,warping)

dle M. Dobšíka

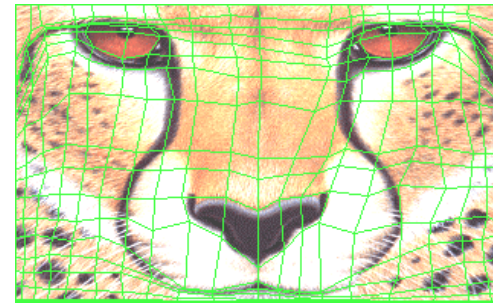
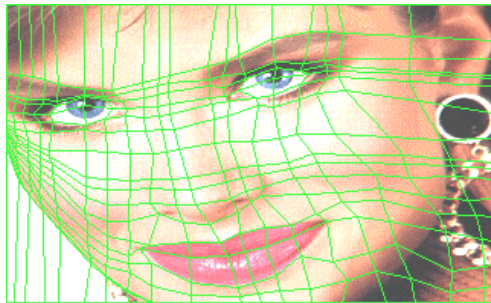
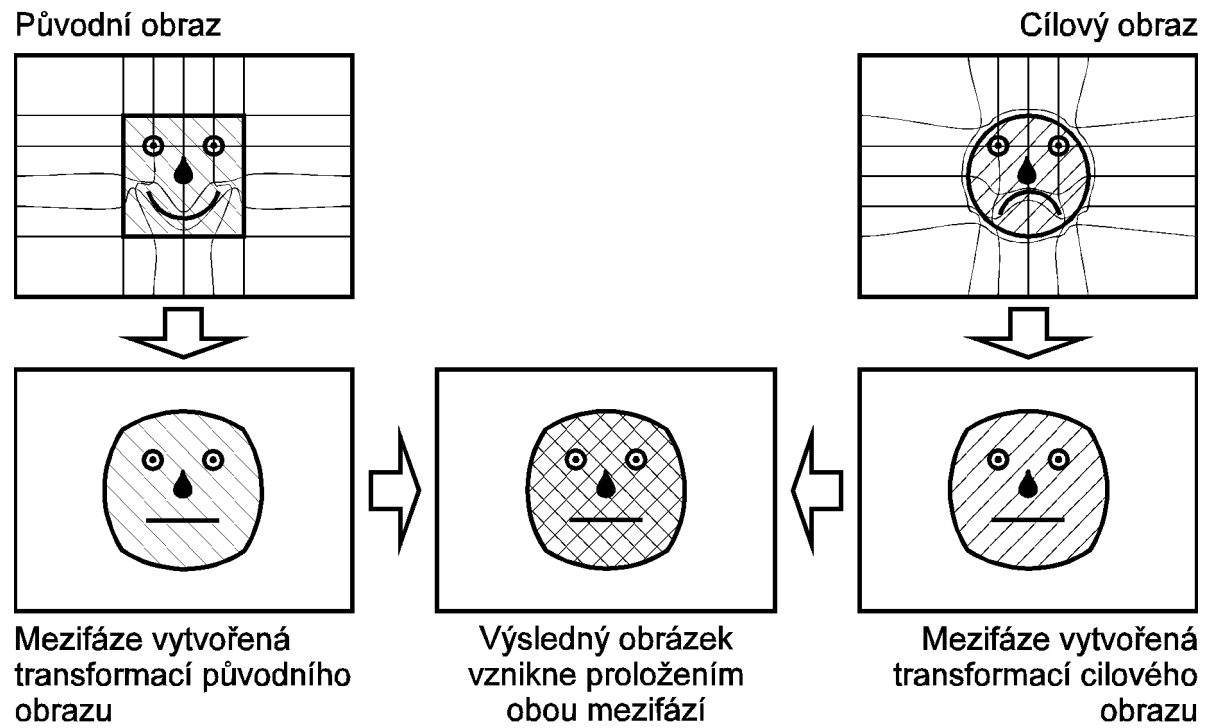
Morphingem (morfinem) se rozumí kompletní změna vstupního obrazu v jiný výstupní obraz:



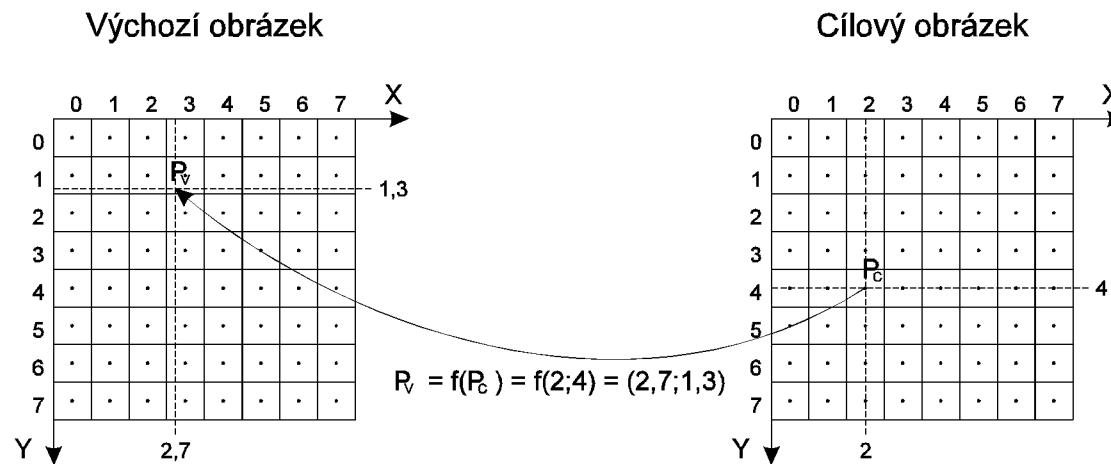
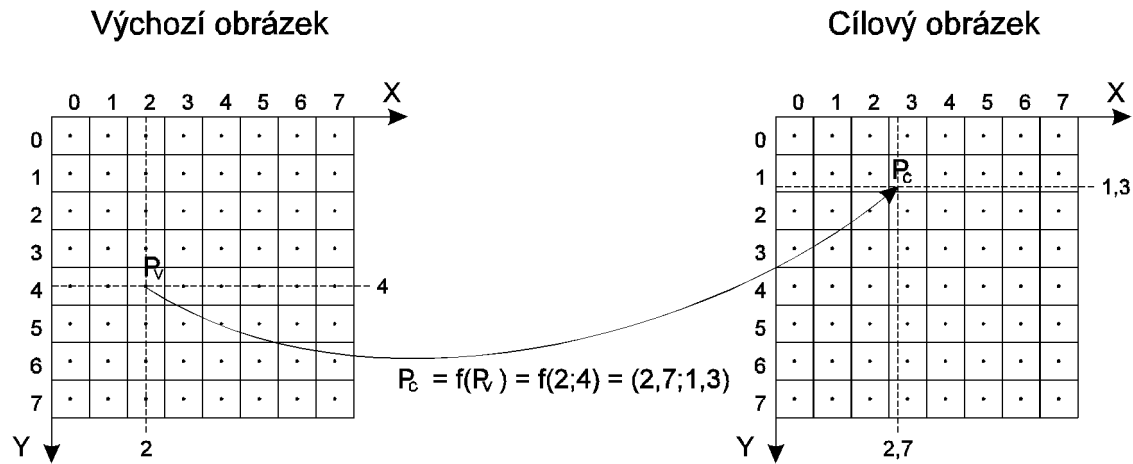
Warpingem (vorpingem) rozumíme dílčí (lokální) modifikaci vstupního obrazu:



Koncepční schéma morfinhu:

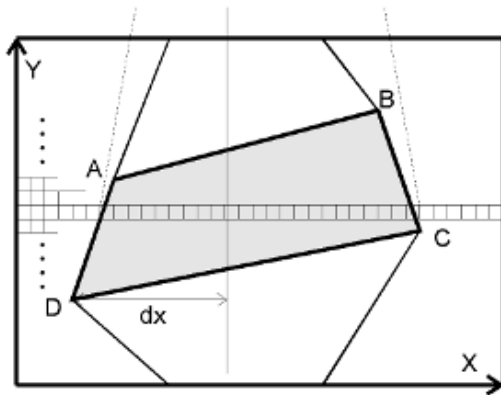
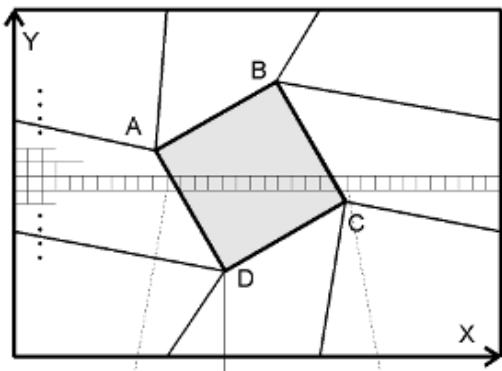


