

Počítačová grafika

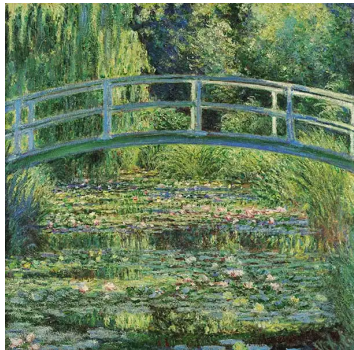
Rozptylování

Eduard Bartl



KATEDRA INFORMATIKY
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

- základní technika odstranění kvantizační chyby: **rozptylování** (dithering)
- princip: lidské oko vytvoří z několika blízkých bodů jediný bod, jehož barva bude dána aditivním složením barev původních bodů
- rozptylování využívá i audio a video technika
- stejného efektu používá impresionismus



Metody rozptylování

- prahové rozptylování
 - náhodné rozptylování
 - maticové rozptylování
 - distribuce kvantizační chyby
-
- první 3 metody rozptylování ukážeme na příkladu převedení šedotónového obrazu na černobílý (paleta má pouze dvě barvy)
 - značení:

i_{in} ... vstupní hodnota intenzity (stupeň šedi) daného pixelu, $i_{in} \in \{0, \dots, i_{max}\}$, kde

$$i_{max} = 2^k - 1$$

k je barevná hloubka

i_{out} ... výstupní hodnota intenzity (černá, bílá) pixelu, $i_{out} \in \{0, 1\}$

- nejjednodušší metoda
- barva každého pixelu je porovnána s předem danou hodnotou – prahem i_t :

$$i_{out} = \begin{cases} 0 & \text{jestliže } i_{in} \leq i_t \\ 1 & \text{jinak} \end{cases}$$

- významná ztráta informace, vznik artefaktů

- problémem je správné nastavení prahu



Obrázek: Miles Davis, $i_t = 128$

- problémem je správné nastavení prahu



Obrázek: Miles Davis, $i_t = 160$

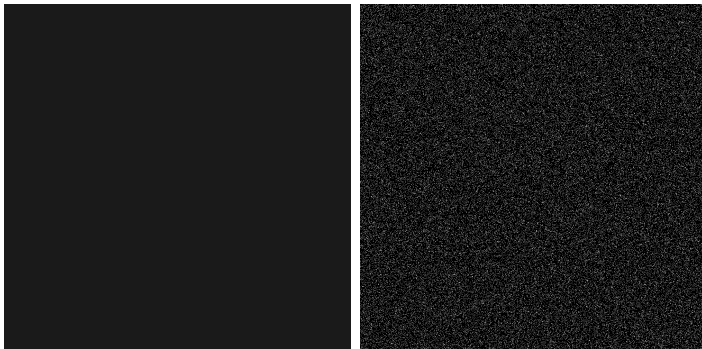
- intenzita každého pixelu je porovnána s náhodně vygenerovanou hodnotou:

$$i_{out} = \begin{cases} 0 & \text{jestliže } i_{in} \leq \text{random}(0, i_{max}) \\ 1 & \text{jinak} \end{cases}$$

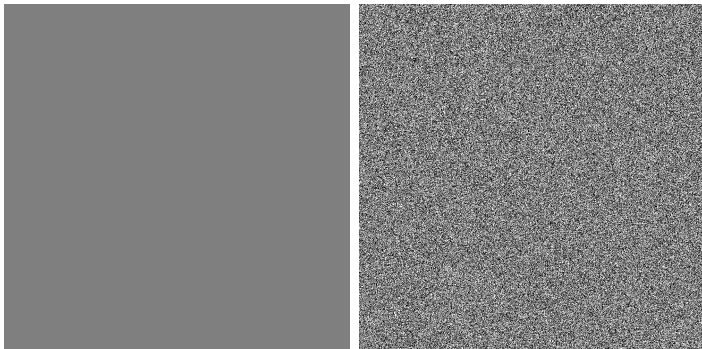
- $\text{random}(0, i_{max})$ generuje s rovnoměrným rozložením náhodná čísla z množiny $\{0, \dots, i_{max}\}$
- př.:
 - 1 uvažujme jednobarevnou plochu s odstínem šedi $\frac{1}{10} i_{max}$; jaký bude v průměru po provedení rozptylování podíl bílých a černých pixelů?
 - 2 uvažujme jednobarevnou plochu s odstínem šedi $\frac{9}{10} i_{max}$; jaký bude v průměru po provedení rozptylování podíl bílých a černých pixelů?



