

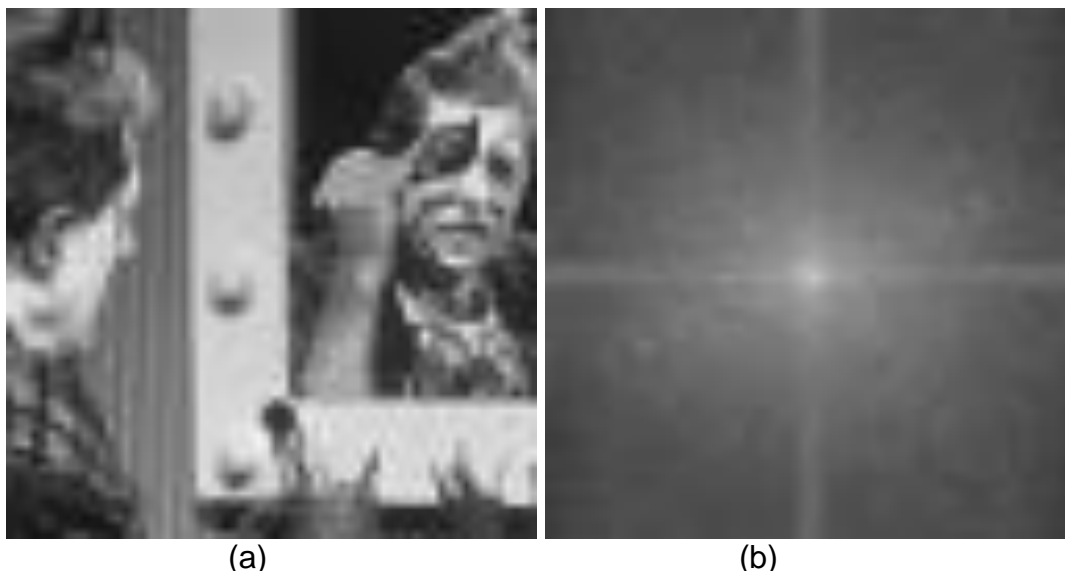
3. Obraz ako 2D signál

Na počítačové spracovanie musíme analógový obraz najskôr upraviť. Spojitú obrazovú funkciu $f(x, y)$ treba

digitalizovať v priestore a v hodnote.

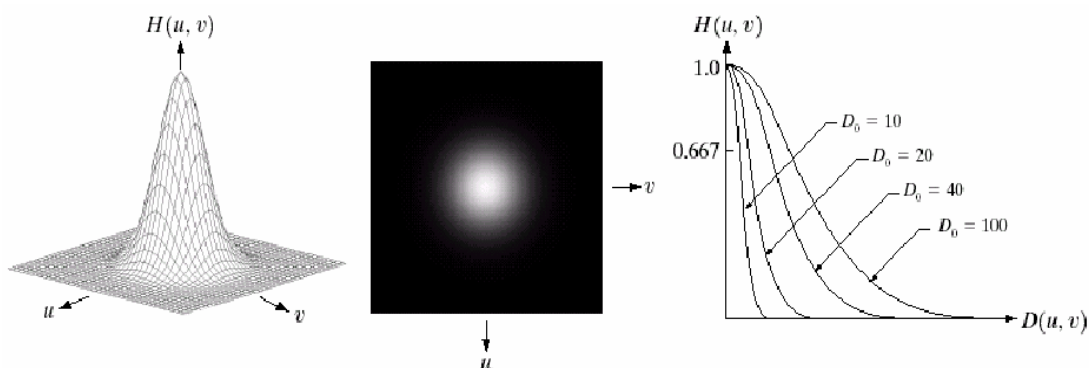
Digitalizácia $f(x, y)$ zahŕňa tri základné operácie:

1. **filtrovanie** – ohraničenie frekvenčného spektra obrazového signálu,
2. **vzorkovanie** – digitalizácia priestorových súradníc (x, y) a
3. **kvantizácia** – digitalizácia amplitúdy funkcie $f(x, y)$.



