



UNIVERZA
V LJUBLJANI

FE

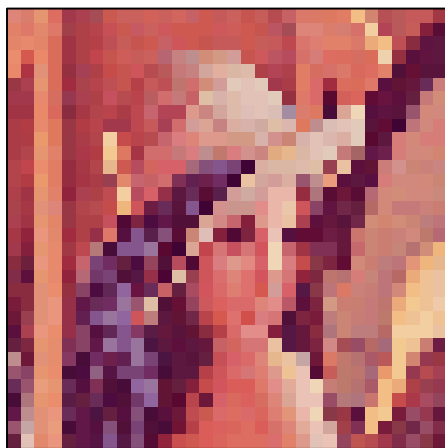
Fakulteta
za elektrotehniko

PRIPRAVA NA LABORATORIJSKE VAJE

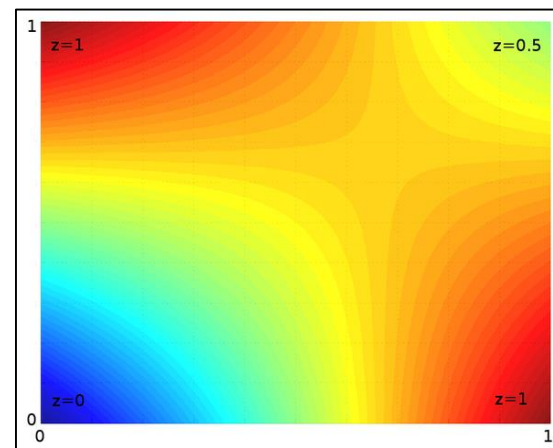
Vaja 3: Interpolacija in decimacija slik

Obdelava slik in videa

prof. dr. Tomaž Vrtovec

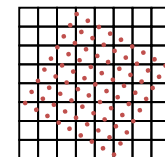


LABORATORIJ ZA SLIKOVNE TEHNOLOGIJE
LABORATORY OF IMAGING TECHNOLOGIES



INTERPOLACIJA SLIK

Kaj je interpolacija?

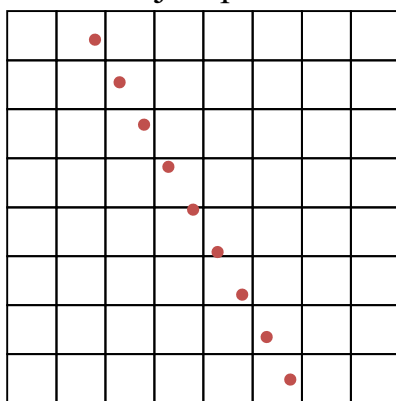


Interpolacija je metoda določanja novih podatkovnih točk na diskretnem intervalu znanih podatkovnih točk. Z **interpolacijo slik** povečamo vzorčno frekvenco slik (ločljivost slikovnega elementa) in omogočimo izvedbo:

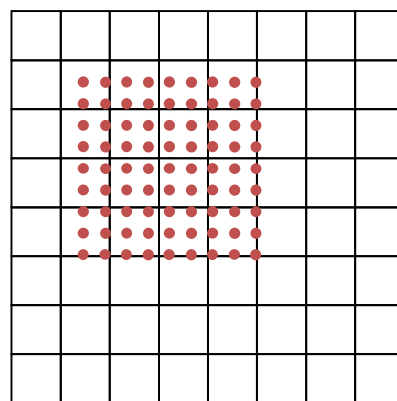
- prerezov in projekcij,
- povečav,
- geometrijskih preslikav ter
- različnih upodobitev slik.

→ **Določanje vrednosti v točkah, ki ne sovpadajo z diskretno mrežo slike.**

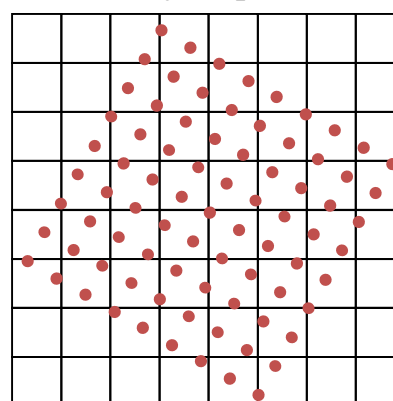
Linijski prerez



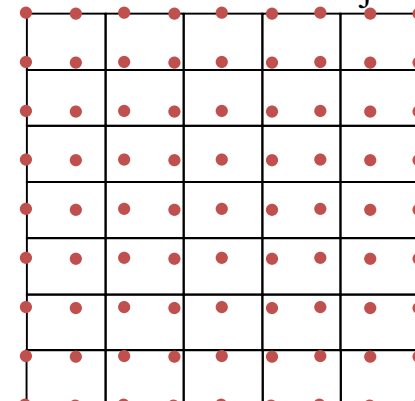
Povečava



Geometrijska preslikava

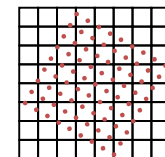


Upodobitev z enakomernim vzorčenjem



INTERPOLACIJA SLIK

Primer interpolacije slik



256×256

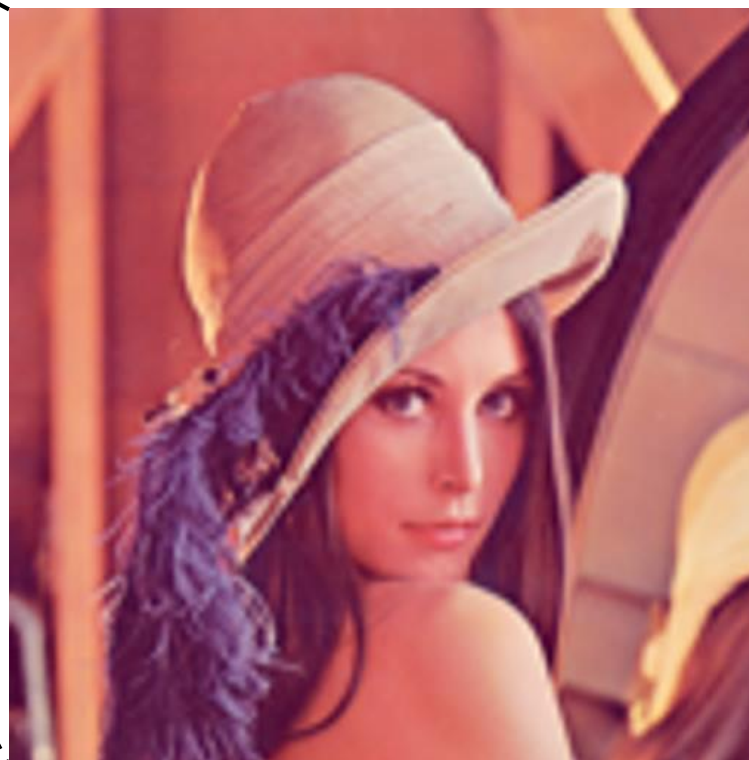


$900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$



$3,52 \text{ mm} \times 3,52 \text{ mm}$
(7,22 dpi)

