

# PB130 – Úvod do digitálního zpracování obrazu

## Sada domácích úloh č.2

*Poznámky k vypracování: Za druhou sadu domácích úloh lze získat nejvýše 10 bodů. Není-li uvedeno jinak, vypracované řešení každého příkladu odevzdejte jako samostatný PDF soubor do předpřipravené odevzdávárny "Sada úloh č.2" v ISu nejpozději v pondělí 10. listopadu 2025 v 8:00.*

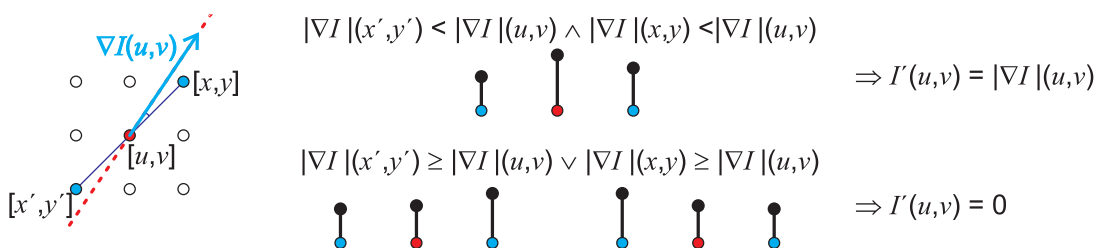
1. Mějme dva obrazy  $A = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 1 & 4 \\ 5 & 2 & 0 & 7 \\ 1 & 9 & 4 & 2 \end{bmatrix}$  a  $B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 3 & 2 \\ 4 & 2 & 3 \end{bmatrix}$ , jejichž počátek souřadného systému (tj. pozice se souřadnicemi  $(0, 0)$ , kde první složka indexuje sloupce obrazu zleva doprava a ta druhá řádky obrazu shora dolů) je označen podtržítkem, a operátor dvourozměrné diskrétní konvoluce ' $\otimes$ ' definovaný následovně:

$$(A \otimes B)(u, v) = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 A(u-i, v-j)B(i, j).$$

Určete jednotlivé hodnoty obrazu  $C = A \otimes B$  na pozicích se souřadnicemi  $\{(u, v) | (u, v) \in \{0, 1, 2, 3\} \times \{0, 1, 2\}\}$  při použití: (a) nulových okrajových podmínek, (b) doplnění nejbližší hodnotou. V obou případech podrobně rozepište výpočet všech čtyř hodnot  $C(u, 1)$ ,  $u \in \{0, 1, 2, 3\}$ , na prostředním řádku obrazu  $C$ . Pro ostatní požadované pozice stačí uvést jen výsledné hodnoty. (3b)

2. Doplněte přiloženou kostru ImageJ pluginu s názvem `My_NonMaximaSuppression` tak, aby nad dvourozměrným 8-bitovým šedotónovým obrazem  $I$  provedl potlačení nemaxim (*non-maxima suppression*) spočívající v následující posloupnosti kroků:

- Výpočet velikosti gradientu aproximovaného pomocí centrálních diferencí (tj. obraz  $|\nabla I|$ );
- Pro každý pixel  $(u, v)$  obrazu  $|\nabla I|$ :
  - Zvolení středově symetrické dvojice pixelů  $(x, y)$  a  $(x', y')$  v okolí pixelu  $(u, v)$  o velikosti  $3 \times 3$ , která má minimální úhlovou vzdálenost od přímky se směrovým vektorem určeným orientací gradientu obrazu  $I$  v pixelu  $(u, v)$ . Je-li takových dvojic více než jedna, upřednostní se ta s úhlově nejvzdálenější spojnici od horizontální osy při měření úhlové vzdálenosti proti směru hodinových ručiček.
  - Nastavení hodnoty výstupního obrazu  $I'(u, v)$  buď na hodnotu  $|\nabla I|(u, v)$ , pokud je  $|\nabla I|(x, y)$  a současně i  $|\nabla I|(x', y')$  ostře menší než  $|\nabla I|(u, v)$ , nebo na hodnotu 0, pokud tato podmínka splněna není.



Všechny výpočty provádějte s numerickou přesností datového typu `float` a pouze v takových pixelech, které mají k dispozici všechny čtyři 4-sousedy. Velikost gradientu v pixelech na okraji obrazu nastavte definitoricky na hodnotu 0. Orientaci gradientu měřte výhradně ve stupních. Běhuschopné a důkladně otestované řešení odevzdejte do výše uvedené odevzdávárny jako samostatný `java` soubor s názvem `My_NonMaximaSuppression.java`. Základní funkcionalitu doplněného pluginu si lze ověřit pomocí předchystaného validačního pluginu v přiloženém souboru `UnitTests_NonMaximaSuppression.java` a přiložených obrázků ve složkách `images` a `refs`.

*Poznámka: Jelikož výpočty probíhají nad reálnými čísly, korektní řešení nemusí nutně procházet všemi předchystanými testy. Možnost výskytu takového řešení je ale výrazně potlačena výše uvedenými požadavky na numerickou přesnost prováděných výpočtů a na způsob měření orientace gradientu.* (4b)

3. Pro dvourozměrný digitální obraz  $I$  spočítejte velikost a orientaci gradientu aproximovaného pomocí centrálních diferencí. Získané velikosti gradientu zaokrouhlete na nejbližší celá čísla. Orientace gradientu vyčíslete ve stupních (nikoliv v radiánech) s přihlédnutím ke všem čtyřem možným kvadrantům, tj. v rozmezí  $(-180; +180)$ , a rovněž zaokrouhlete na nejbližší celá čísla. Předpokládejte, že orientace gradientu je nulová doprava podél osy  $x$ , kladná po směru hodinových ručiček a záporná proti směru hodinových ručiček. Orientaci gradientu nulové velikosti nastavte definatoricky na hodnotu 0. Výpočty provádějte pouze v tučně zvýrazněných čtvercových oblastech.

2	2	2	2	2	2
2	4	4	4	4	2
2	4	4	6	4	2
2	4	6	6	6	2
2	2	6	6	6	2
2	2	2	2	2	2

Vstupní obraz  $I$


Velikost gradientu


Orientace gradientu

(3b)