- jednobarevná plocha s odstínem šedi $\frac{1}{10}i_{max}$ bude vyplněna náhodně rozmístěnými body, poměr bílých ku černým pixelům bude $\frac{1}{10}$



- jednobarevná plocha s odstínem šedi $\frac{9}{10}i_{max}$ bude vyplněna náhodně rozmístěnými body, poměr bílých ku černým pixelům bude $\frac{9}{10}$



- výhoda: nevznikají artefakty
- nevýhoda: v šumu zanikají detaily, obraz vypadá jako fotografie s velkým zrněním, obraz působí světlejším dojmem

- výsledek je ovlivněn nastavením seedu v generátoru pseudonáhodných čísel



Obrázek: Miles Davis

- výsledek je ovlivněn nastavením seedu v generátoru pseudonáhodných čísel



Obrázek: Miles Davis

- výsledek je ovlivněn nastavením seedu v generátoru pseudonáhodných čísel



Obrázek: Miles Davis

Maticové rozptylování

- jeden vstupní pixel je nahrazen rozptylovací maticí pixelů
- dojde ke zvětšení obrazu
- ilustrační příklad pro $i_{in} \in \{0, 1, \dots, 4\}$:

$$\begin{array}{ccccc} i_{in} = 0 & i_{in} = 1 & i_{in} = 2 & i_{in} = 3 & i_{in} = 4 \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \end{array}$$

- následující matice vzniká z předchozí přidáním jedné jedničky
- zkrácený zápis rozptylovací matice:

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 3 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$$

- pro dané i_{in} vytvoříme matici s jedničkami na pozicích $\langle i, j \rangle$, pro které $i_{in} > m_{ij}$

Maticové rozptylování (polotónování)

- jiný příklad pro vstupní obraz s 4bitovou barevnou hloubkou

$$M_d = \begin{pmatrix} 0 & 12 & 3 & 15 \\ 8 & 4 & 11 & 7 \\ 2 & 14 & 1 & 13 \\ 10 & 6 & 9 & 5 \end{pmatrix}$$

$$M_p = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 9 & 2 \\ 8 & 12 & 13 & 6 \\ 4 & 15 & 14 & 10 \\ 0 & 11 & 7 & 3 \end{pmatrix}$$

- použití M_d : displeje, efekt šrafování
- použití M_p : tiskárny, efekt puntíkování; výrobci tiskáren udržují rozptylovací matice v tajnosti

Maticové rozptylování

- rozptylovací matice řádu $n = 2^k$, $k \in \mathbb{N}$, se definuje rekurzivně:

$$M_{(n)} = (0) \text{ pro } n = 1$$

$$M_{(n)} = \begin{pmatrix} 4M_{(n/2)} & 4M_{(n/2)} + 3J_{(n/2)} \\ 4M_{(n/2)} + 2J_{(n/2)} & 4M_{(n/2)} + J_{(n/2)} \end{pmatrix} \text{ pro } n > 1,$$

kde $J_{(n)}$ je matice řádu n obsahující pouze jedničky

Maticové rozptylování

- rozptylování pomocí matice $M_{(n)}$ zvětšuje výstupní obraz (oba rozměry n krát)
- existuje varianta metody, která obraz nezvětšuje
- z rozptylovací matice se použije pouze jeden prvek v závislosti na souřadnicích zpracovávaného pixelu
- pro pixel o souřadnicích $[x, y]$ a s hodnotou intenzity i_{in} platí:

$$i_{out} = \begin{cases} 1 & \text{jestliže } i_{in} > M_{(n)}(x \bmod n, y \bmod n) \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

- vytvořte program, který realizuje maticové rozptylování šedotónového obrázku s hloubkou 8bpp
- uvažujte variantu, která zvětšuje vstupní obrázek
- použijte rozptylovací matici 16×16 zadanou rekurzivním vztahem uvedeným výše
- všimněte si, že taková matice však vyžaduje $16 \cdot 16 + 1 = 257$ vstupních intenzit; tento nesoulad s celkovým počtem intenzit $2^8 = 256$ je nutné nějak vyřešit