512×512



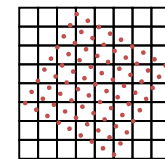
$900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$



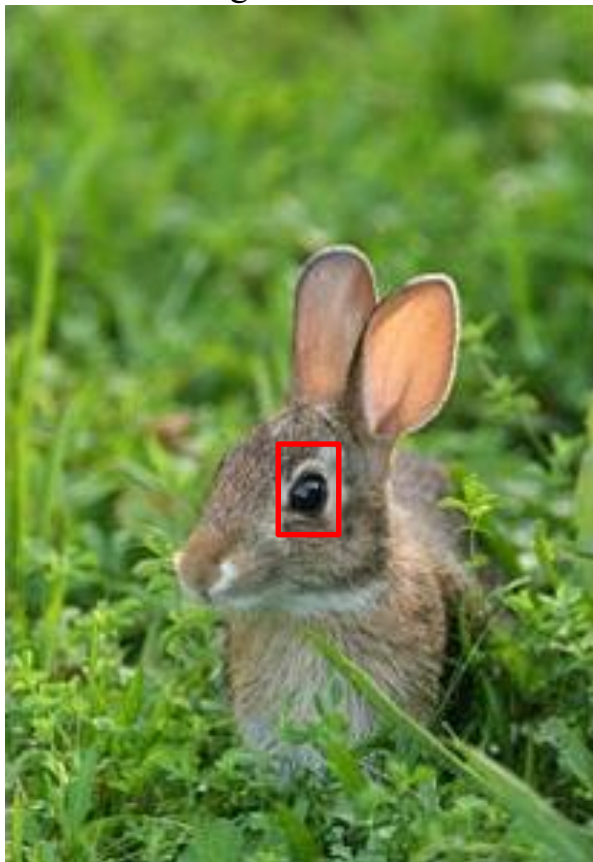
$1,76 \text{ mm} \times 1,76 \text{ mm}$
(14,44 dpi)

INTERPOLACIJA SLIK

Optična in digitalna povečava



Originalna slika



$10 \times$ optični zoom

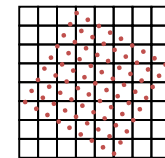


$10 \times$ digitalni zoom



INTERPOLACIJA SLIK

Optična in digitalna povečava



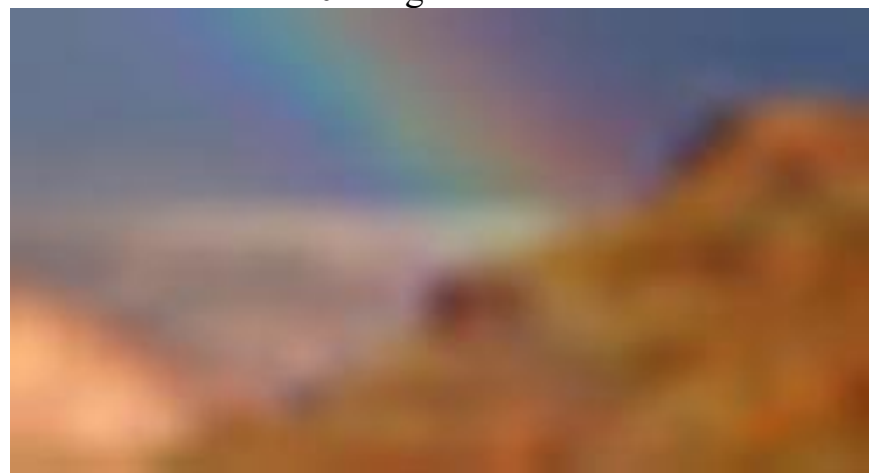
Originalna slika



$10 \times$ optični zoom

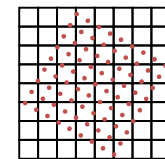


$10 \times$ digitalni zoom

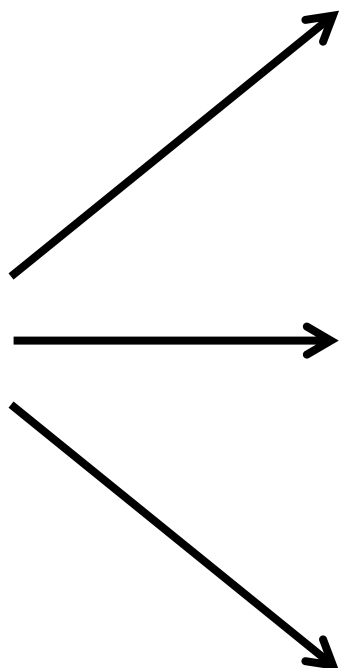


INTERPOLACIJA SLIK

Kakovost digitalne povečave



Originalna slika

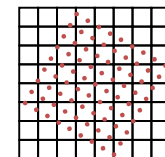
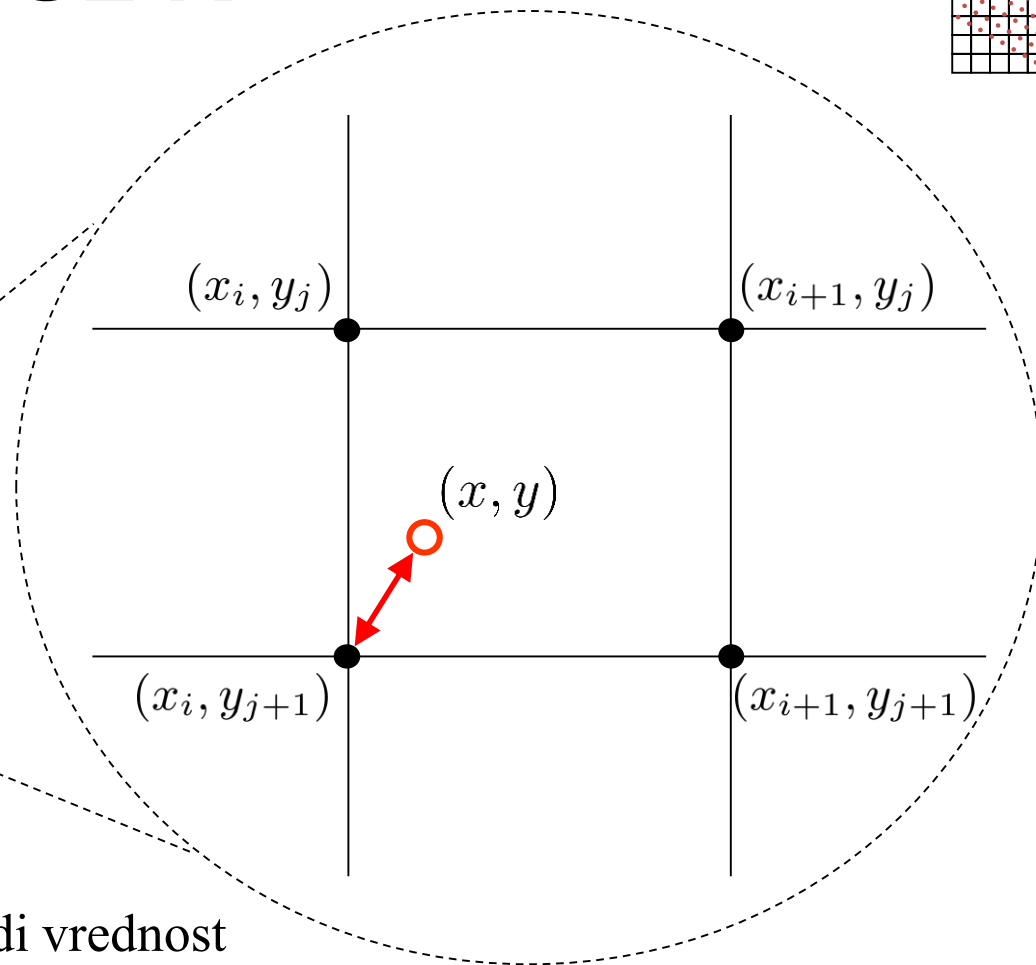
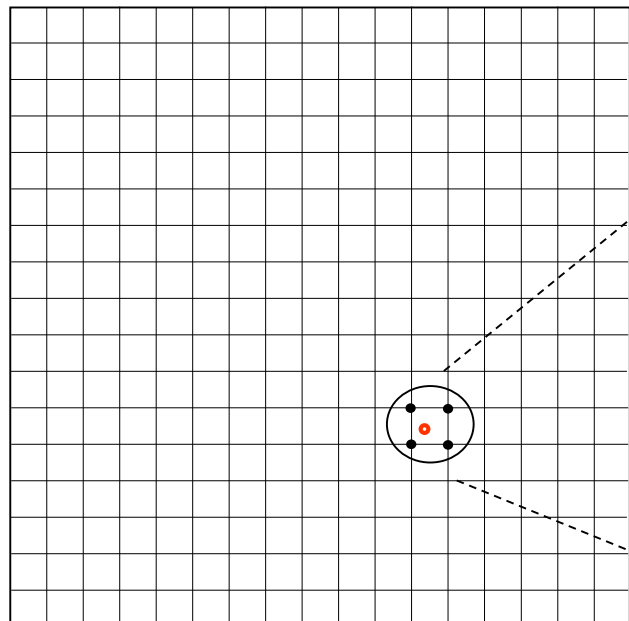


Kakovost



INTERPOLACIJA SLIK

Interpolacija ničtega reda

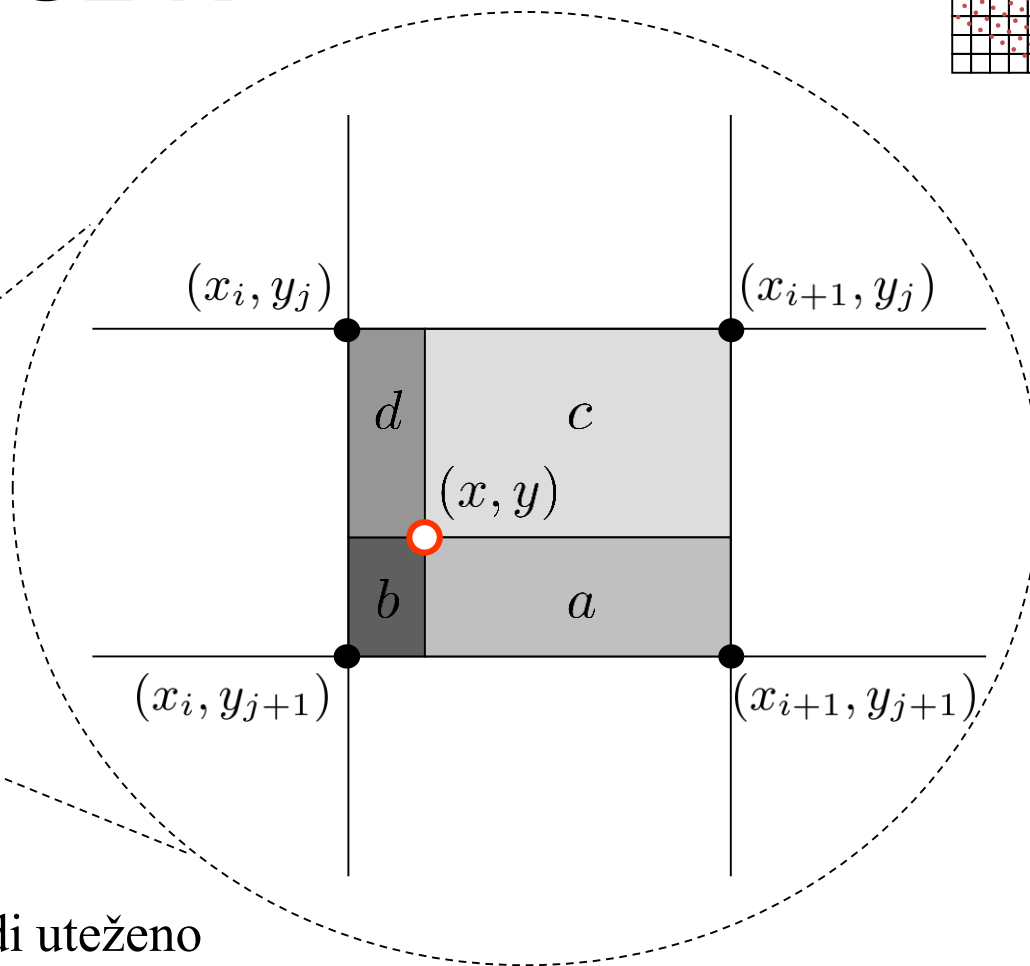
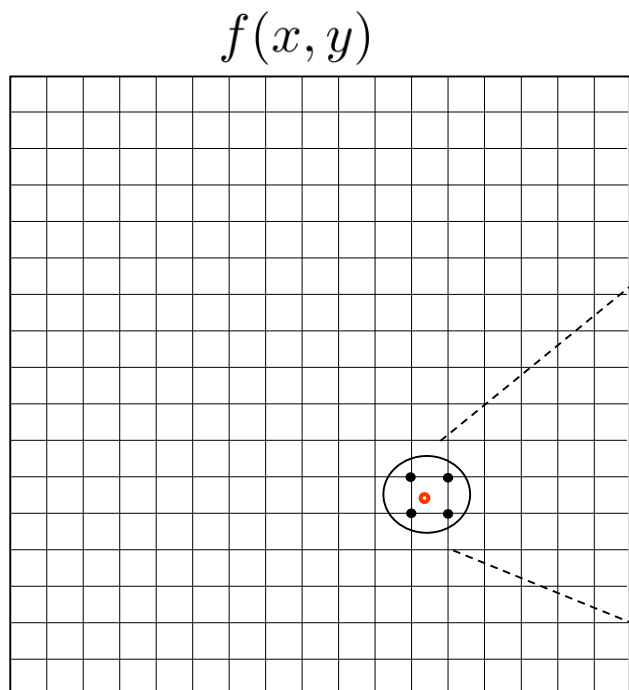
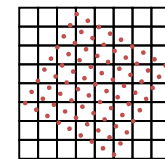

 $f(x, y)$


Interpolacija ničtega reda priredi vrednost najbližje točke na 2D diskretni mreži točk z znanimi vrednostmi.

$$f(x, y) = f(x_i, y_{j+1})$$

INTERPOLACIJA SLIK

Interpolacija prvega reda

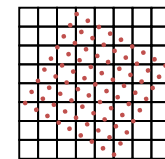
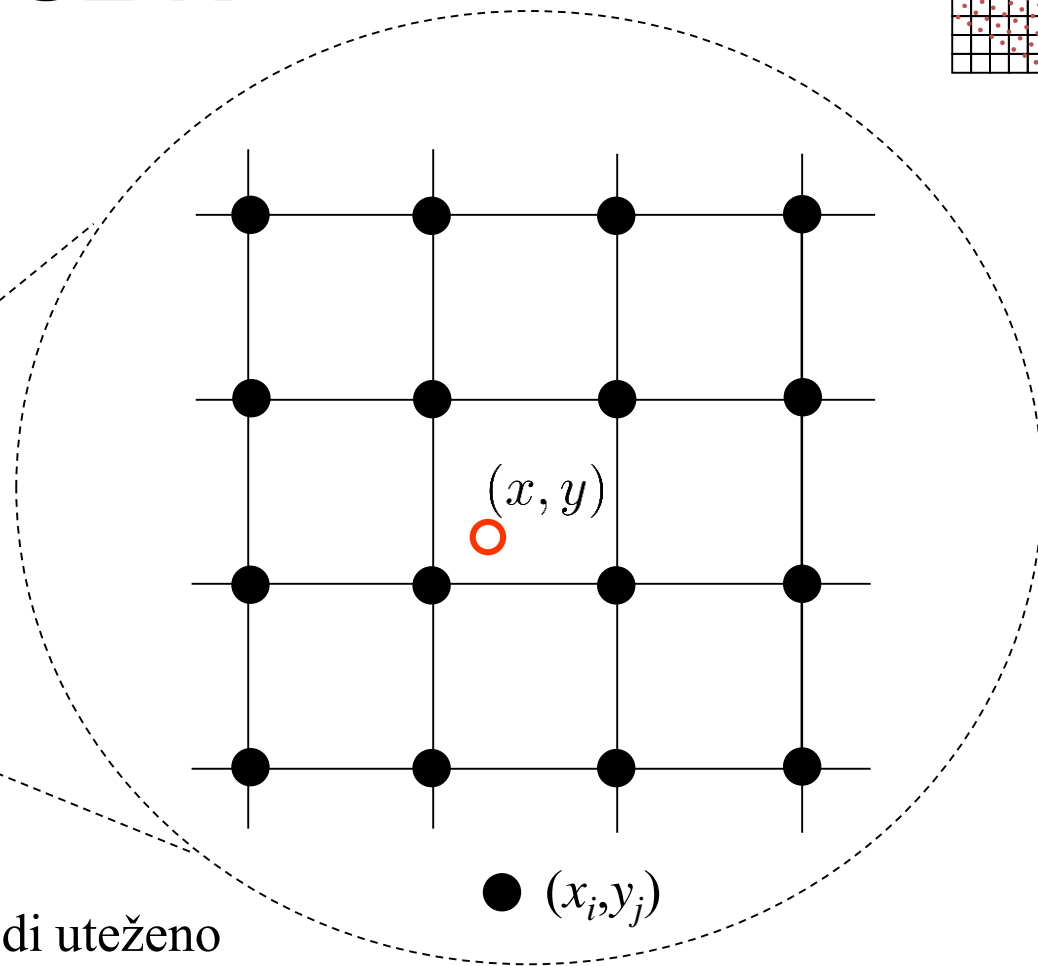
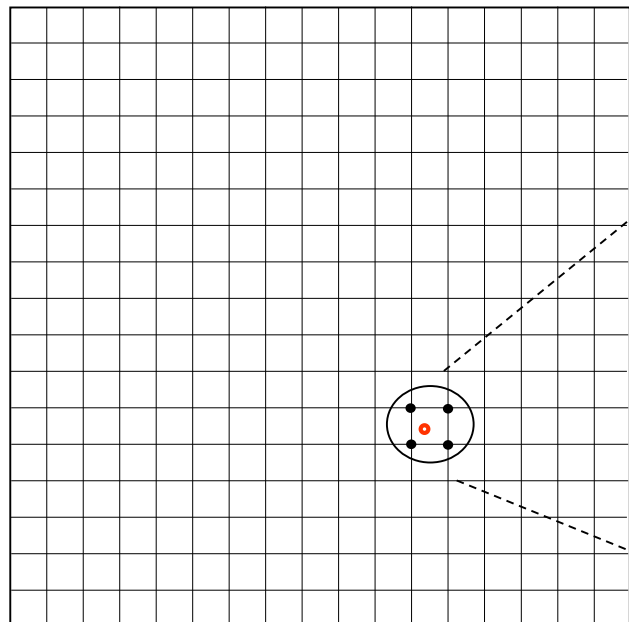


Interpolacija prvega reda priredi uteženo vrednost štirih sosednjih točk na 2D diskretni mreži točk z znanimi vrednostmi.

$$f(x, y) = af(x_i, y_j) + bf(x_{i+1}, y_j) + cf(x_i, y_{j+1}) + df(x_{i+1}, y_{j+1})$$

INTERPOLACIJA SLIK

Interpolacija tretjega reda

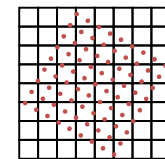

 $f(x, y)$


Interpolacija tretjega reda priredi uteženo vrednost šestnajstih sosednjih točk na 2D diskretni mreži točk z znanimi vrednostmi.

$$f(x, y) = \sum_{n=0}^3 \sum_{m=0}^3 a_{nm} x^n y^m$$

INTERPOLACIJA SLIK

Interpolacije različnih redov



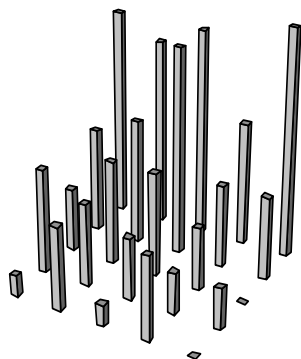
Interpolacije 2D slik:

- 0. reda (najbližji sosed)
- 1. reda (bilinearna): 4 uteži
- 3. reda (bikubična): 16 uteži
- z zlepki

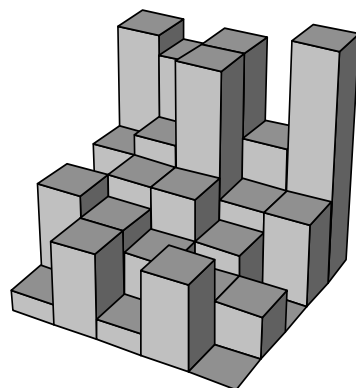
Interpolacije 3D slik:

- 0. reda (najbližji sosed)
- 1. reda (trilinearna): 8 uteži
- 3. reda (trikubična): 64 uteži
- z zlepki

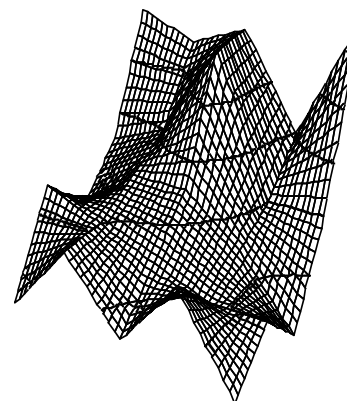
Diskretne sivinske vrednosti slike



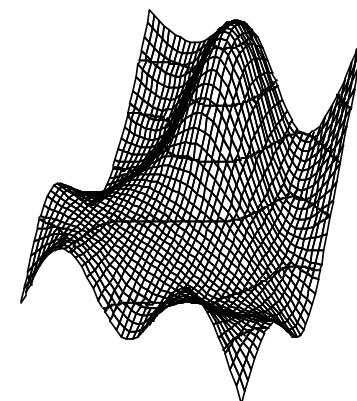
Interpolacija po principu najbližji sosed (0. reda)



Bilinearna interpolacija (1. reda)

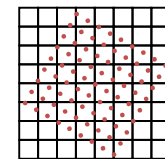


Bikubična interpolacija (3. reda)

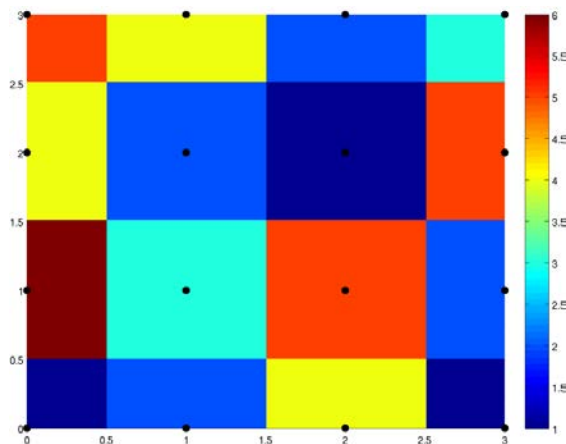


INTERPOLACIJA SLIK

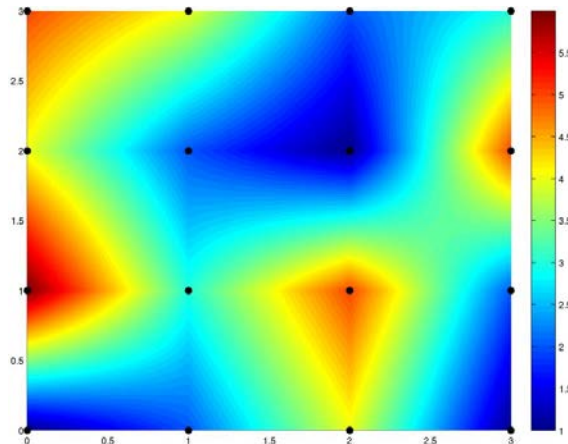
Primerjava interpolacij različnih redov



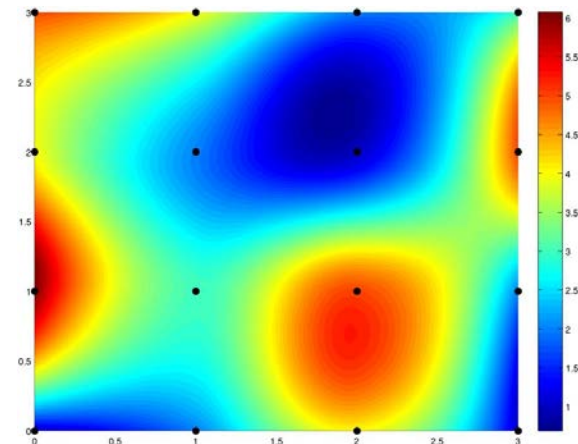
Interpolacija po principu
najbližji sosed (0. reda)



Bilinearna interpolacija
(1. reda)

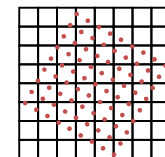


Bikubična interpolacija
(3. reda)



INTERPOLACIJA SLIK

Geometrijska preslikava z interpolacijami različnih redov



Originalna
slika



Rotacija slike za 30°
z interpolacijo 0. reda



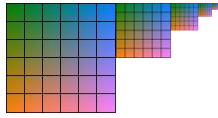
Rotacija slike za 30°
z interpolacijo 1. reda



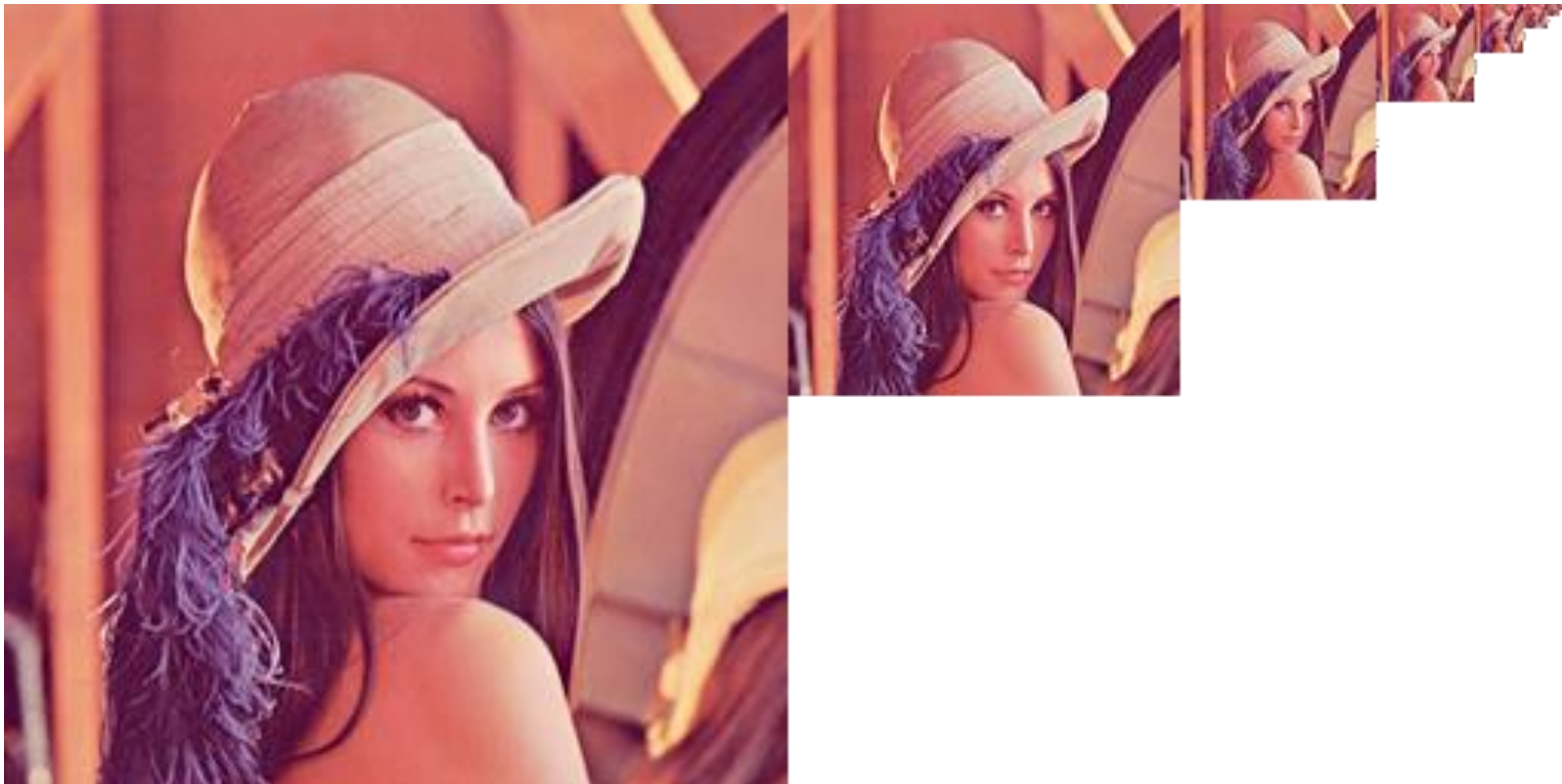
Interpolacijo slik potrebujemo pri različnih elementarnih linearnih geometrijskih preslikavah (skaliranje oz. povečava, rotacija oz. vrtenje, strig) ter pri nelinearnih geometrijskih preslikavah.

DECIMACIJA SLIK

Kaj je decimacija?

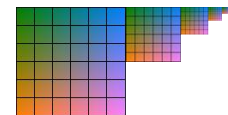


Decimacija je metoda zmanjševanja vzorčne frekvence signala ter posledično velikosti podatkov. Z **decimacijo slik** torej zmanjšamo velikost slik ter pohitrimo postopke obdelave in analize slik.



DECIMACIJA SLIK

Primer decimacije slik



256×256

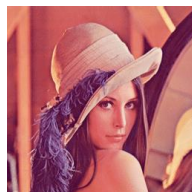


$900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$



$3,52 \text{ mm} \times 3,52 \text{ mm}$
(7,22 dpi)

128×128

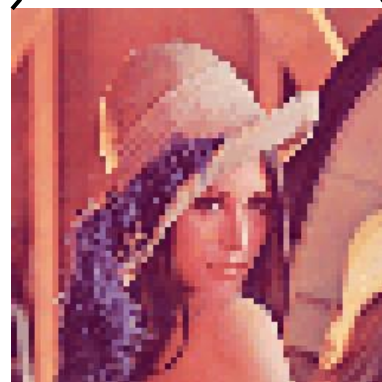
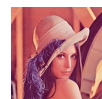


$900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$



$7,03 \text{ mm} \times 7,03 \text{ mm}$
(3,61 dpi)

64×64



$900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$



$14,1 \text{ mm} \times 14,1 \text{ mm}$
(1,80 dpi)

32×32



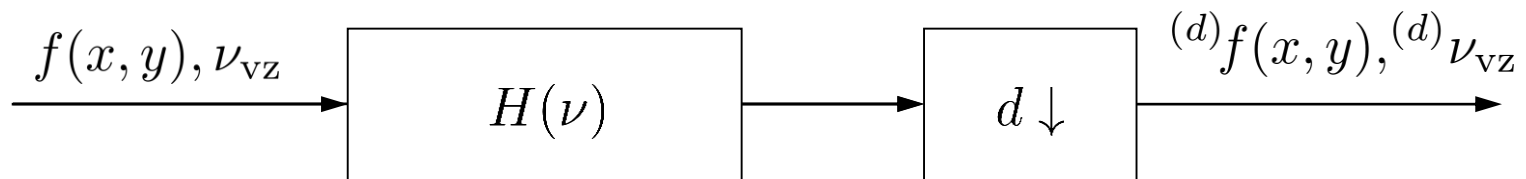
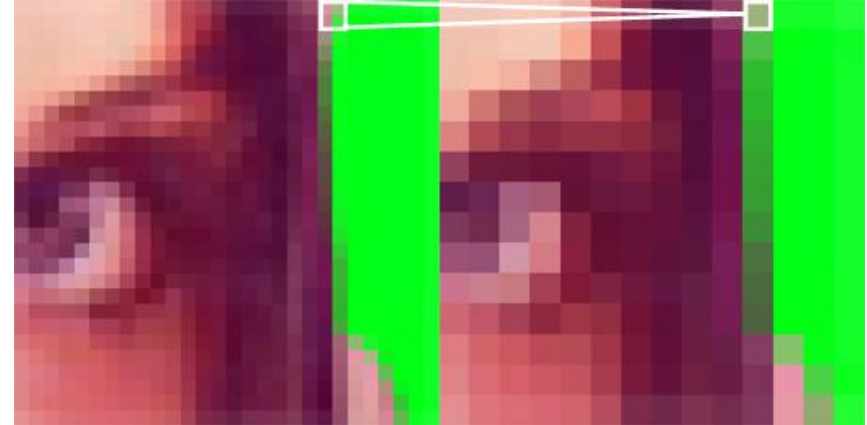
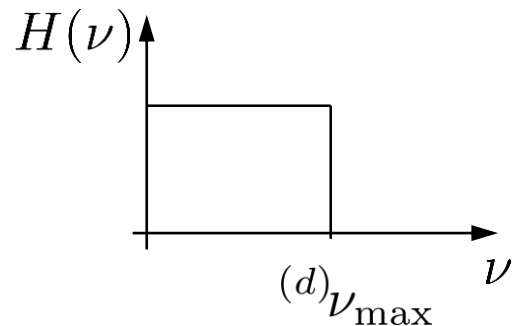
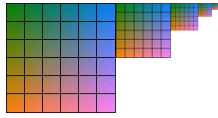
$900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$



$28,2 \text{ mm} \times 28,2 \text{ mm}$
(0,90 dpi)

DECIMACIJA SLIK

Filtriranje z nizkopasovnim sitom

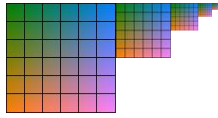


$$(d)\nu_{\max} \leq \frac{(d)\nu_{vz}}{2} = \frac{\nu_{vz}}{2d}$$

$$(d)\nu_{vz} = \frac{\nu_{vz}}{d}$$

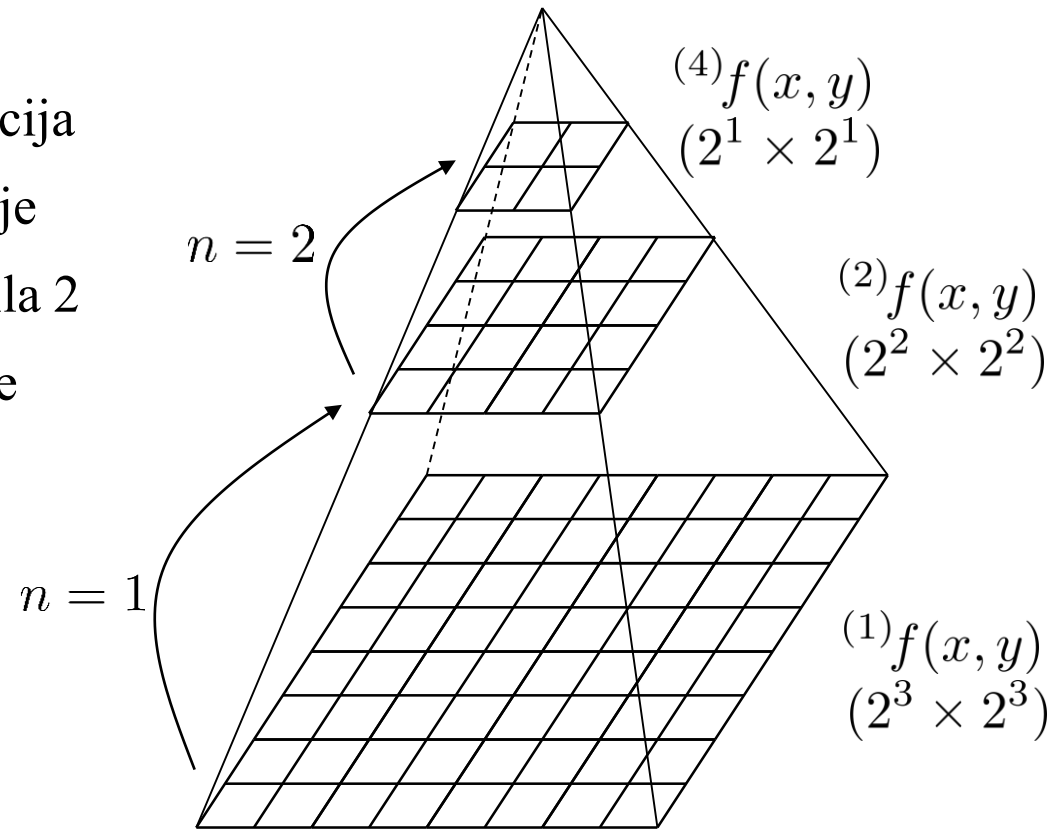
DECIMACIJA SLIK

Piramidna decimacija



Lastnosti **piramidne decimacije**:

- večstopenjska zaporedna decimacija
- vhodna slika ter decimirane kopije
- velikost slik pada s potenco števila 2
- zaporedno filtriranje in opuščanje vsakega drugega vzorca

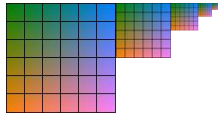


$d = 2$

$$^{(2n)}f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-a}^a c(i, j) \ ^{(n)}f(2x - i, 2y - j)$$

DECIMACIJA SLIK

Jedra digitalnega filtra



Pomembna je izbira koeficientov $c(i,j)$ digitalnega filtra:

- pozitivni
- unimodalni
- simetrični
- normalizirani

$M = 3$

$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$

$M = 5$

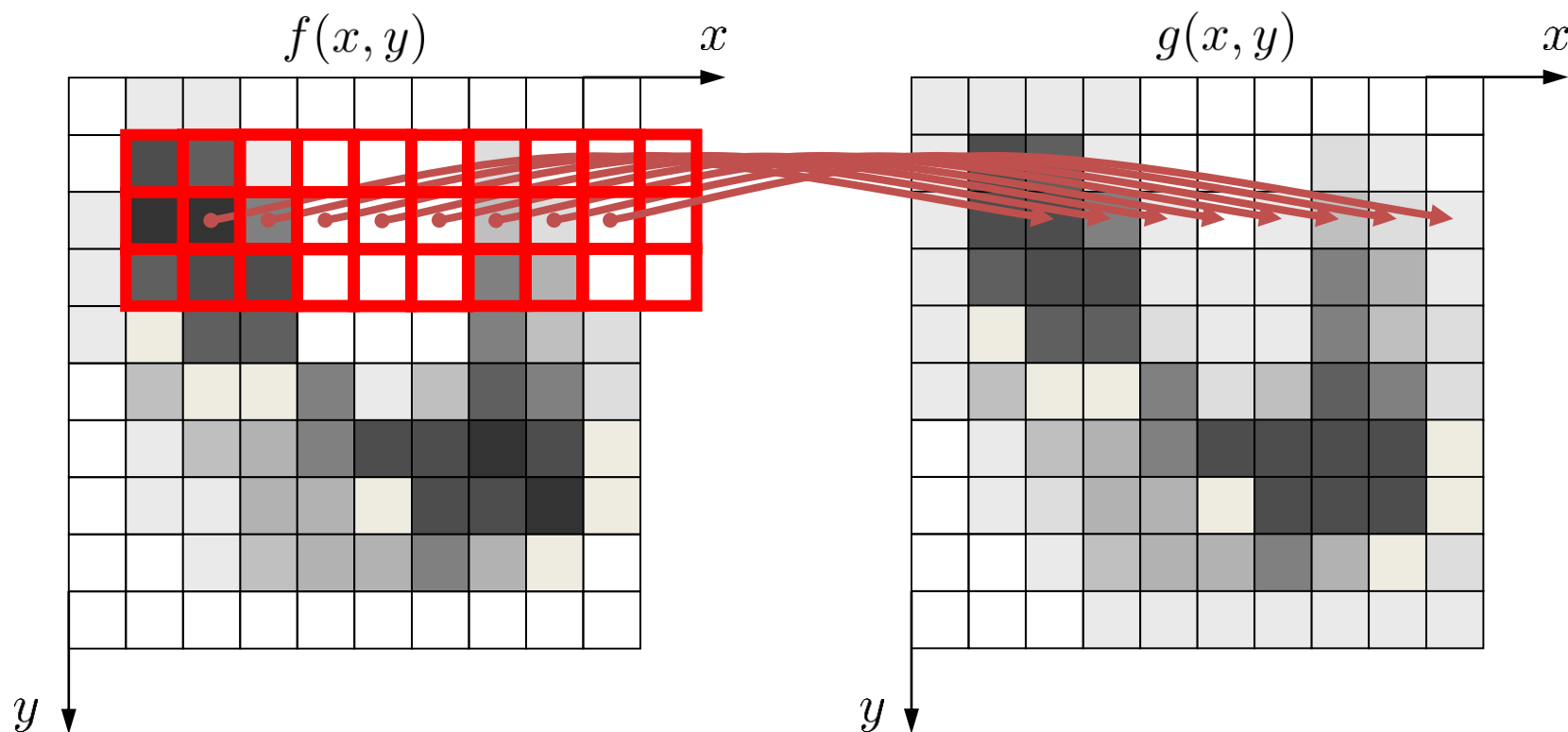
$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{400}$
$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{80}$
$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{4}{25}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{50}$
$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{80}$
$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{400}$

Prispevek vseh slikovnih elementov slike na naslednji nivo mora biti enak.

$$^{(2n)}f(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-a}^a c(i, j) \ ^{(n)}f(2x - i, 2y - j)$$

DECIMACIJA SLIK

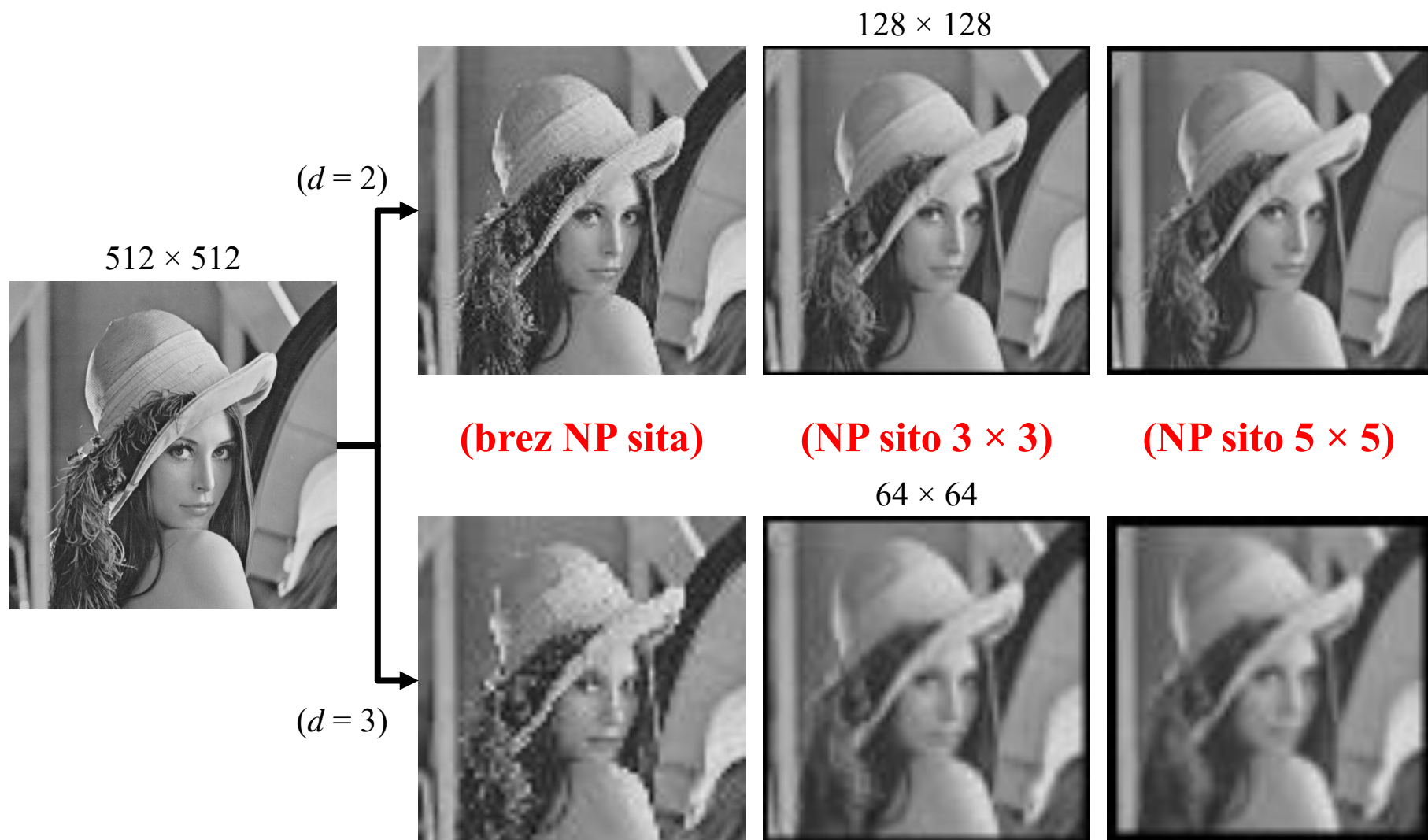
Osnove prostorskega filtriranja



$$g(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b c(i, j) f(x - i, y - j)$$

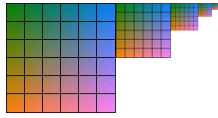
DECIMACIJA SLIK

Učinki filtriranja z nizkopasovnim sitom



DECIMACIJA SLIK

Decimacija 3D slik



$$^{(2n)}f(x, y, z) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-a}^a \sum_{k=-a}^a c(i, j) \ ^{(n)}f(2x - i, 2y - j, 2z - k)$$

$k = -1$

$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$
$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$
$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$

$k = 0$

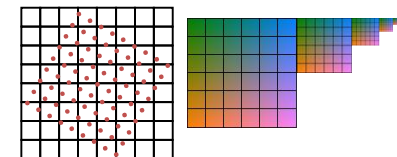
$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$

$k = +1$

$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$
$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$
$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$

LABORATORIJSKE VAJE

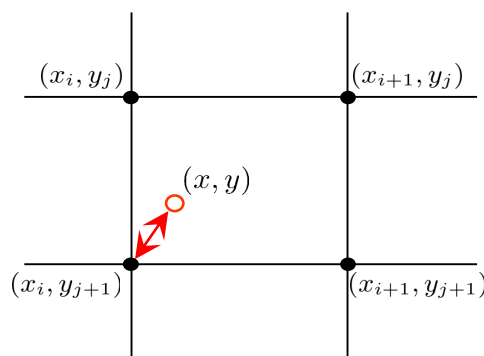
Interpolacija in decimacija slik



1. Implementacija algoritmov za interpolacijo 2D slik:

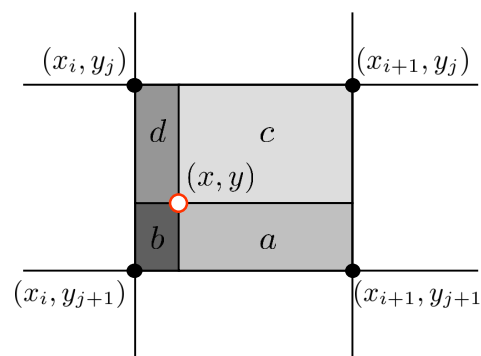
- interpolacija 0. reda
(po principu najbližji sosed)

$$f(x, y) = f(x_i, y_j)$$



- interpolacija 1. reda
(bilinearna interpolacija)

$$f(x, y) = af(x_i, y_j) + bf(x_{i+1}, y_j) + \\ + cf(x_i, y_{j+1}) + df(x_{i+1}, y_{j+1})$$



2. Implementacija algoritma za decimacijo 2D slik (neobvezni dodatek)

- neobvezni dodatek