Přímé a inverzní mapování



Dvouprůchodové inverzní mapování oblastí ohraničených úsečkami

vstupní obraz



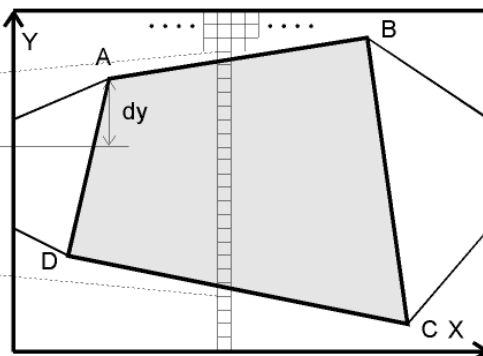
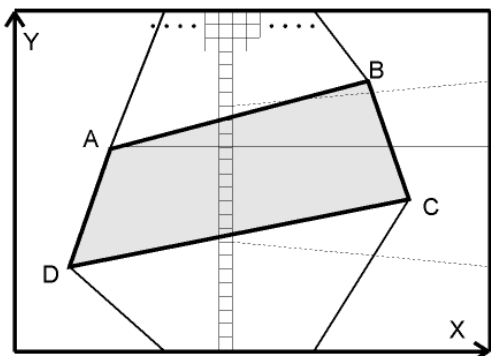
Po transformaci ve směru osy X

výpočet funkční hodnoty v bodě x

$$k = \frac{P_{(i+1)_y} - P_{i_y}}{P_{(i+1)_x} - P_{i_x}}$$

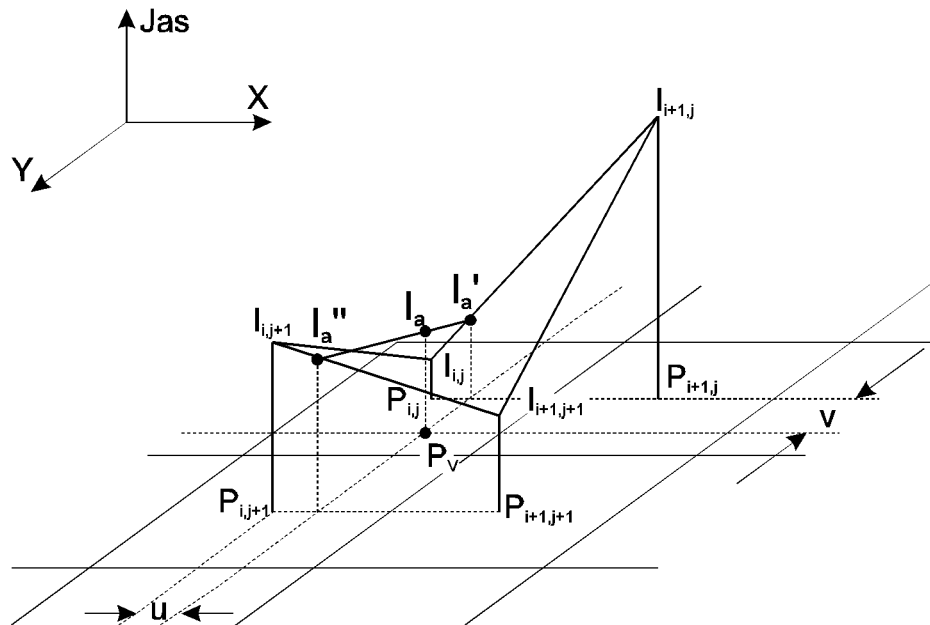
$$y = \begin{cases} P_{(i+1)_y} & \text{je-li } k = 0, \\ P_{i_y} + k(x - P_{i_x}) & \text{jinak.} \end{cases}$$

Po transformaci ve směru osy Y



výstupní obraz

Převzorkování (resampling) s lineární interpolací

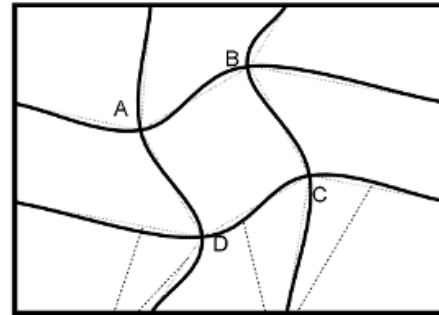


$$\begin{aligned}
 l_a' &= l_{i,j} + u(l_{i+1,j} - l_{i,j}) \\
 l_a'' &= l_{i,j+1} + u(l_{i+1,j+1} - l_{i,j+1}) \\
 l_a &= l_a'' + v(l_a' - l_a'')
 \end{aligned}$$

Mapování oblastí ohraničených úsečkami je příliš „hranaté“ a proto hledáme další možnosti.

Oblasti ohraničené křivkami

Catmull-Rom interpolační splajn



Původní řídicí čáry

Interpolační spline křivka

parametrická rovnice i-tého segmentu

$$P(t) = [1 \quad t \quad t^2 \quad t^3] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 2 & -2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_i \\ P_{i+1} \\ \frac{P_{i+1} - P_{i-1}}{2} \\ \frac{P_{i+2} - P_i}{2} \end{bmatrix}$$

výpočet funkční hodnoty v bodě x i-tého segmentu

$$dx = 1/(P_{(i+1)_x} - P_{i_x})$$

$$dx_1 = 1/(P_{(i+1)_x} - P_{(i-1)_x})$$

$$dx_2 = 1/(P_{(i+2)_x} - P_{i_x})$$

$$dy = (P_{(i+1)_y} - P_{i_y})dx$$

$$dy_1 = (P_{(i+1)_y} - P_{(i-1)_y})dx_1$$

$$dy_2 = (P_{(i+2)_y} - P_{i_y})dx_2$$

$$ay_0 = P_{i_y}$$

$$ay_1 = dy_1$$

$$ay_2 = dx(3dy - 2dy_1 - dy_2)$$

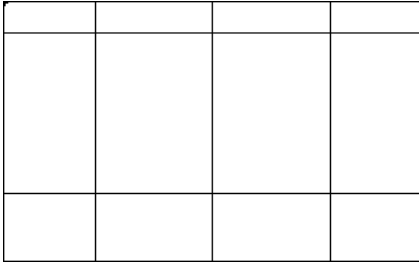
$$ay_3 = dx^2(-2dy + dy_1 + dy_2)$$

$$x = x - P_{i_x}$$

$$y = ((ay_3x + ay_2)x + ay_1)x + ay_0$$

Srovnání přímek a splajnů:

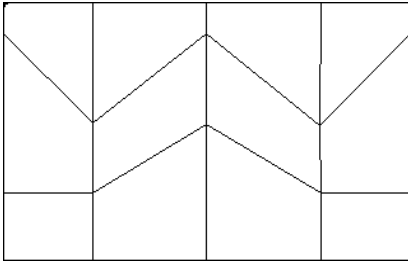
Deformované oblasti



Zdrojový obrázek



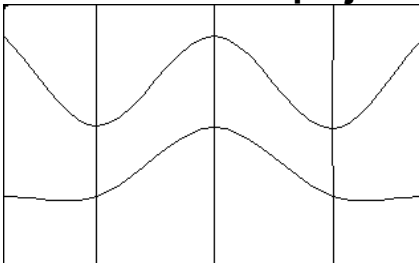
Zdeformovaná čárová mřížka



Deformace s čárovou mřížkou



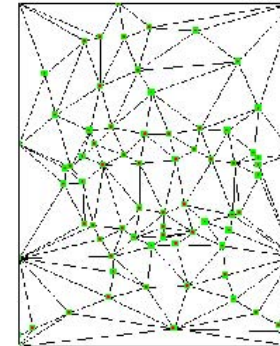
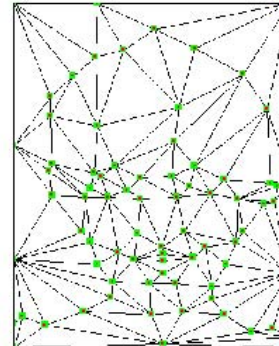
Zdeformovaná splajnová mřížka



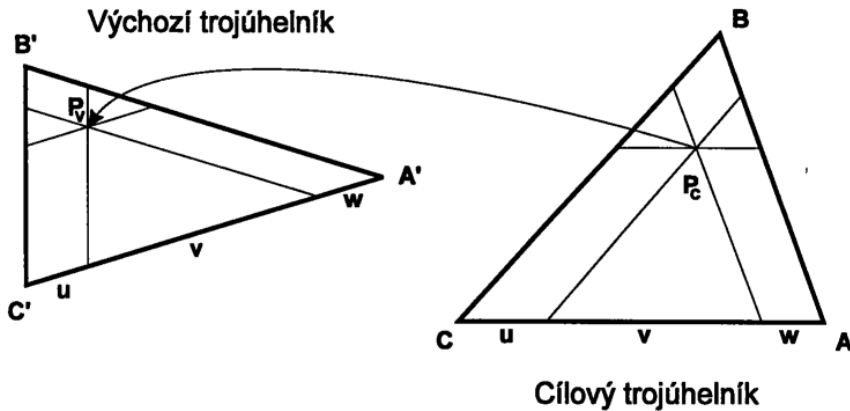
Deformace se splajnovou mřížkou



Mapování trojúhelníkových oblastí přináší další zlepšení:



Použijeme baricentrické souřadnice.



$$A = (A_x, A_y)$$

$$B = (B_x, B_y)$$

$$C = (C_x, C_y)$$

$$w = \frac{(B_x - A_x)(P_y - B_y) - (B_y - A_y)(P_x - B_x)}{(A_x - C_x)(B_y - A_y) - (A_y - C_y)(B_x - A_x)}$$

$$v = \frac{(C_x - B_x)(P_y - C_y) - (C_y - B_y)(P_x - C_x)}{(B_x - A_x)(C_y - B_y) - (B_y - A_y)(C_x - B_x)}$$

$$u = 1 - w - v$$

$$P_V = uA' + vB' + wC'$$

$$A, B, C \in \mathbb{R}^2; u, v, w \in \langle 0, 1 \rangle$$

Radiální tvarování řízené volnými vektory (z volných bodů)

Interpolace pomocí radiálních bázových funkcí:

$$g(p) = \sum_{i=1}^n \alpha_i f_i(d(p, p_i)) + p_m(p)$$

$f_i \dots$ bázové funkce

$p_m \dots$ polynom stupně m (většinou stačí $p_m = 1$)

