

Vaja 7: Prostorsko filtriranje slik

Pripravili: Luka Škrlić, Gašper Podobnik & Tomaž Vrtovec

Navodila

Naslednje naloge se opravi med laboratorijsko vajo.

Prostorsko filtriranje slike $f(x, y)$ je definirano kot lokalna preslikava \mathcal{T} sivinskih vrednosti vhodne oz. originalne slike, na podlagi katere dobimo izhodno oz. filtrirano sliko $g(x, y) = \mathcal{T}(f(x, y))$. Med najbolj običajne vrste prostorskega filtriranja sodijo *filtriranje z jedrom*, *statistično filtriranje* in *morfološko filtriranje*.

1. Dana je dvodimenzionalna (2D) sivinska slika `cameraman-256x256-08bit.raw` velikosti $X \times Y = 256 \times 256$ slikovnih elementov, ki je zapisana v obliki surovih podatkov (RAW) z 8 biti na slikovni element.

Naložite in prikažite dano sliko.

2. Napišite funkcijo za prostorsko filtriranje 2D slike:

```
def spatialFiltering(iType, iImage, iFilter, iStatFunc=None,
                    iMorphOp=None):
    # ...
    return oImage
```

kjer vhodni argument `iType` predstavlja vrsto filtriranja (`'kernel'` za filtriranje z jedrom, `'statistical'` za statistično filtriranje in `'morphological'` za morfološko filtriranje), `iImage` vhodno sliko, preostale vhodne argumente glede na vrsto filtriranja, in sicer:

- za *filtriranje z jedrom*: jedro filtra (ang. kernel) `iFilter` v obliki matrike velikosti $N \times M$ ($N = 2n + 1$; $M = 2m + 1$; $n, m \in \mathbb{N}$), ki vsebuje koeficiente filtra $w(i, j)$, pri čemer ima središčni koeficient koordinate $(i, j) = (0, 0)$, npr. za $N \times M = 3 \times 3$:

	Uteženo povprečenje			Gaussovo povprečenje			Sobelov operator za x smer			Sobelov operator za y smer			Laplaceov operator		
$\frac{1}{16} \times$	1	2	1	0,01	0,08	0,01	-1	0	1	-1	-2	-1	1	1	1
	2	4	2	0,08	0,64	0,08	-2	0	2	0	0	0	1	-8	1
	1	2	1	0,01	0,08	0,01	-1	0	1	1	2	1	1	1	1
	$(\sigma = 0,5)$														

- za *statistično filtriranje*: poljubna matrika `iFilter` velikosti $N \times M$ ($N = 2n + 1$; $M = 2m + 1$; $n, m \in \mathbb{N}$), ki določa prostorsko domeno filtra, ter Pythonova funkcija `iStatFunc`, ki določa statistično operacijo \mathcal{S} (npr. `np.median` za mediano);
- za *morfološko filtriranje*: matrika `iFilter` velikosti velikosti $N \times M$ ($N = 2n + 1$; $M = 2m + 1$; $n, m \in \mathbb{N}$), ki vsebuje koeficiente $b(i, j) \in \{0, 1\}$, npr.:

$N \times M = 3 \times 3$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$N \times M = 3 \times 1$

1
1
1

$N \times M = 5 \times 5$

0	0	1	0	0
0	1	1	1	0
1	1	1	1	1
0	1	1	1	0
0	0	1	0	0

ter vrsto operacije `iMorphOp` ('`erosion`' za morfološko erozijo, '`dilation`' za morfološko dilacijo).

Izhodni argument `oImage` predstavlja filtrirano sliko $g(x, y)$, ki jo glede na vrsto filtriranja pridobimo kot:

- za *filtriranje z jedrom*: korelacijo jedra filtra $w(i, j)$ in vhodne slike $f(x, y)$:

$$g(x, y) = \sum_{i=-m}^m \sum_{j=-n}^n w(i, j) f(x + i, y + j);$$

- za *statistično filtriranje*: izvedbo statistične operacije \mathcal{S} nad vhodno sliko $f(x, y)$:

$$g(x, y) = \mathcal{S}_{\substack{i=-m\dots m \\ j=-n\dots n}} \left\{ f(x + i, y + j) \right\};$$

- za *morfološko filtriranje*: morfološko erozijo (\ominus) ali dilacijo (\oplus) vhodne slike $f(x, y)$ s strukturnim elementom $b(i, j)$:

$$g(x, y) = (f \ominus b)(x, y) = \min_{\substack{i=-m\dots m \\ j=-n\dots n}} \left\{ b(i, j) \Big|_{b(i, j) \neq 0} f(x + i, y + j) \right\},$$

$$g(x, y) = (f \oplus b)(x, y) = \max_{\substack{i=-m\dots m \\ j=-n\dots n}} \left\{ b(i, j) \Big|_{b(i, j) \neq 0} f(x + i, y + j) \right\}.$$

Filtrirajte dano sliko, pri čemer uporabite naslednje filtre iz navodil:

- za *filtriranje z jedrom*: glajenje s podanim jedrom Sobelovega operatorja za x smer 3×3 ;
- za *statistično filtriranje*: prostorska domena 3×3 ter statistična operacija mediane;
- za *morfološko filtriranje*: erozija s podanim strukturnim elementom velikosti 5×5 .