Obr. 3.1 Monochromatický obraz (a), spektrum (Diskrétne Fourierova transformácia) (b)

Na ohraničenie frekvenčného spektra použijeme dolno-priepustný filter (tzv. dohľadací filter), napr. Gaussov filter, ako ilustruje Obr. 3.2. Takto získame **filtrovaný obraz**.

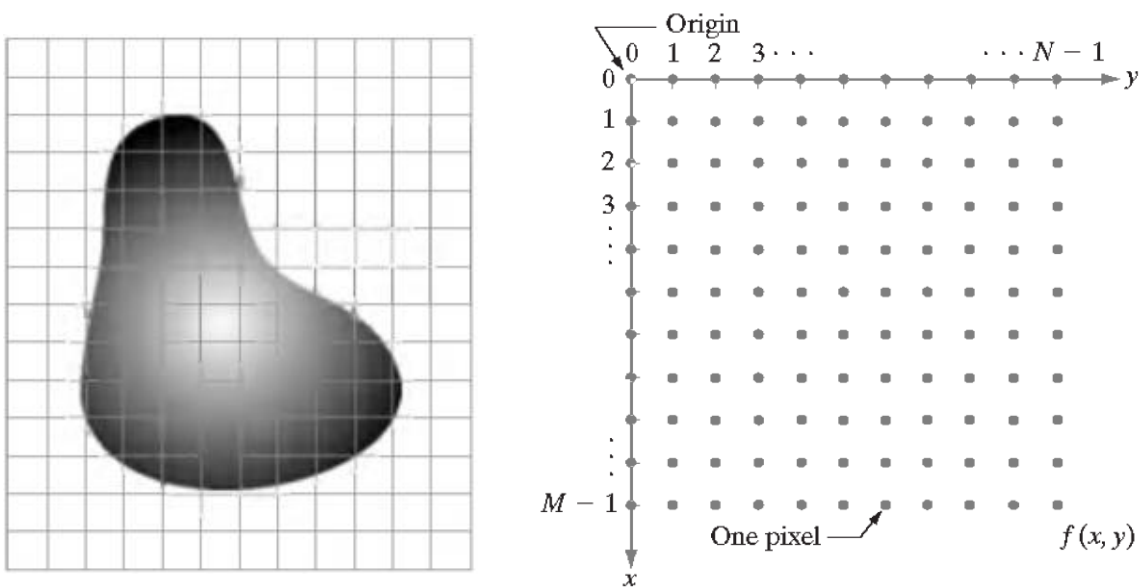


Obr. 3.2 Dolno-priepustný Gaussov filter, vpravo prierez funkciou pre rôzne šírky pásma prepúšťania

Keď máme ohraničené frekvenčné spektrum, môžeme obrazový signál $f(x, y)$ **vzorkovať**. Pritom musí byť splnená Shannonova vzorkovacia teoréma, ktorá hovorí, že vzorkovacia frekvencia signálu musí byť väčšia, ako dvojnásobok najvyššej frekvencie obsiahnutej v signáli. Dôsledok nesprávneho vzorkovania, t.j. nedodržania podmienky vzorkovania, ilustrujú Obr. 3.6 a 3.7.

Funkciu vzorkujeme tak, že ju vlastne **aproximujeme diskretnými vzorkami** ekvidištane rozloženými v rovine (Obr. 3.3) tak, že tvoria pole veľkosti $N \times M$:

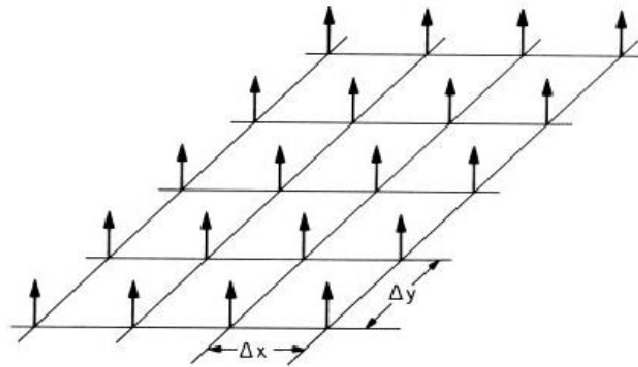
$$f(x, y) \approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, M-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1, M-1) \end{bmatrix} \quad (3.1)$$



Obr. 3.3 Vzorkovanie signálu - **aproximácia diskretnými vzorkami** rovnomerne rozloženými v rovine

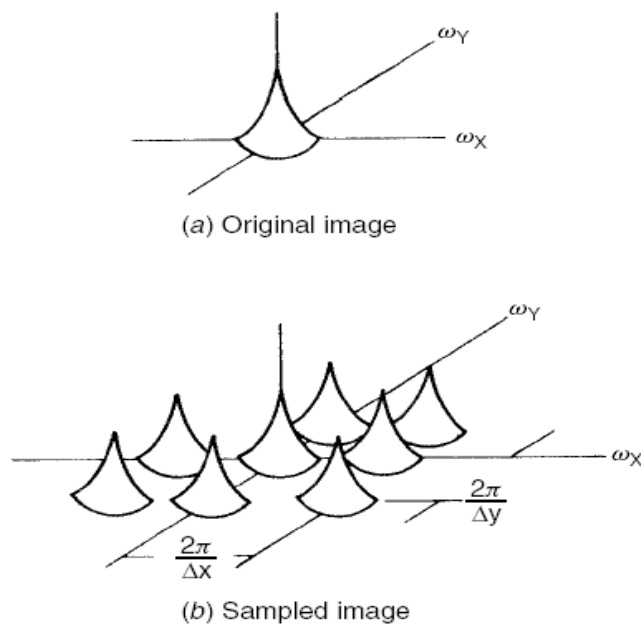
Vzorkovanie spojitého obrazového signálu môžeme interpretovať ako jeho násobenie posunutými Dirackovými impulzmi v bodoch vzorkovania. Delta funkcia posunutých Dirackových impulzov (3.2) je znázornená na Obr.3.4.

$$S(x, y) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(x-j \Delta x, y-k \Delta y) \quad (3.2)$$



Obr. 3.4 Delta funkcia posunutých Dirackových impulzov, [Lim90]

Treba si uvedomiť, že násobenie signálov v priestore (t.j. násobenie obrazového 2D signálu Delta funkciou posunutých Dirackových impulzov) zodpovedá operácii konvolúcie ich spektier vo frekvenčnej oblasti (t.j. konvolúcii Fourierovho spektra obrazu s Fourierovým spektrom Delta funkcie). Ak si predstavíme, že spektrum obrazu (ohraničené DP filtrom) vyzerá, ako na Obr. 3.5 (a), potom na Obr. 3.5 (b) je zobrazený výsledok konvolúcie s Delta funkciou posunutých Dirackových impulzov.

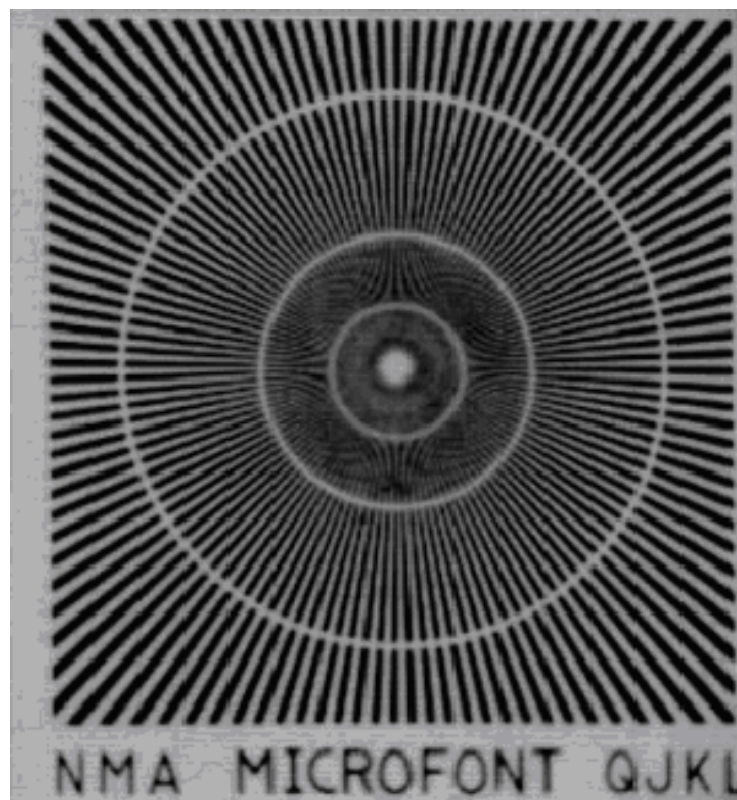


Obr. 3.5 Konvolúcia Fourierovho spektra obrazu s Fourierovým spektrom Delta funkcie, [Lim90]

Ak Δx a Δy - periódy vzorkovania v smere osi x a v smere osi y (viď Obr. 3.4) - zvolíme príliš veľké (t.j. vzorkovacie frekvencie zvolíme príliš nízke -menšie, než dvojnásobok maximálnej frekvencie spektra), dochádza k prekryvaniu spektier! Hovoríme



originál



Obr. 3.6 Aliasing – skreslenie jemných čiar v blízkosti stredu kruhu



(a) originál



(b) podzvorkovaný obraz



(c) potlačenie aliasingu

Obr. 3.7 Aliasing – skreslenie vplyvom podvzorkovania: (a) originál, (b) podvzorkovaný obraz, (c) potlačenie aliasingu dolno-priepustnou filtráciou.

o podvzorkovaní signálu. V takom prípade nedokážeme jednoznačne ohraničiť pôvodné spektrum signálu a dochádza k nesprávnej interpretácii vysokofrekvenčných zložiek. Prekrývanie spektier je príčinou tzv. aliasingu – skreslenia signálu v oblasti vysokých frekvencií v dôsledku nesprávneho vzorkovania (Obr. 3.6, 3.7). Ak už k aliasingu došlo, môžeme sa pokúsiť jeho vplyv potlačiť, napr. dolno-priepustnou filtráciou. Aliasing síce neodstránime, ale dolno-priepustným filtrom obraz do určitej miery rozmazáme a skreslenie vo vysokofrekvenčnej oblasti tým pre pozorovateľa potlačíme.

Tretím krokom v digitalizácii analógového signálu je **kvantizácia**. Spojitý signál vzorkujeme z dôvodu prenosu, uloženia alebo spracovania konečného počtu vzoriek, ktoré sú reprezentované konečným počtom čísel (kvantovacích úrovní).

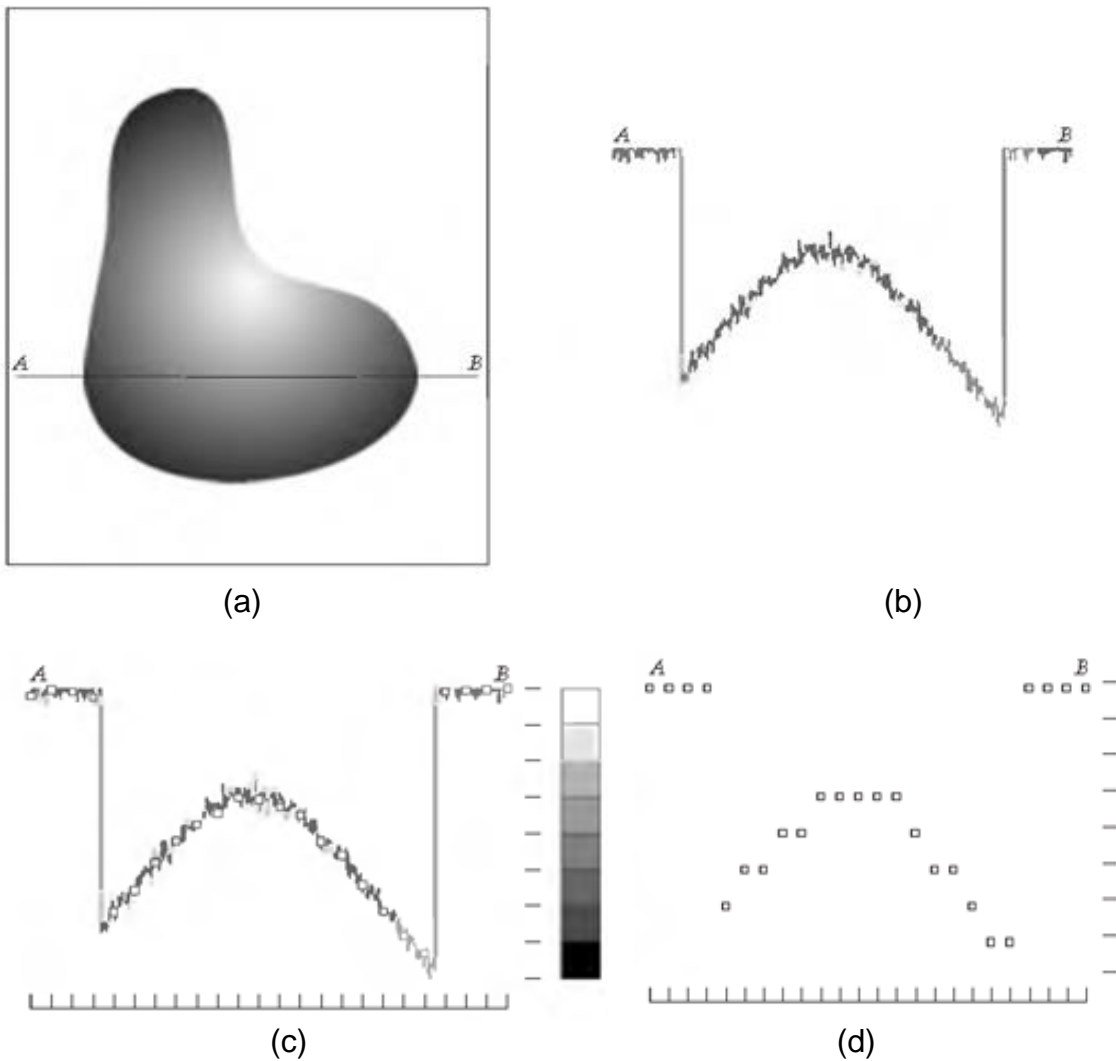
Ak použijeme menej kvantovacích úrovní, prenos signálu bude rýchlejší, objem dát bude menší.

Voľba kvantizačných hodnôt je veľmi dôležitá a má byť presná. Ak použijeme príliš málo hodnôt, nenávratne stratíme časť informácie originálneho signálu.

Máme 2 protichodné požiadavky:

Minimalizácia počtu hodnôt (určujú počet kvantizačných úrovní) uľahčuje prenos a uloženie signálu.

Zvyšovanie počtu hodnôt umožňuje presnejšie zachovanie informácie, t.j. menšiu „chybu kvantizácie“.



Obr. 3.8 Kvantovanie hodnôt jasu v jednom riadku obrazu -z bodu A d obodu B – ilustračný obrázok



Lena 256 kvantizačných úrovní



Lena 5 kvantizačných úrovní

Obr. 3.9 Kvantovanie hodnôt jasů obrazu