$\alpha_i \dots$ počítáme dosazením bodů p_i do $g(p)$

$$f(d) = (d^2 + r^2)^\mu, \text{ kde } r > 0, \mu \neq 0$$

$r \dots$ volený poloměr

$r_i = \min_{i \neq j} d_i(p_j)$ varianta nejbližšího souseda:

$$f(p) = \sum_{i=1}^n \alpha_i (d(p, p_i)^2 + r_i^2)^\mu + p$$

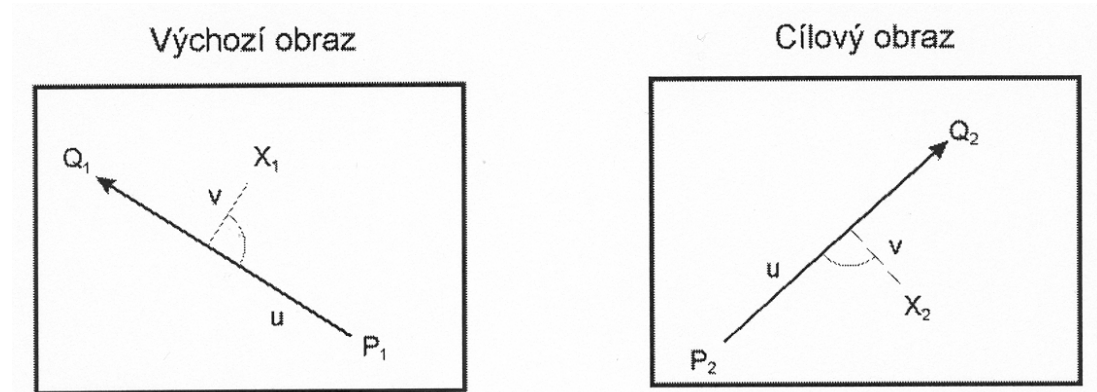
$\mu = \pm 0,5 \Rightarrow$ odmocniny

$\mu = -1 \Rightarrow$ pouhé dělení



Výsledek radiálního tvarování.

Tvarování řízené volnými úsečkami



Jeden pár úseček

$$u = \frac{(X_2 - P_2)(Q_2 - P_2)}{\|Q_2 - P_2\|^2}$$

$$v = \frac{(X_2 - P_2) \text{kolmice}_k(Q_2 - P_2)}{\|Q_2 - P_2\|},$$

$$X_1 = P_1 + u(Q_1 - P_1) + \frac{v \cdot \text{kolmice}_k(Q_1 - P_1)}{\|Q_1 - P_1\|}$$

Více párů úseček vyžaduje vážení vlivu

Váha úsečky $w = \left(\frac{l^p}{a+d}\right)^b$ součet vah = 1

l je délka úsečky P_1Q_1

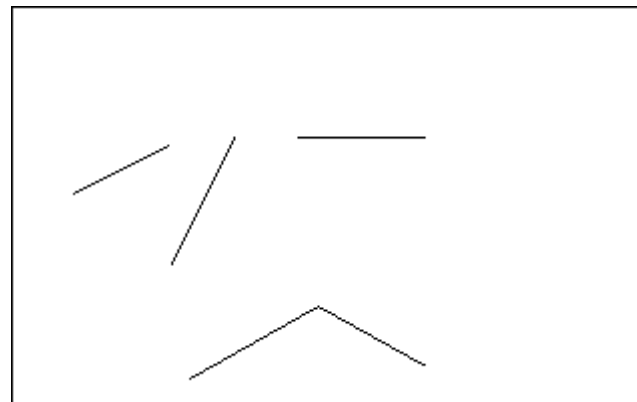
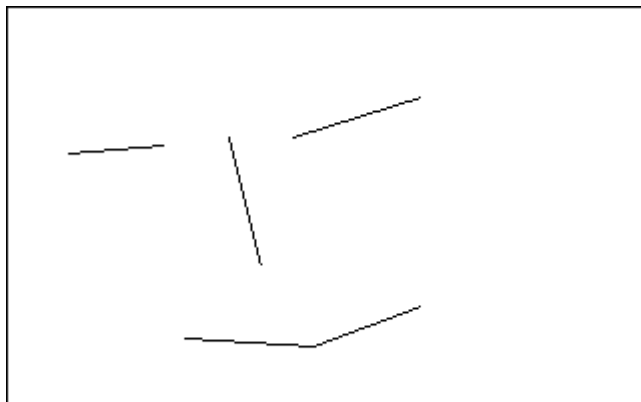
$$l = \sqrt{(Q_{1,x} - P_{1,x})^2 + (Q_{1,y} - P_{1,y})^2},$$

d je vzdálenost bodu X_1 od úsečky P_1Q_1

$$d = \frac{(X_1 - P_1) \text{kolmice}_k(Q_1 - P_1)}{\|Q_1 - P_1\|},$$

a a , b a p jsou volené reálné konstanty.

Zadané úsečky:



Výsledek deformace řízené úsečkami.

Metody NPR (Non Photo-Realistic Rendering)

Imitace perokresby

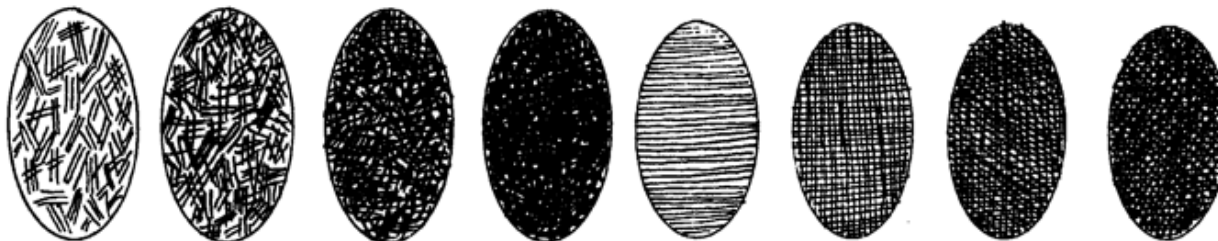
NPR (Non Photo-Realistic Rendering)

Pro 2D objekty je základem "šedý" obraz.

Řízení hustoty a směru šraf obstará náhodný generátor a zvolený typ textury.

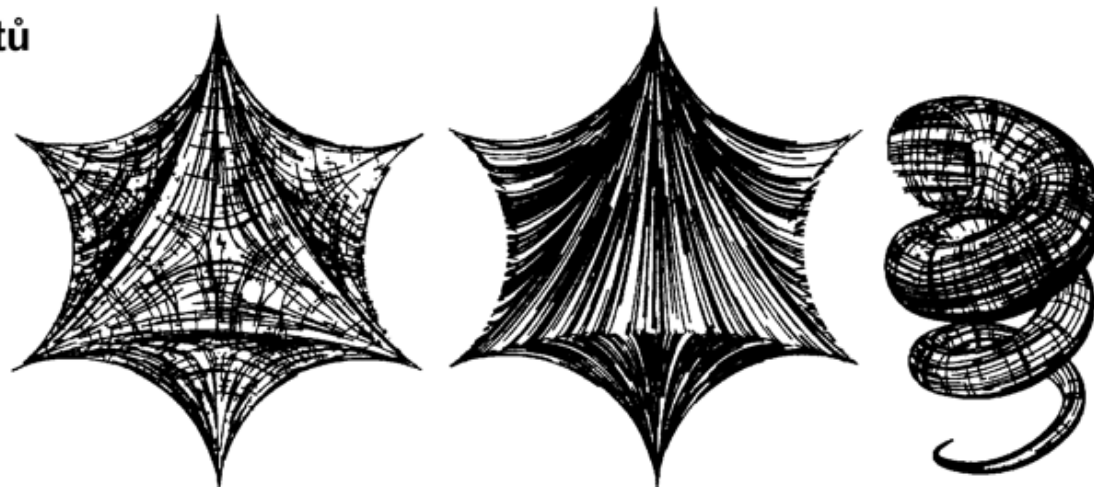


Vzory textury:

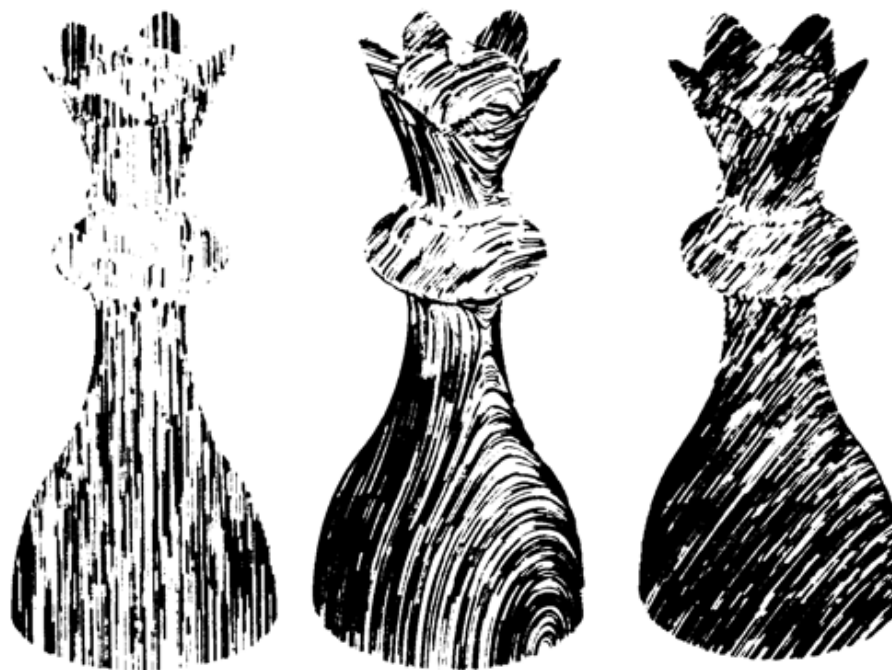


Šrafování prostorových objektů

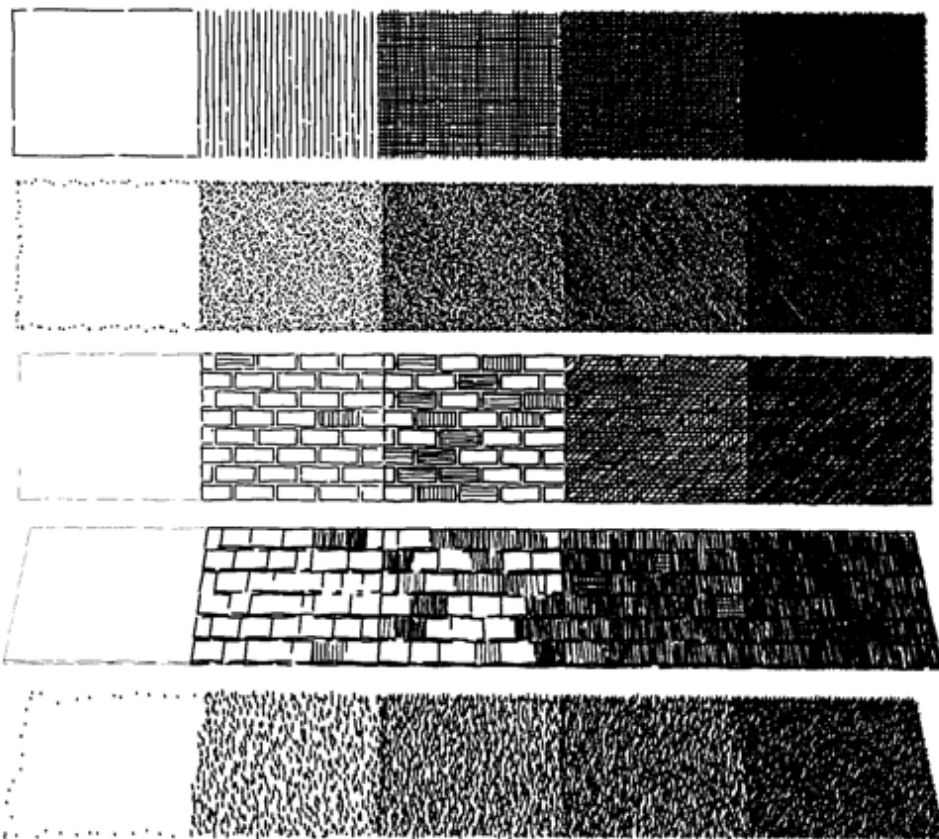
Základem je "klasický" stínovaný 3D objekt.



Různé způsoby řízení směru šraf:

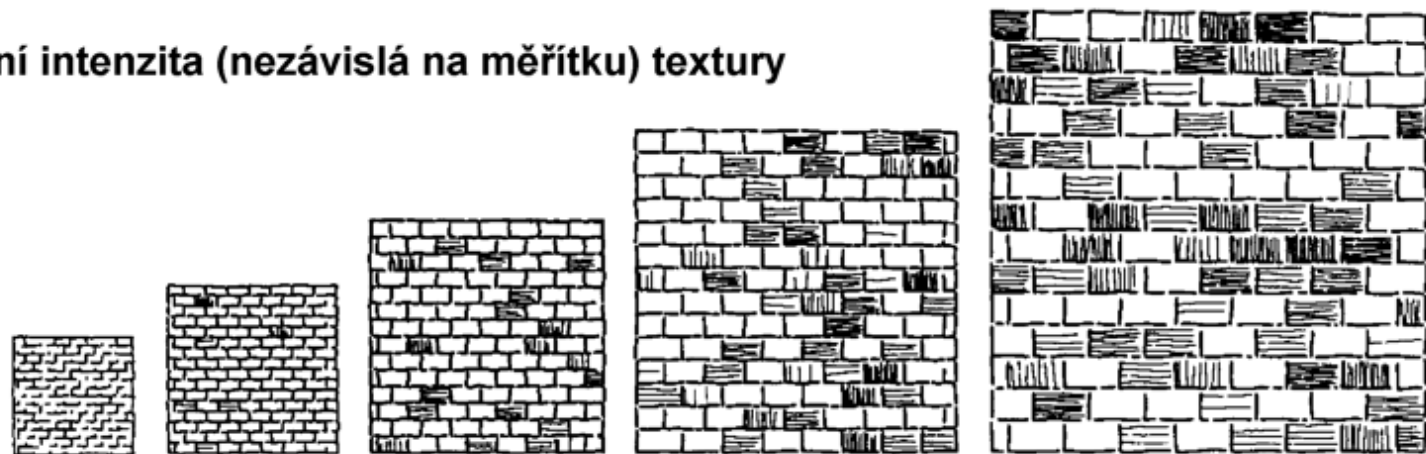


2D NPR TEXTURY



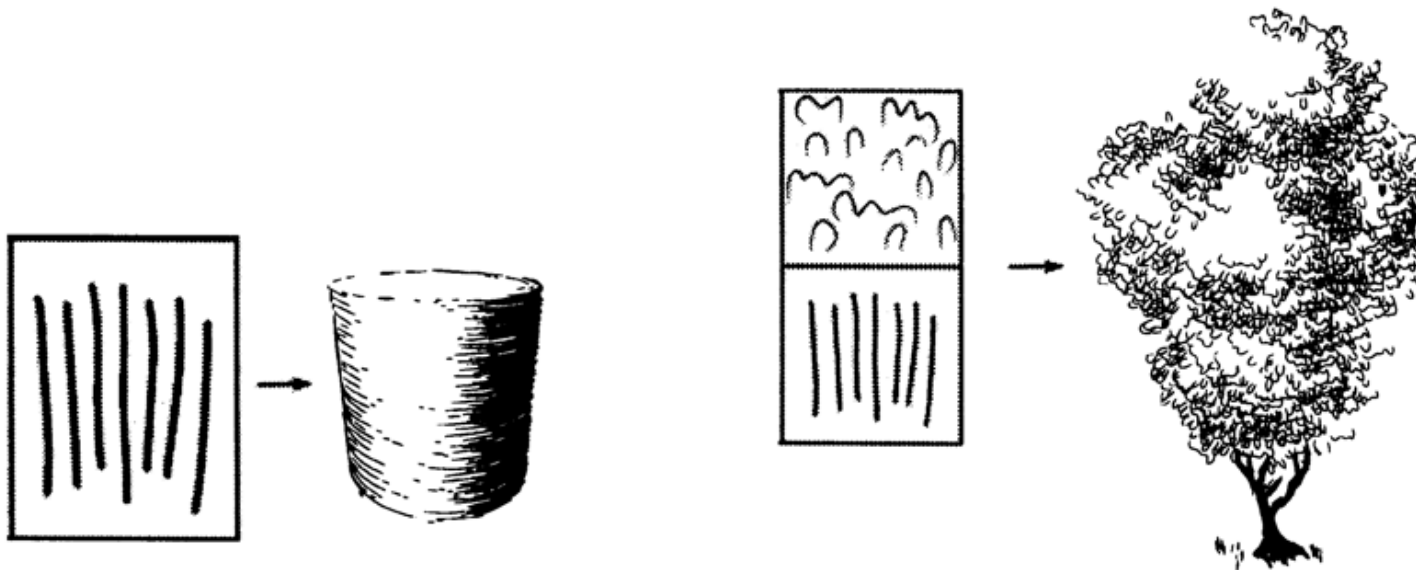
a) proměnná intenzita textury

b) konstantní intenzita (nezávislá na měřítku) textury

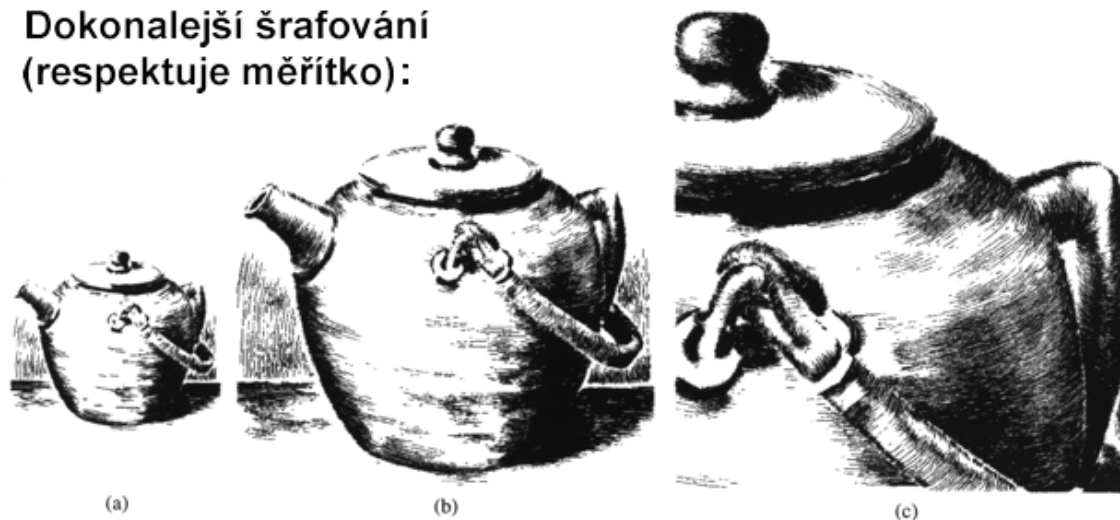


Lepší textury dovolují volbu skupiny určující tvar tahů štětce (pera):

Volba a kombinace tahů štětce



Dokonalejší šrafování
(respektuje měřítko):