3. Napišite funkcijo za spreminjanje prostorske domene slike 2D slike:

```
def changeSpatialDomain(iType, iImage, iX, iY, iMode=None, iBgr=0):  
    # ...  
    return oImage
```

kjer vhodni argument `iType` predstavlja vrsto spreminjanja prostorske domene (`'enlarge'` za razširitev, `'reduce'` za zmanjšanje), `iX` in `iY` pa število slikovnih elementov, ki se spremenijo (dodajo ali odzamejo) od vsake x oz. y koordinatne smeri. Ostala dva vhodna argumenta (`iMode` in `iBgr`) boste rabili pri domači nalogi, zdaj pa sta nastavljena na privzeti vrednosti. Izhodni argument `oImage` predstavlja izhodno sliko z razširjeno ali zmanjšano prostorsko domeno. Klic funkcije `changeSpatialDomain()` opravite znotraj funkcije `spatialFiltering()`, pri čemer razširitev oz. zmanjšanje prostorske domene prilagodite velikosti filtra.

Ponovno filtrirajte dano sliko s filtri iz točke 2 navodil ter opazujte rezultate z vidika spreminjanja prostorske domene slike.

Gradivo

Naslednje naloge so neobvezne in namenjene boljšemu razumevanju vsebine.

1. Izrišite slike, ki jih pridobite s filtriranjem dane slike v točki 2 iz navodil (filtriranje z jedrom: glajenje s podanim jedrom uteženega povprečja velikosti 3×3 ; statistično filtriranje: prostorska domena 3×3 ter statistična operacija mediane; morfološko filtriranje: erozija s strukturnim elementom velikosti 5×5).
2. Napišite funkcijo za izračun koeficientov jedra filtra za uteženo povprečenje:

```
def weightedAverageFilter(iM, iN, iValue):  
    # ...  
    return oFilter
```

kjer vhodna argumenta `iM = M` in `iN = N` predstavljata poljubno velikost filtra $N \times M$ ($N = 2n + 1$; $M = 2m + 1$; $n, m \in \mathbb{N}$), `iValue` pa osnovno utež filtra (npr. 2 v primeru iz navodil), medtem ko izhodni argument `oFilter` predstavlja matriko jedra filtra. Matematična definicija uteženega povprečenja je podana v prosojnicah na predavanjih.

Prikažite nenormaliziran filter velikosti 5×7 ($N \times M$) pri čemer je `iValue=2`. Kako se imenuje filter, za katerega izberemo `iValue=1`?

3. Filtrirajte dano sliko z Sobelovima operatorjema, ki sta podana v navodilih. Izračunajte tudi amplitudni in fazni odziv dobljenega gradientnega vektorskega polja.
Izrišite odzive na filtriranje s Sobelovima operatorjema ter amplitudnega in faznega odziva gradientnega vektorskega polja, pri čemer za prikazovanje vseh rezultatov izrabite celotno dinamično območje sivinskih vrednosti ($0 \dots 255$).
4. Izostrite dano sliko s pomočjo t. i. maskiranja neostrih področij, pri čemer za pridobivanje maske uporabite glajenje z Gaussovim povprečenjem (jedro filtra velikosti 3×3 je podano

v navodilih), za stopnjo ostrenja pa izberete $c = 2$.

Izrišite maske neostrih področij z izrabljenim celotnim dinamičnim območjem sivinskih vrednosti ($0 \dots 255$) ter izris pridobljene izostrene slike.

5. Dopolnite funkcijo za spreminjanje prostorske domene slike `changeSpatialDomain()` tako, da bo omogočala več načinov spreminjanja:

```
def changeSpatialDomain(iType, iImage, iX, iY, iMode=None, iBgr=0):  
    # ...  
    return oImage
```

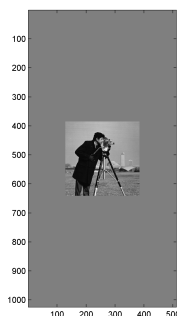
kjer dodaten vhodni argument `iMode` predstavlja način spreminjanja prostorske domene, in sicer:

- s konstantno sivinsko vrednostjo: `'constant'`, pri je čemer poljubna konstantna sivinska vrednost podana v vhodnem argumentu `iBgr`;
- z ekstrapolacijo sivinskih vrednosti: `'extrapolation'`;
- z zrcaljenjem sivinskih vrednosti: `'reflection'`;
- s periodičnim ponavljanjem sivinskih vrednosti: `'period'`.

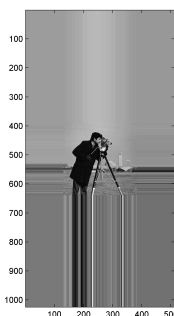
Izrišite dane slike z razširjeno prostorsko domeno, pri čemer uporabite vsakega od zgoraj navedenih načinov razširitve tako, da sliko v vsako x koordinatno smer razširite za 128 slikovnih elementov, v vsako y koordinatno smer pa za 384 slikovnih elementov (pri razširitvi s konstantno sivinsko vrednostjo izberite vrednost 127). Funkcija naj deluje za poljubne vrednosti parametrov `iX` in `iY`.

Za lažjo predstavo pričakovanih rezultatov, so spodaj prikazani primeri rešitev:

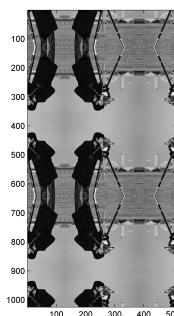
Razširjena domena slike
- s konstantno vrednostjo



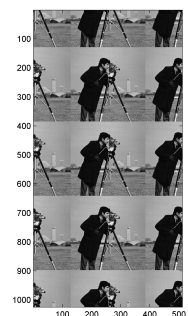
Razširjena domena slike
- z ekstrapolacijo



Razširjena domena slike
- z zrcaljenjem



Razširjena domena slike
- s periodičnim ponavljanjem



6. Primerjajte rezultate, ki jih pridobite z različnimi vrstami filtriranja nad vhodno sliko, pri čemer vhodni sliki na različen način (glej vprašanje 5) spremenite prostorsko domeno.

Kako vpliva način razširitve prostorske domene slike na rezultate filtriranja? Utemeljite odgovor.