Morfológia a spracovanie obrazu

Morfológia, ako časť počítačovej grafiky sa používa na geometrickú analýzu obrazu v bitovej mape a na úpravu tohoto obrazu. Ak je napríklad obraz zosnímaný skenerom, je ho vhodné pred ďalším spracovaním (napr. vyhľadaním obrysu) upraviť tak, aby sa odstránili chyby, ktoré vznikli pri skenovaní, a ktoré môžu neželane zmeniť geometrickú podstatu napríklad obrysu. Hovoríme hlavne o pixloch v okolí množiny, ktoré sú zosnímané navyše, prípadne o chýbajúcich dôležitých pixloch množiny.

Základné morfologické operácie

Na definíciu operácií v bitovej mape, použijeme špeciálnu testovaciu množinu, takzvaný štrukturálny prvok. Je to ľuboľná množina pixlov umiestnená v súradnom systéme bitovej mapy, aby bolo možné určiť súradnice každého jej prvku. Najčastejšie sú používane množiny s malým počtom prvkov.

Pre danú množinu X a pre každý pixel štrukturálneho prvku ($b \in B$) definujeme transformovanú množinu $X_b = \{y; y = x + b, x \in X\}$.

Operácia dilatácie je definovaná nasledovne:

$X \oplus B = \cup X_b$

a operácia erózie zase takto:

$X \ominus B = \cap X_b$

Voľne povedané, dilatácia dané objekty, množiny zväčšuje a zapĺňa malé diery a úzke zálivy v nich. Erózia naopak objekty zmenšuje a trhá úzke mosty.

Vlastnosti uvedených morfologických transformácií:

$$\begin{array}{ll}
X \oplus B = B \oplus X & X \ominus B \neq B \ominus X \\
X \oplus (Y \oplus Z) = (X \oplus Y) \oplus Z & X \ominus (Y \ominus Z) = (X \ominus Y) \ominus Z \\
X_t \oplus B = (X \oplus B)_t & X_t \ominus B = (X \ominus B)_t \\
X \subseteq Y \Rightarrow X \oplus B \subseteq Y \oplus B & X \subseteq Y \Rightarrow X \ominus B \subseteq Y \ominus B \\
X^c \oplus B = (X \ominus B)^c & X \oplus B = (X^c \ominus B)^c \\
0 \in B \Rightarrow X \ominus B \subseteq X \subseteq X \oplus B &
\end{array}$$

Symbol X_t označuje obraz množiny X v posunutí, X^c onzačuje doplnok množiny X.

Za povšimnutie stojí, že $(X \oplus B) \ominus B \neq (X \ominus B) \oplus B$. To spolu s dôvodom, že erózia celkovo množinu výrazne zmenší a dilatácia zase výrazne zväčší je motiváciou na zavedenie ďalších morfologických operácií.

Otvorenie $X \circ B = (X \ominus B) \oplus B$ rozdelí časti množiny X spojené úzkou líniou, zachová však celkovú veľkosť množiny.

Uzatvorenie $X \bullet B = (X \oplus B) \ominus B$ vyplní malé diery v množine X, rovnako ale zachová celkovú veľkosť množiny.

Ďalšie dôležité vlastnosti:

$$\begin{array}{ll}
X \circ B_t = X \circ B & X \bullet B_t = X \bullet B \\
X \subseteq Y \Rightarrow X \circ B \subseteq Y \circ B & X \subseteq Y \Rightarrow X \bullet B \subseteq Y \bullet B \\
X \circ B \subseteq X & X \subseteq X \bullet B \\
(X \circ B) \circ B = X \circ B & (X \bullet B) \bullet B = X \bullet B
\end{array}$$

Digitalizácia

V počítačovej grafike je výstup v konečnom dôsledku vždy nakoniec funkcia definovaná na diskétnej množine (bitová mapa) s dikrétnym oborom hodnôt (napr. index farby). Pri zobrazovaní spojitých funkcií je nutné teda vykonať prechod zo spojitých množín do množín diskrétnych. Tomuto prechodu hovoríme *digitalizácia*. Digitazácia v obore hodnôt sa nazýva *kvantovanie* a v definičnom obore *vzorkovanie*.

Kvantovanie

Princípom kvantovania je rozdelenie oboru hodnôt, ktorým je väčšinou interval reálnych čísel na podintervaly a každému z nich je priradená jedna hodnota. Podľa toho na aké intervaly sa obor hodnôt delí, hovoríme o kvantovaní uniformnom (rovnako veľké intervaly) a neuniformnom. Za zástupnu hodnotu sa väčšinou volí priemerná, stredná hodnota z intervalu.

Vzorkovanie (Sampling)

V počítačovej grafike je oborom hodnôt väčšínou plocha, dvojrozmerný interval. Pri vzorkovaní je nutné pre časť oblasti (zodpovedajúcej jednému pixlu) zvoliť bod (prípadne body, ale konečný počet), v ktorých budeme zisťovať hodnoty funkcie. Ak je hodnota získavaná z jedného bodu hovoríme o *point samplingu*, ak by sme zisťovali hodnoty pre celú plochu išlo by o *area sampling*, ten je však numericky náročný, preto je prakticky používaný *super sampling*. V danej plôške sa zvolí niekoľko bodov alebo náhodne, alebo v pravidelnej mriežke.

Fourierova transformácia

Spracovanie obrazu ako súčasť počítačovej grafky je disciplína, kotá sa zaoberá prioritne odstraňovaním šumu, zvýrazňovaním štruktúr, zlepšovaním obrazu. Podobne ako v teórii signálov je výhodné transformovať funkciu z oblasti časovej do oblasti frekvenčnej. Keďže v grafike pracujeme najčastejšie s funkciami dvoch premnených, pojem časová obasť možno nieje najvhodnejší. Dovolíme si však na to nehľadieť a väčšina našich poznámok v tejto kapitole sa bude týkať jednorozmerného prípadu.

Fourierovým obrazom jednorozmernej funkcie $f(x)$ definovanej na spojitom definičnom obore, budeme rozumieť komplexnú funkciu $F(u)$. Vzťahom $F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-i2\pi ux}dx$ je definovaná *dopredná Fourierova transformácia.*

Spätná Fourierova transformácia je definovaná $f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u)e^{i2\pi ux}du$.

Forierova transformácia je dekompozíciou pôvodnej funkcie na súčet, zloženie sínusových funkcií, rôzne fázovo posunutých, s rôznou amplitúdou.

Amplitúdu spektra môžeme vypočítať takto: $|F(u)| = \sqrt{Re^2(u) + Im^2(u)}$.

Fázové spektrum: $\varphi(u) = \arctan(\frac{Re(u)}{Im(u)})$

Ak amplitúdové spektrum je konečné, funkciu nazývame *frekvenčne obmedzená funkcia.* Platí: $\exists f_{max} : u > f_{max} \Rightarrow |F(u)| = 0$.

V spracovaní obrazu je dôležitá *Shanonova vzorkovacia veta*:

Signál spojitý v čase je úplne určený postupnosťou vzorkov odoberaných v rovnakých intervaloch $\triangle x$ vtedy, ak ich frekvencia $f_s = \frac{1}{\triangle x}$ je väčšia ako dvojnásobok najvyššej frekvencie v signále $f_s > 2f_{max}$.

Konvolúcia

Ďalším významým pojmov je *konvolúcia*. Konvolúcia dvoch funkcií $f(x)$ a $g(x)$ (označ. $f(x)*g(x)$)je definovaná pomocou integrálu: $f(x)*g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha)g(x-\alpha)d\alpha$.

Geometrické transformácie diskrétneho obrazu

Pri práci s diskrétnym obrazom sa objavujú ťažkosti pri niektorých geometrických transformáciách. Ako príklad môžme uviesť otočenie o uhol iný ako sú násobky pravého uhla, ale aj napríklad jednoduché škálovanie. Pri škálovaní množiny, ktorej body majú súradnice napríklad $[0,0], [1,0], [0,1], [1,1]$, v smere x, aj v smere y s koeficientami napr. 3, chceme ako výsledok všetky body ležiace vnútri štvorca s vrcholmi $[0,0], [3,0], [0,3], [3,3]$ a nie len práve tieto štyri body.

Metóda, ktorú je možné použiť, aby sme sa takémuto problému vyhli, sa nazýva spätné mapovanie. Preskúmame jednotlivé body priestoru obrazu a pomocou inverznej transformácie (v našom prípade škálovanie s koeficientami $1/3$ zistíme, ktorý bod vzoru sa zobrazí na skúmaný bod obrazu.

Iné metódy môžu byť založené na prevzorkovaní vzoru, vytvorení aspoň približného spojitého vzoru, aplikácii transformácie na tento spojitý prípad a naslednom vzorkovaní do priestoru obrazu.

Použitá literatúra

1. Ružický, E. - Ferko, A. 1995. Počítačová grafika a spracovanie obrazu. 1995. ISBN 80-967180-2-9. Bratislava: SAPIENTIA 1995.

2. Žára, J. a kol. 1998. Moderní počítačová grafika. ISBN 80-7226-049-9. Computer Press 1998

3. Juraj Štugel, www.pg.miesto.sk