Př. Dokonalé NPR zobrazení



Digitální rytiny

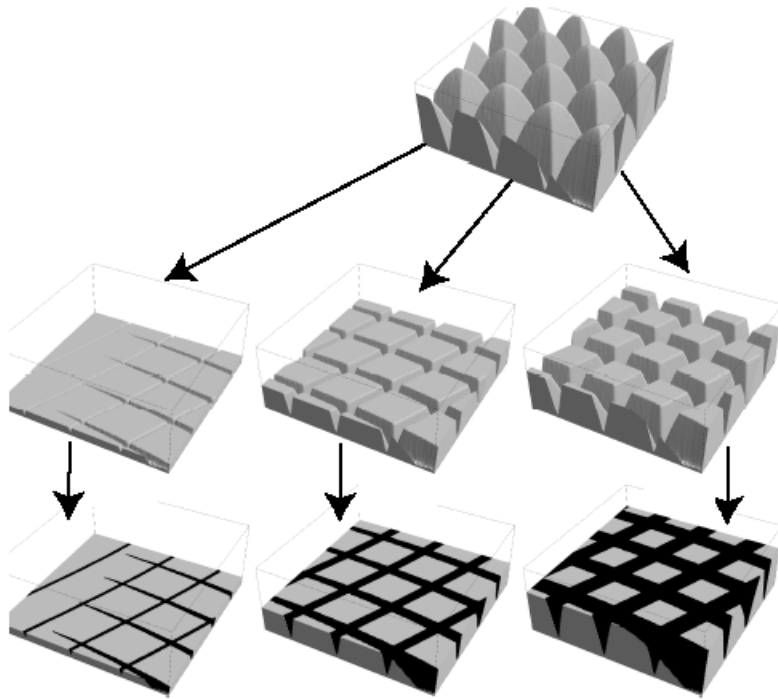
(Victor Ostromoukhov: Digital Facial Engraving, 1999)

Tradiční grafická technika známá od 15. stol.

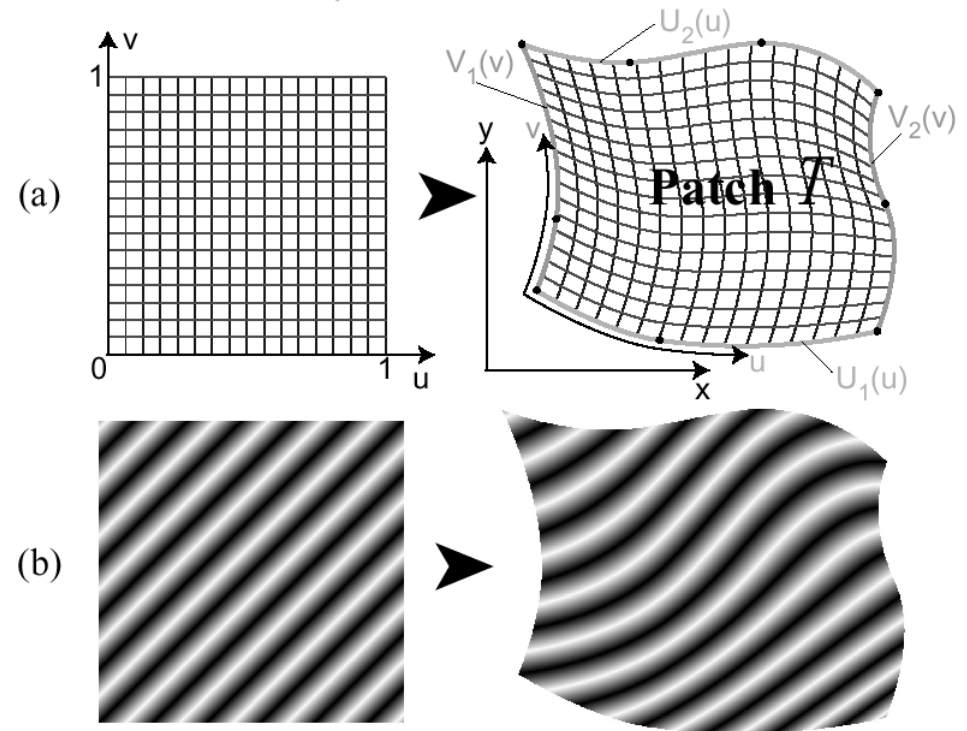


Počítačová mědirytina

„model“ měděné desky



deformovatelná parametrická mřížka



Coonsův plát

$$P(u, v) = (1 - v) \cdot U_1(u) + v \cdot U_2(u) + (1 - u) \cdot L(v) + u \cdot R(v)$$

$$L(v) = V_1(v) - (1 - v) \cdot V_1(0) - v \cdot V_1(1)$$

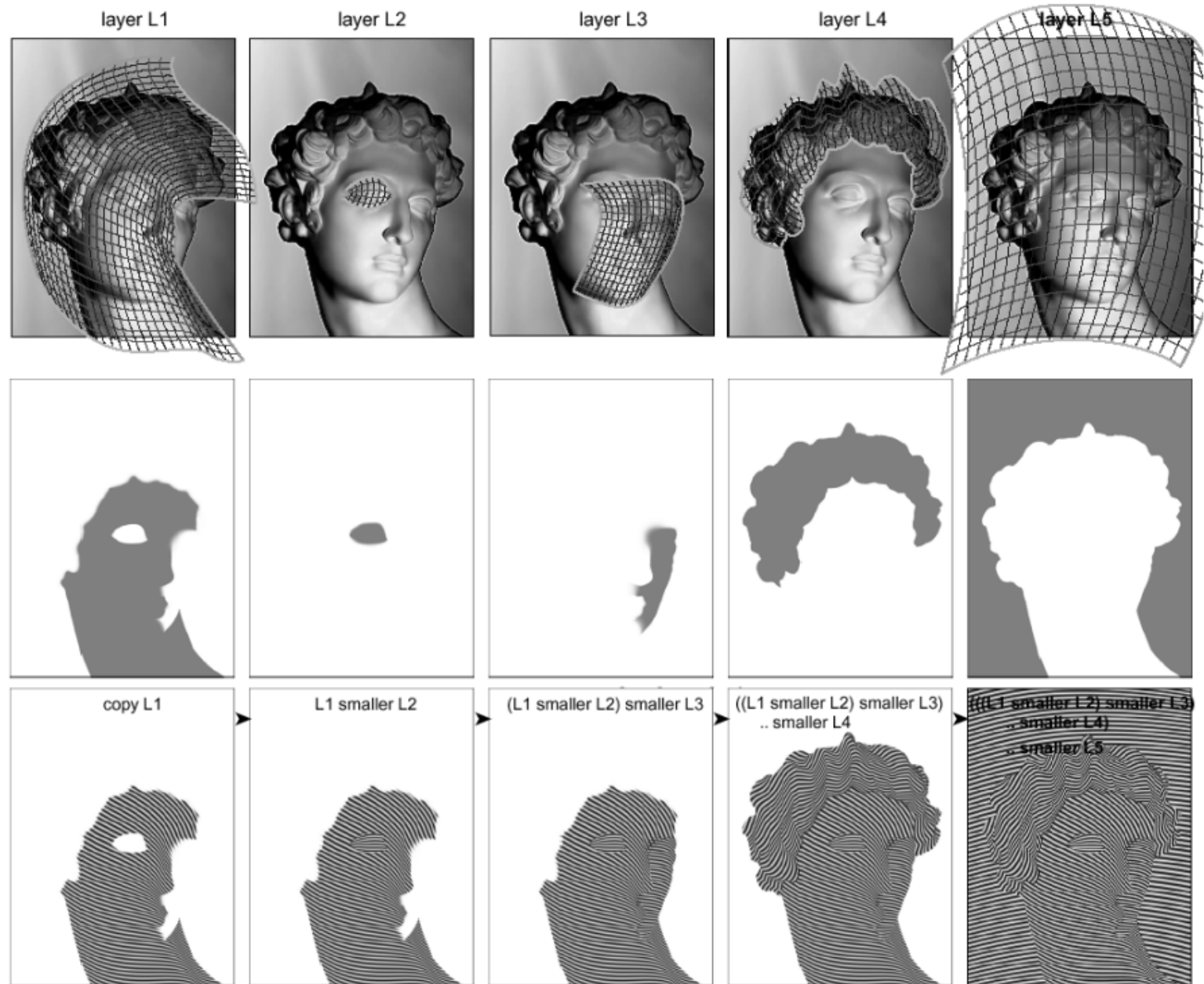
$$R(v) = V_2(v) - (1 - v) \cdot V_2(0) - v \cdot V_2(1)$$

$$0 \leq u, v \leq 1$$

Respektování lokálních tvarů šraf

Separace oblastí
vrstveným
prahováním.

Poznámka:
Selekce oblastí
„ručně“!



Superpozice prahovacích vrstev (Layers)

T - prahovací funkce

$$T'(x, y) = T(x, y) \cdot S(x, y) + D(x, y)$$

S - měřítko

D - posun rozsahu
(„hloubka vrypu“)

CL - pracovní vrstva
current layer

RL - výsledná vrstva
resulting layer

operace	popis
.. copy CL	$T_{RL}(x,y) = T_{CL}(x,y) * S(x,y) + D(x,y)$
.. smaller CL	$T_{RL}(x,y) = \text{MIN}(T_{RL}(x,y), T_{CL}(x,y) * S(x,y) + D(x,y))$
.. bigger CL	$T_{RL}(x,y) = \text{MAX}(T_{RL}(x,y), T_{CL}(x,y) * S(x,y) + D(x,y))$
.. multiply CL	$T_{RL}(x,y) = T_{RL}(x,y) * (T_{CL}(x,y) * S(x,y) + D(x,y))$
.. add CL	$T_{RL}(x,y) = T_{RL}(x,y) + (T_{CL}(x,y) * S(x,y) + D(x,y))$

poznámka:

Výsledná prahovací fce $T'(x,y)$ je v rozsahu $(0, 1)$.

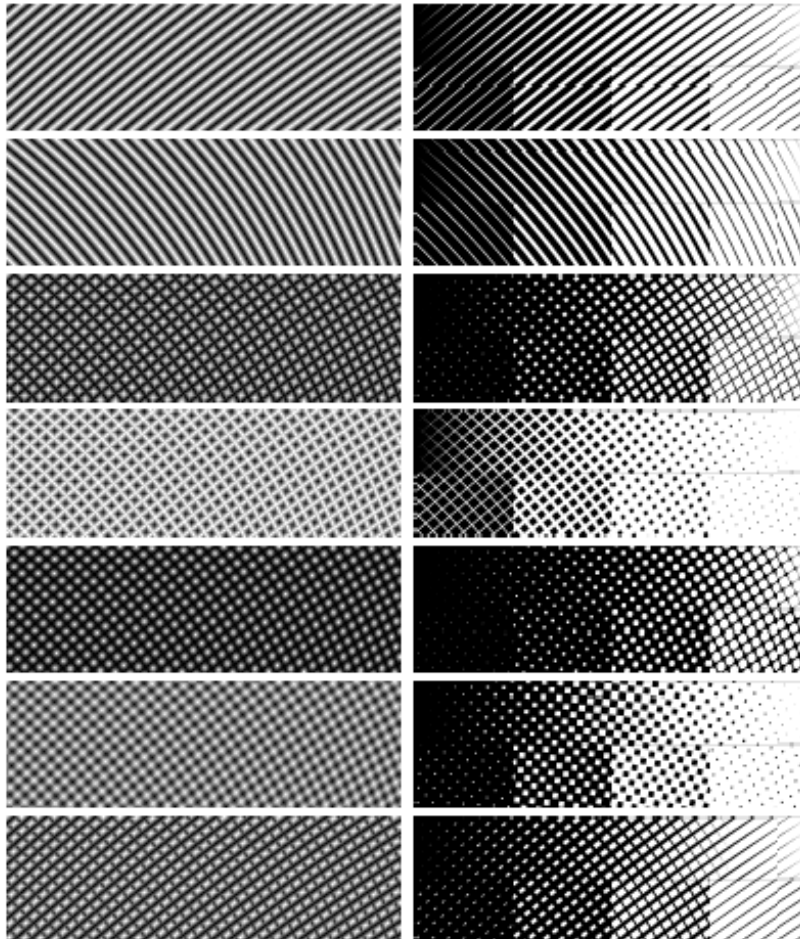
Efekt superpozice vrstev

parametrizované
„vrypy“

vstupní obraz/
/výstupní obraz

operace
nad vrstvami

transformované
vrstvy



copy L1

copy L2

L1 smaller L2

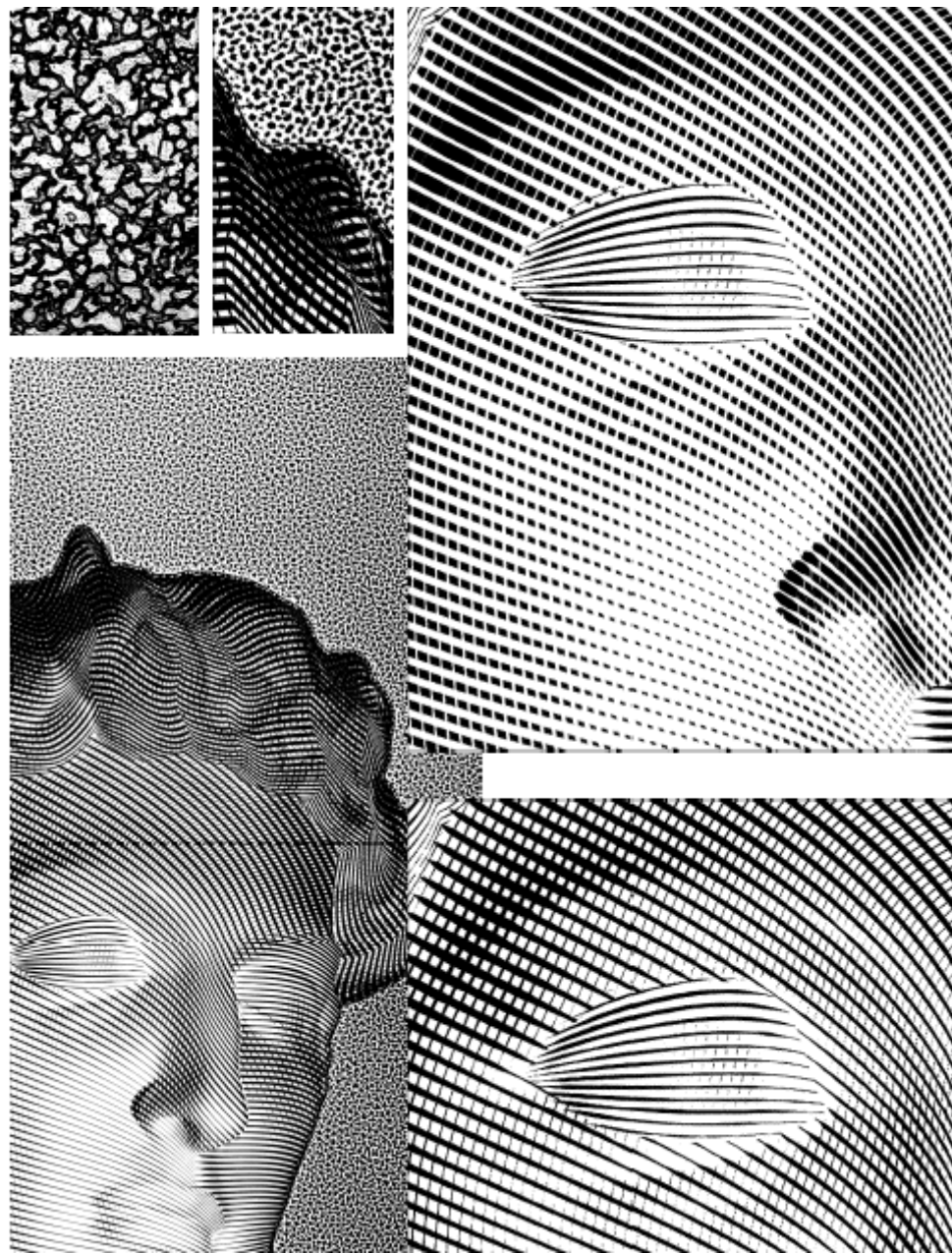
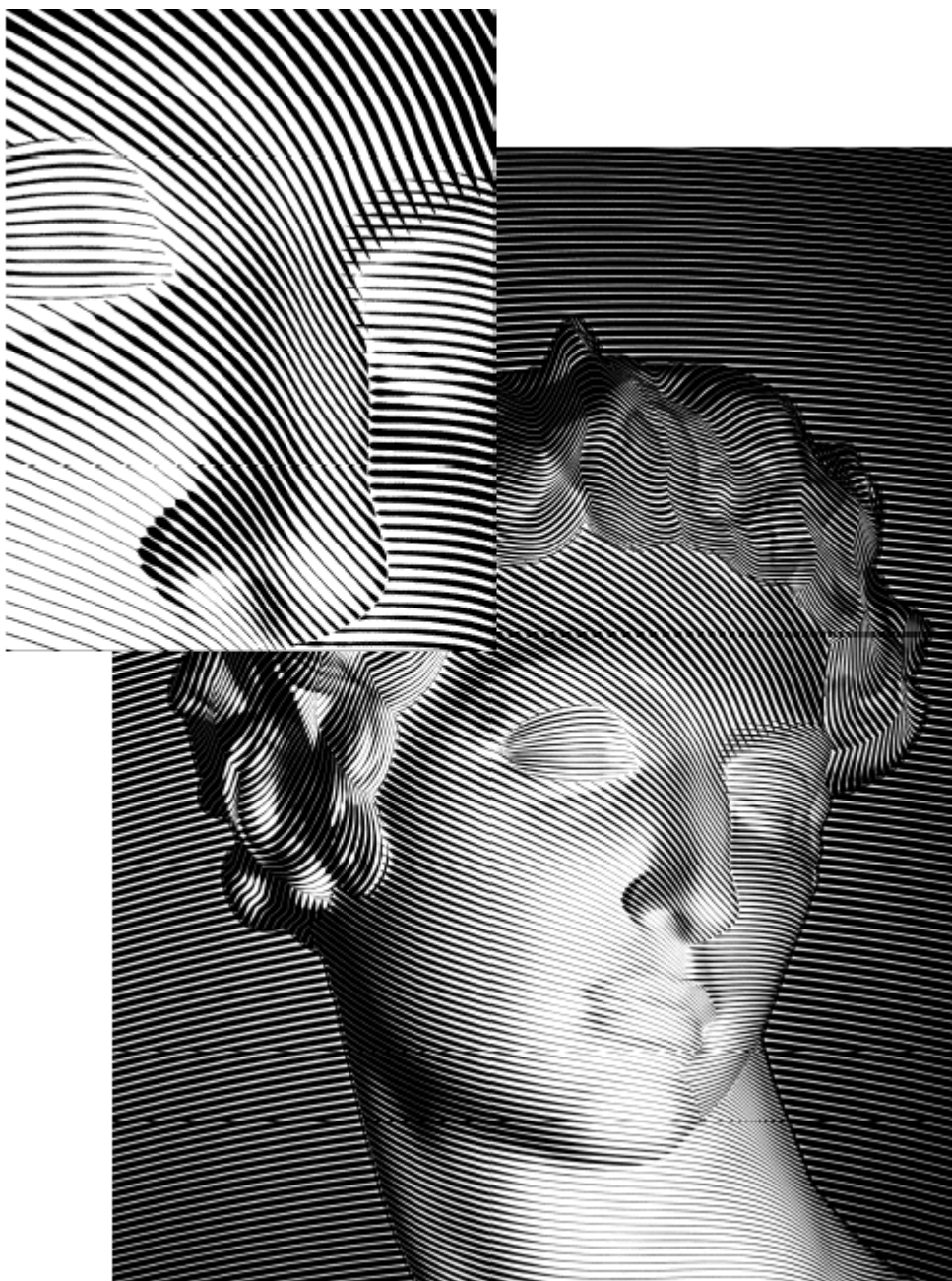
L1 bigger L2

L1 multiply L2

(L1 scaled 1/2) add (L2 scaled 1/2)

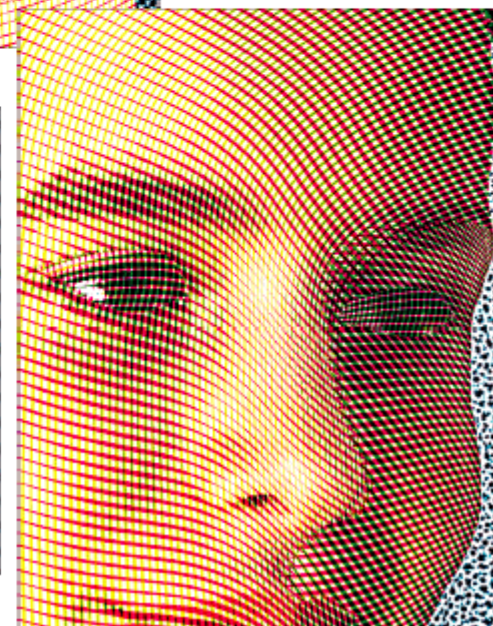
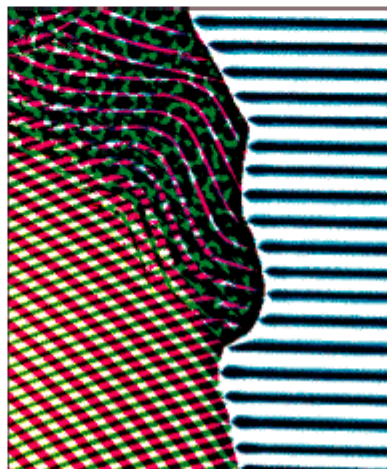
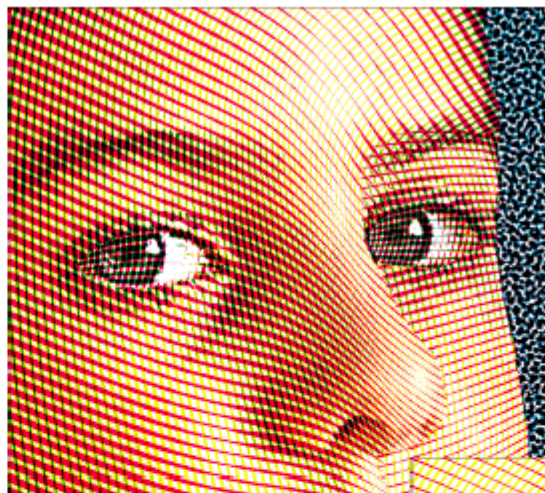
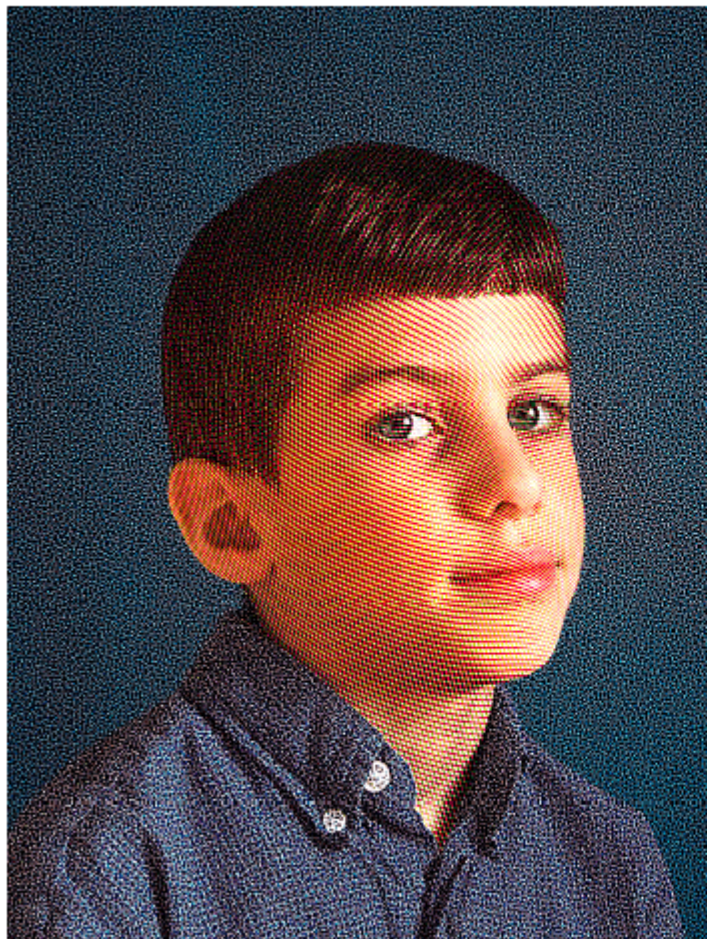
L1 smaller (L2 raised 3/16)

Výsledný obraz lze vylepšit příčnými vrypy, technikou mezzotinty apod.



Dalších efektů lze dosáhnout barvením:

Barevná digitální rytina



Vícebarevné dekorativní tisky

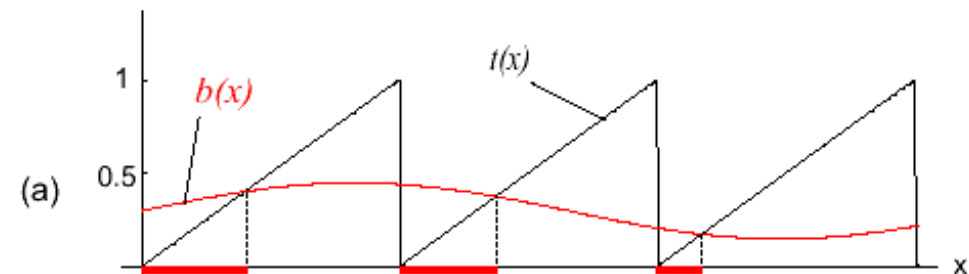
(V. Ostromoukhov, R. D. Hersch: Multi-Color Artistic Dithering)

Efekt rozptylování barev elementárních motivů

Účelem rozptylování barev je náhrada intenzity plochou (prahování):

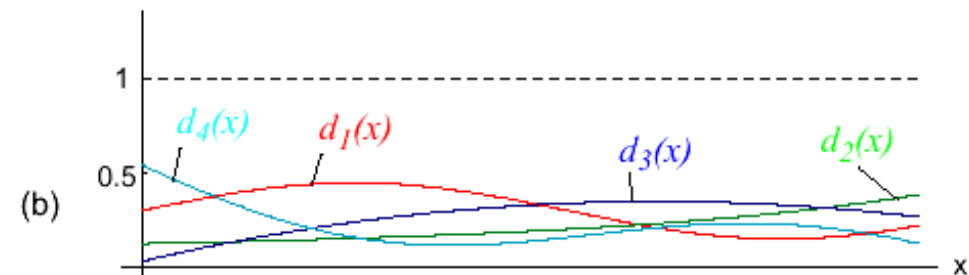
a) jednobarevné rozptýlení

př. b je plocha červené
($b-1$) je plocha bílé
 t je prahová funkce



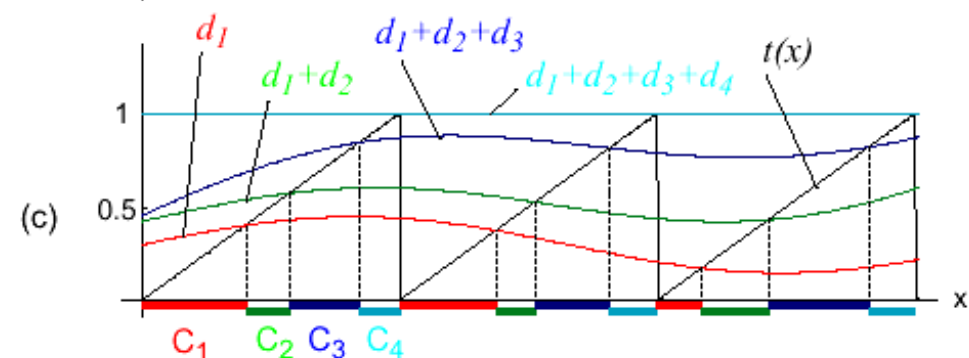
b) intenzity barev ve vícebarevném obrazu

c) vícebarevné rozptýlení pomocí čtyř základních barev

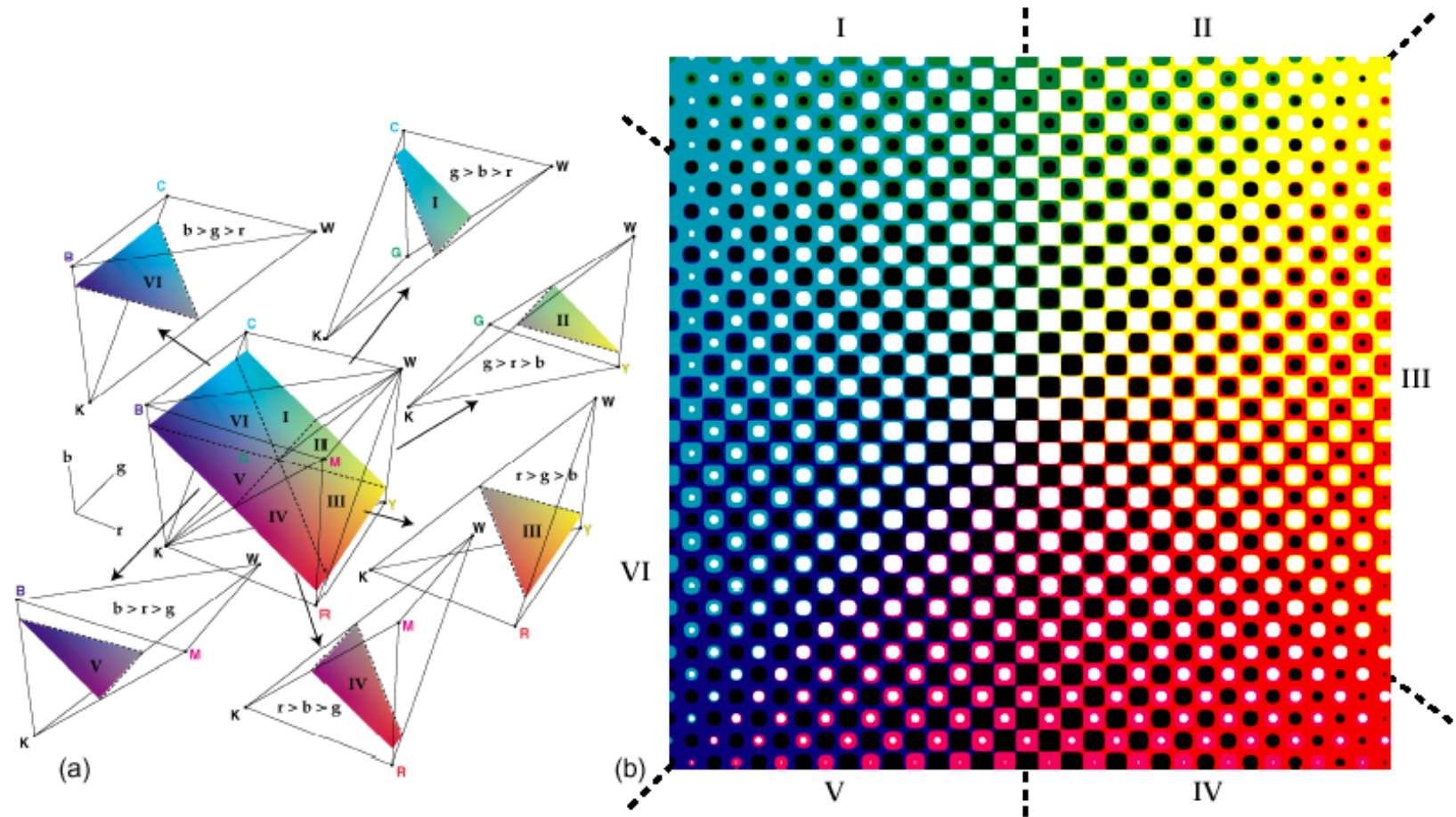


Bude-li čtvrtá barva bílá, můžeme výhodně využít baricentrický zápis.

Barva v 3D prostoru bude vyjádřena čtyřmi složkami.



Separace barev pomocí čtyřstěnu

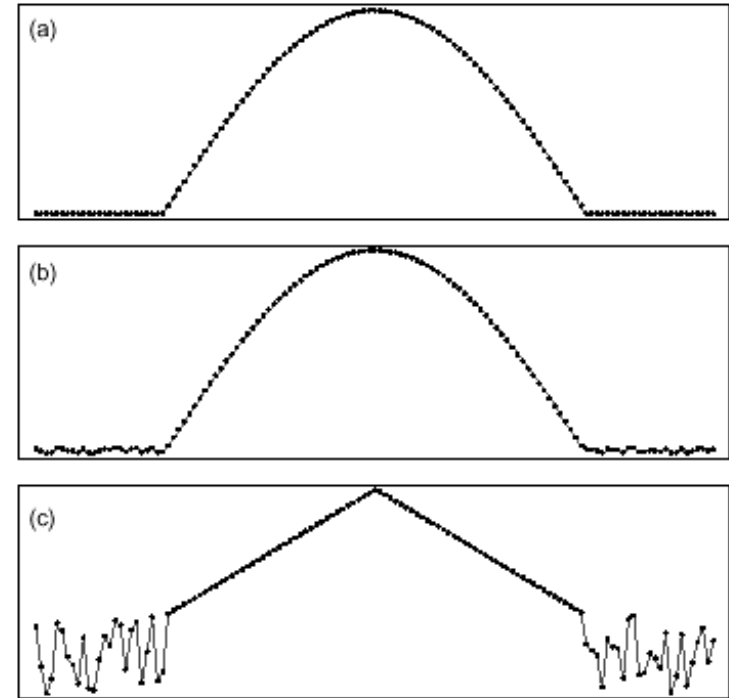


Významný efekt: Barvy leží vedle sebe, nepřekrývají se! Dílčí rastry netřeba natáčet.

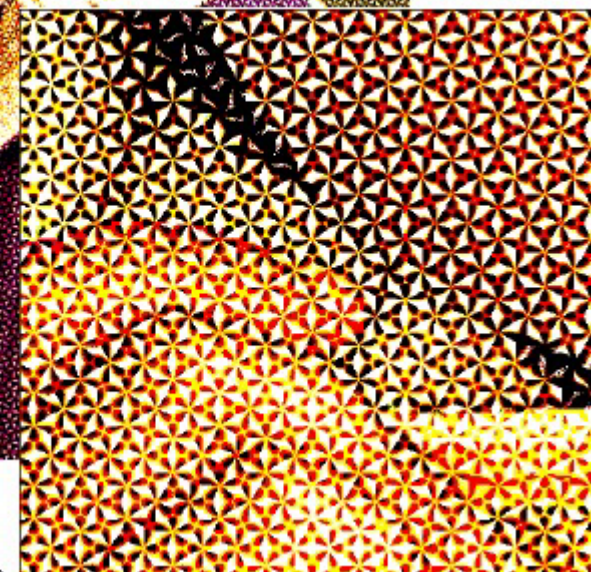
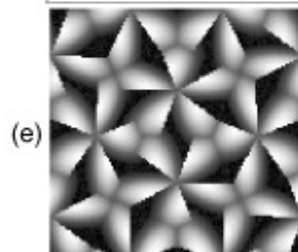
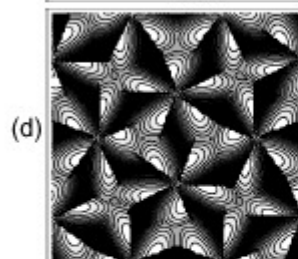
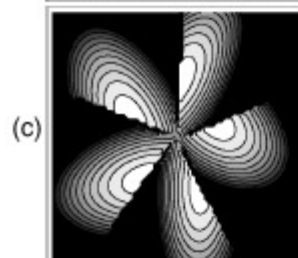
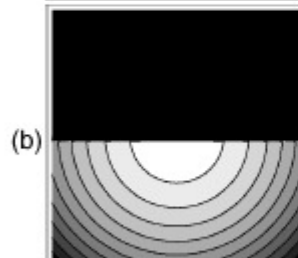
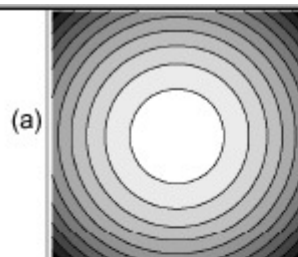
Výtvarného efektu dosáhneme náhradou „čtvercového“ pixelu elementárním motivem.

Problém velké lokální plochy, která způsobuje ztrátu kontrastu řešíme kombinací spojitě a náhodně prahové funkce (normalizovaná prahová funkce - obr. c).

Pro velké motivy je třeba rozptylovací matice „vyvažovat“ (nechtěné moire).



**Postup tvorby
motivu a jeho
aplikace:**



**Užití:
Design,
bezpečnostní
tisky ap.**

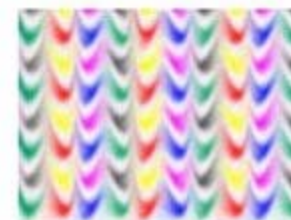
Řady zajímavých efektů lze dosáhnout vhodnou kombinací funkcí „standardních“ programů.

Př.

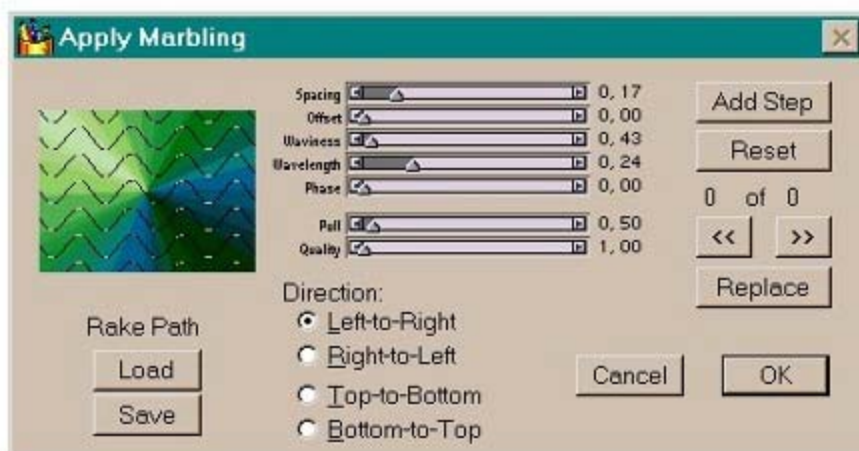
Interaktivní techniky zpracování rastrového obrazu

př. mramorování

The nudge tool (⌘↔)



speciální doplňky



Typický efekt mramorování:

