

Paweł Strumiłło

Wstęp do komputerowej analizy obrazów (6)

Zadanie nr 13 – Studia podyplomowe: „Przetwarzanie i analiza
obrazów biomedycznych”



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna
współfinansowana przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –
zarządzanie Uczelnią,
nowoczesna oferta edukacyjna
i wzmacniania zdolności do zatrudniania
osób niepełnosprawnych”*

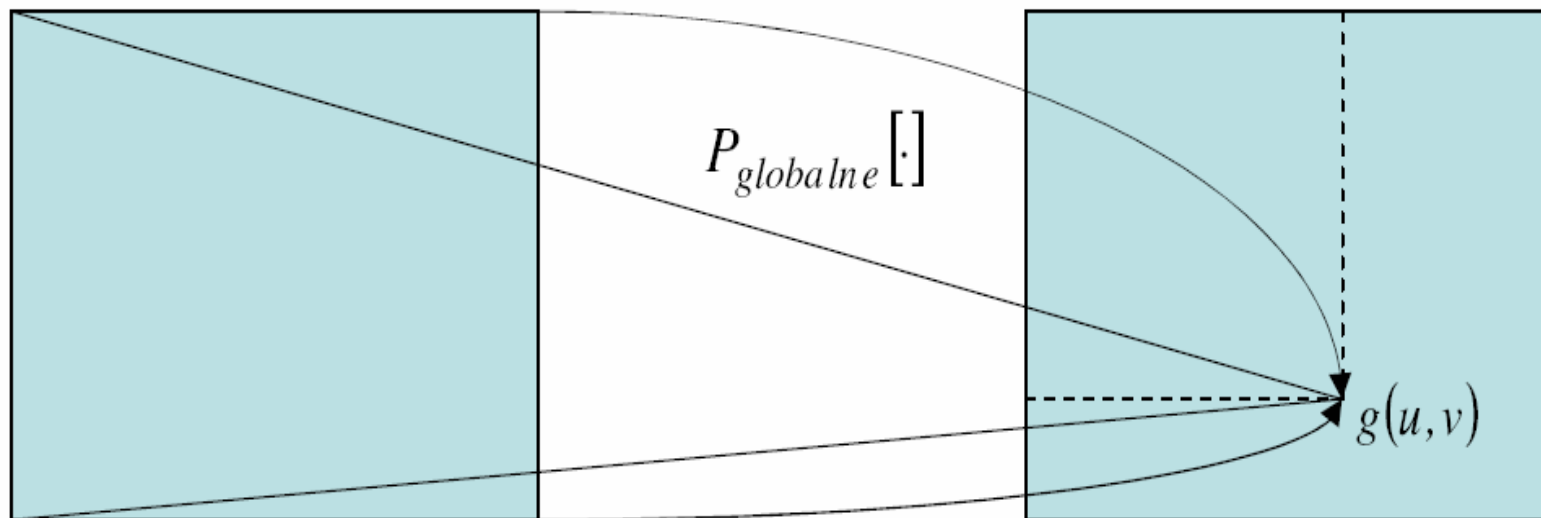


Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,
tel. 042 631 28 83
www.kapitalludzki.p.lodz.pl



PRZEKSZTAŁCENIA GLOBALNE OBRAZU –c.d.





Przekształcenia globalne obrazu

- **przekształcenie obrazu do innej dziedziny, zwanej widmem obrazu:**
np. przekształcenie Fouriera, Hougha, Karhunenena-Loevego,...
Cele: obrazowanie treści niewidocznych w dziedzinie przestrzennej obrazu,
przetworzenie do postaci bardziej dogodnej do kompresji (JPEG),
projektowanie filtrów obrazu w dziedzinie widma.
- **przekształcenia geometryczne obrazu:**
Cele: redukcja zniekształceń geometrycznych obrazu,
powiększanie i zmniejszanie obrazu,
przesunięcia i obroty obrazu.





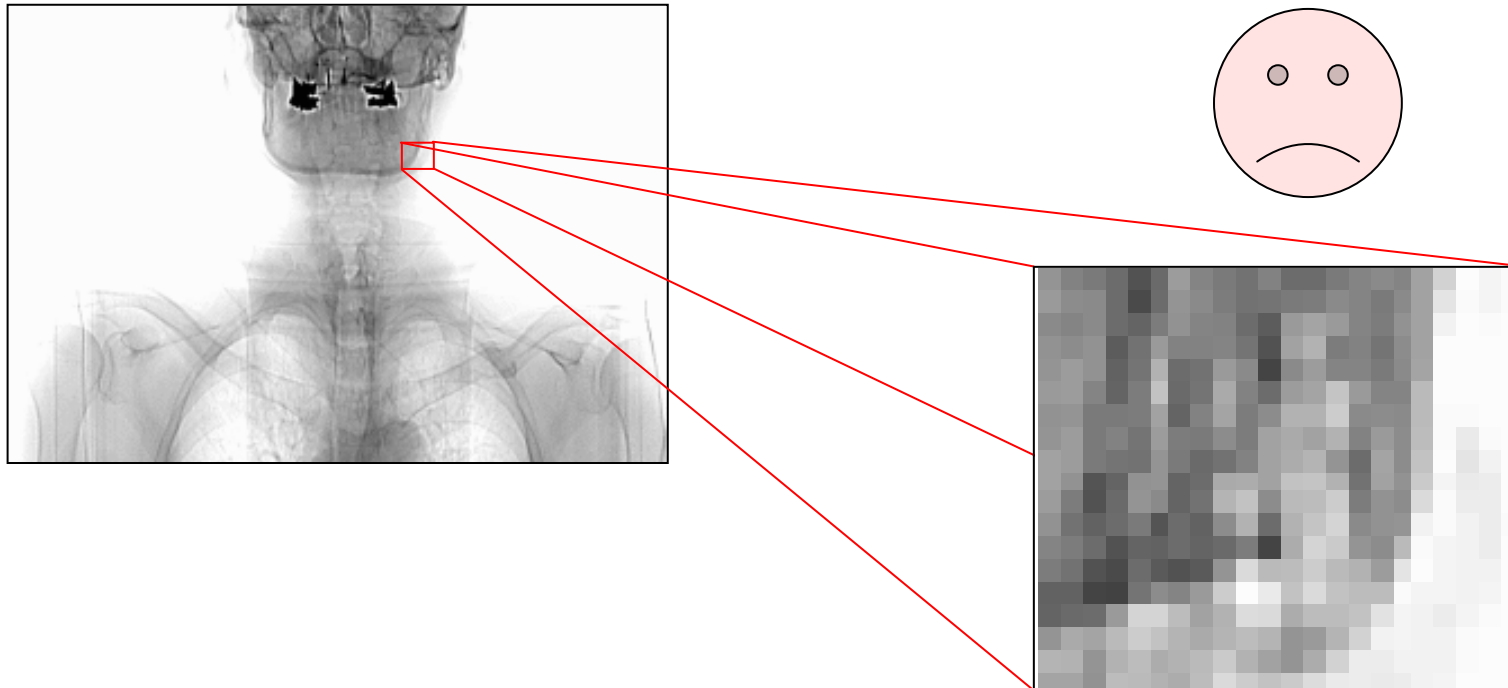
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Jak powiększać obrazy aby uzyskać lepsze odwzorowanie szczegółów obrazu?



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (6)



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Jak korygować zniekształcenia geometryczne obrazu?



Fot. Piotr Skulimowski



Korekcja: Piotr Skulimowski

Obraz z widocznymi zniekształceniami geometrii obiektów pochodzącymi od układu optycznego kamery

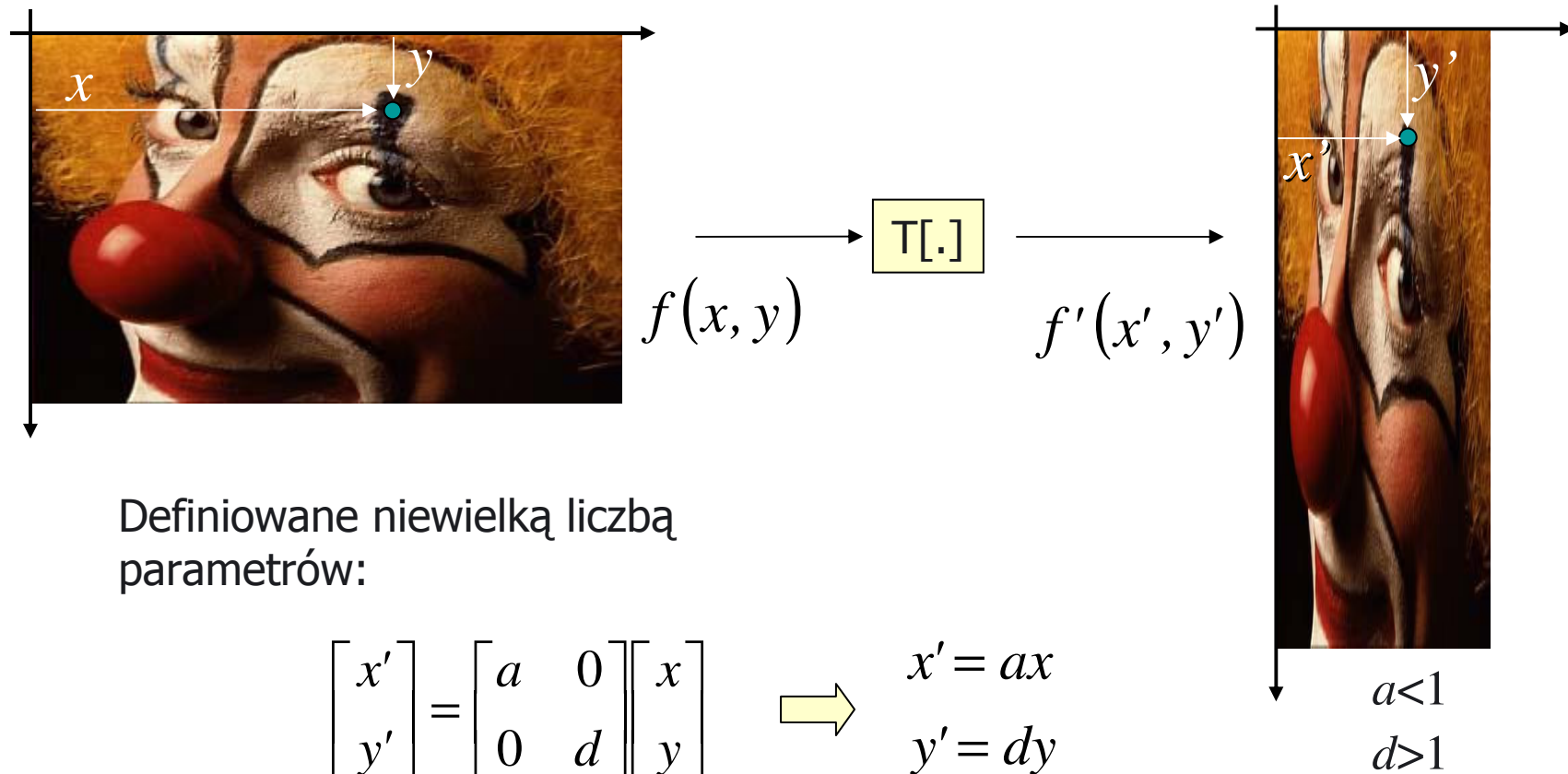
Obraz po korekcji geometrycznej



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (6)

Przekształcenie geometryczne jako przekształcenie globalne



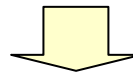


Wszelkie liniowe przekształcenia geometryczne są definiowane za pomocą przekształcenia afinicznego

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$$

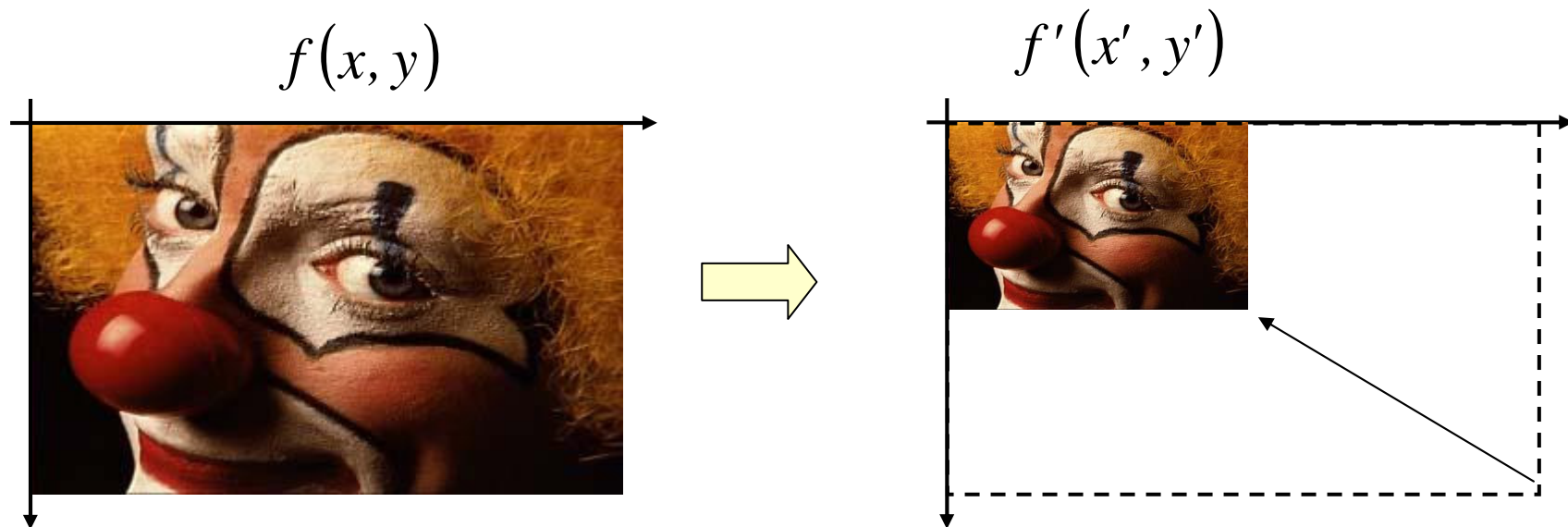
Obroty i zmiana skali

translacja



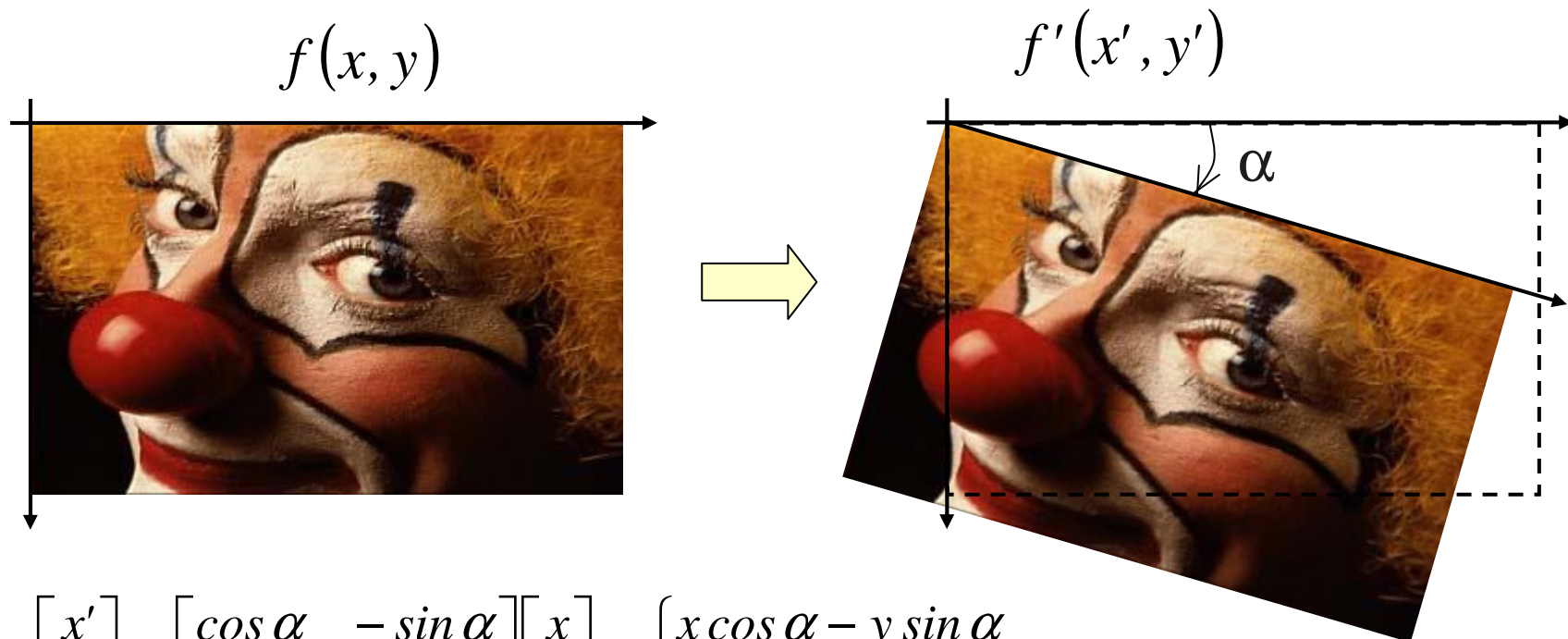
$$\begin{cases} P(x, y) = x' = ax + by + e \\ Q(x, y) = y' = cx + dy + f \end{cases}$$

Przykład liniowego przekształcenia geometrycznego



$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

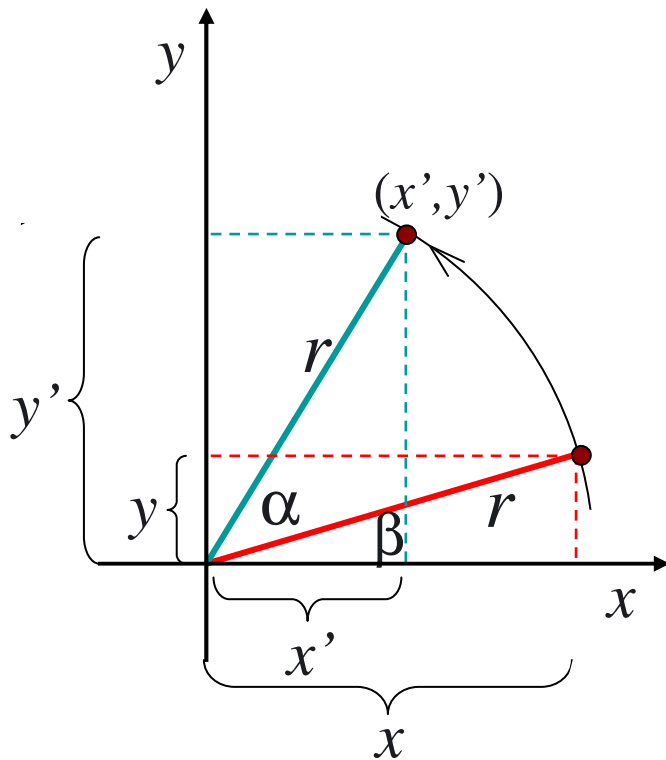
Obrót obrazu



$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{cases} x \cos \alpha - y \sin \alpha \\ x \sin \alpha + y \cos \alpha \end{cases}$$



Dla dociekliwych: wyprowadzenie równań na obrót obrazu



$$\begin{cases} 1 & \cos(\alpha + \beta) = \frac{x'}{r} = \frac{x'}{x} \cos \beta \\ 2 & \sin(\alpha + \beta) = \frac{y'}{r} = \frac{y'}{y} \sin \beta \end{cases}$$

1cd.

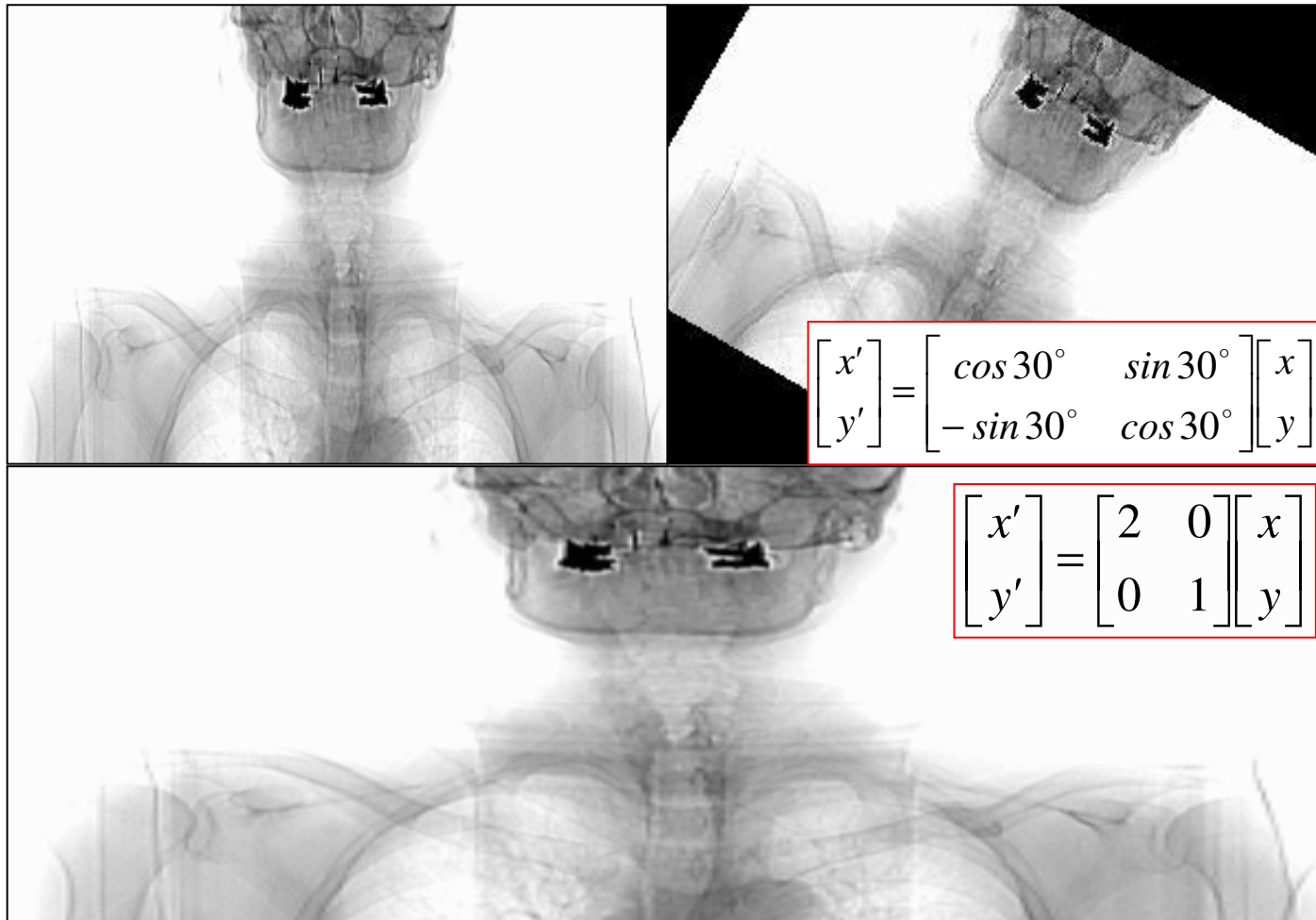
$$\begin{aligned} x' &= \frac{x \cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta} = \frac{x}{\cos \beta} (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) = \\ &= x \cos \alpha - x \sin \alpha \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = x \cos \alpha - x \sin \alpha \operatorname{tg} \beta = \\ &= x \cos \alpha - x \sin \alpha \frac{y}{x} = x \cos \alpha - y \sin \alpha \end{aligned}$$

$$x' = x \cos \alpha - y \sin \alpha$$



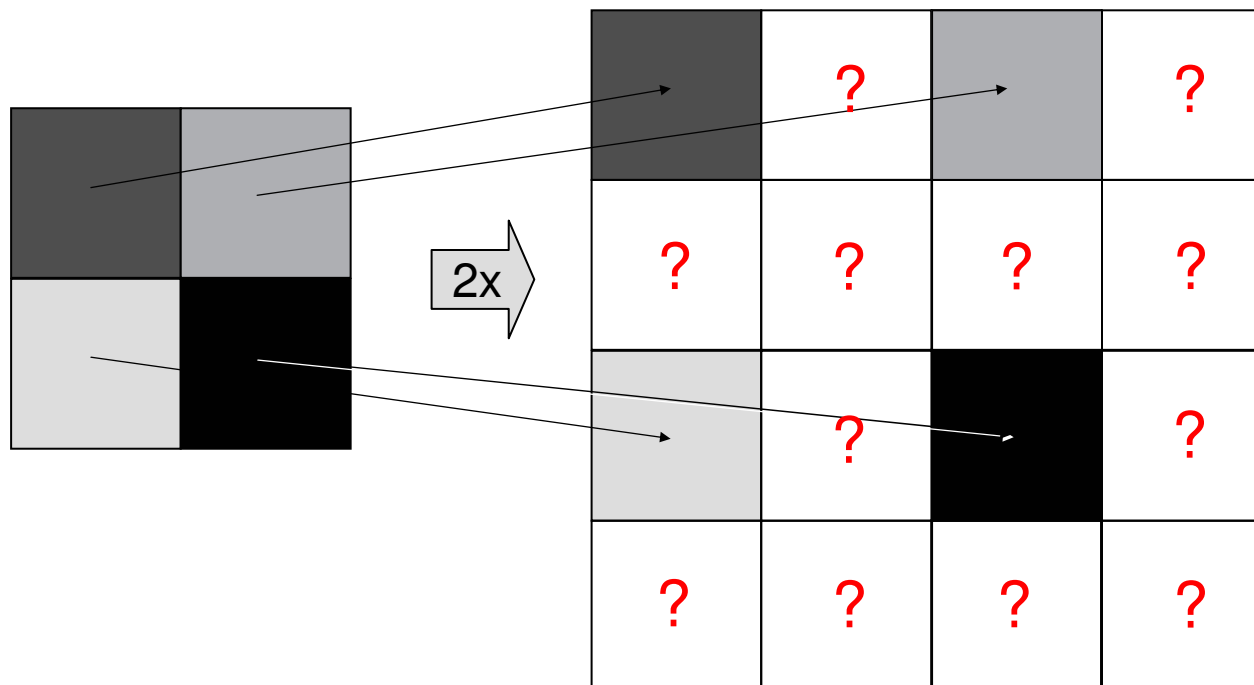


Przykłady przekształceń afinicznych



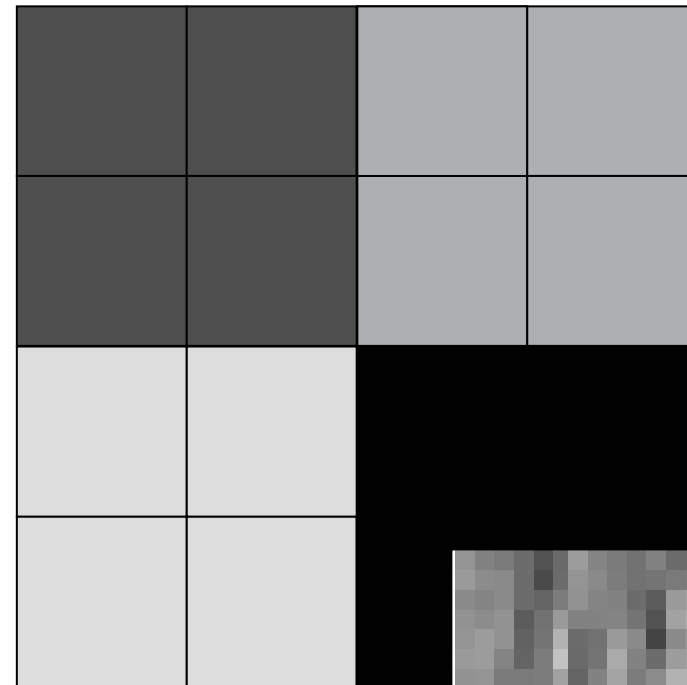
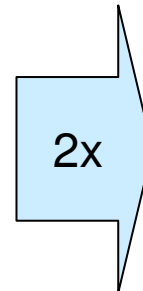
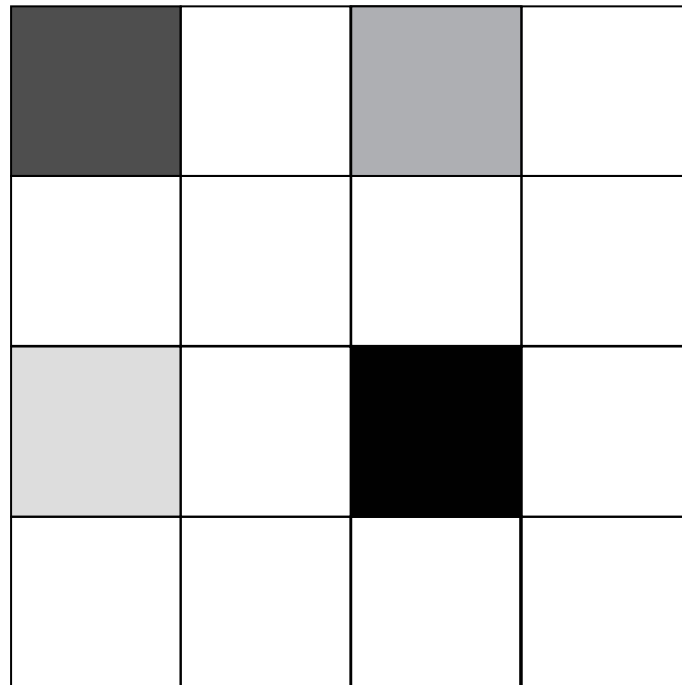


Dwukrotne powiększenie obrazu

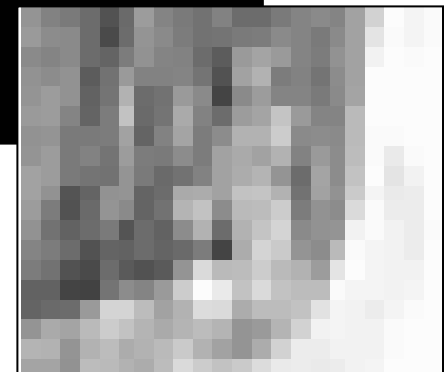




Replikacja punktów (nadanie jasności od punktu sąsiedniego)

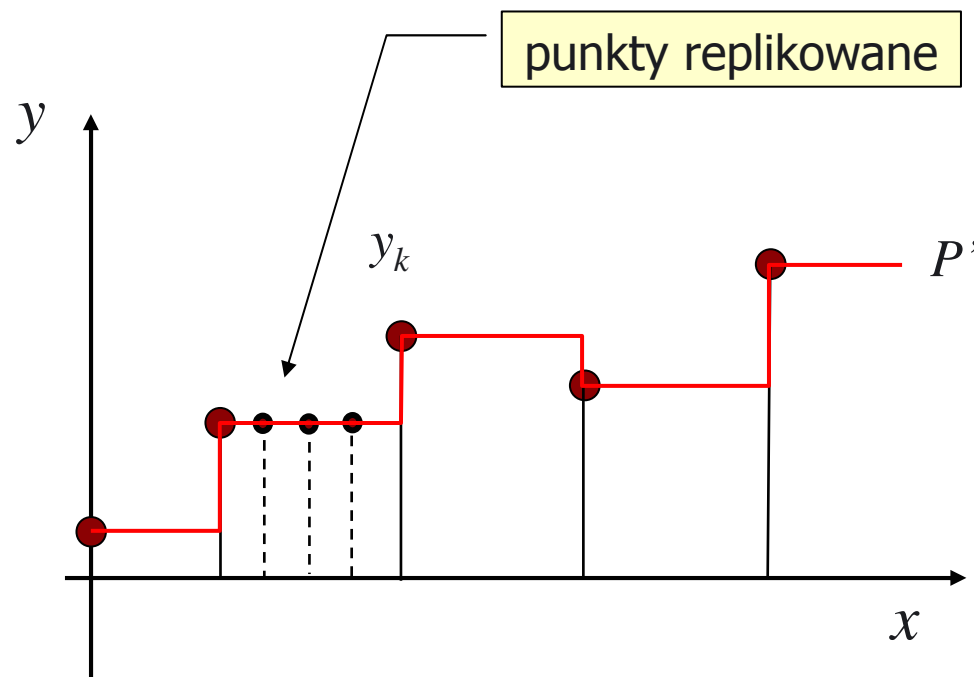


Interpolacja zerowego rzędu



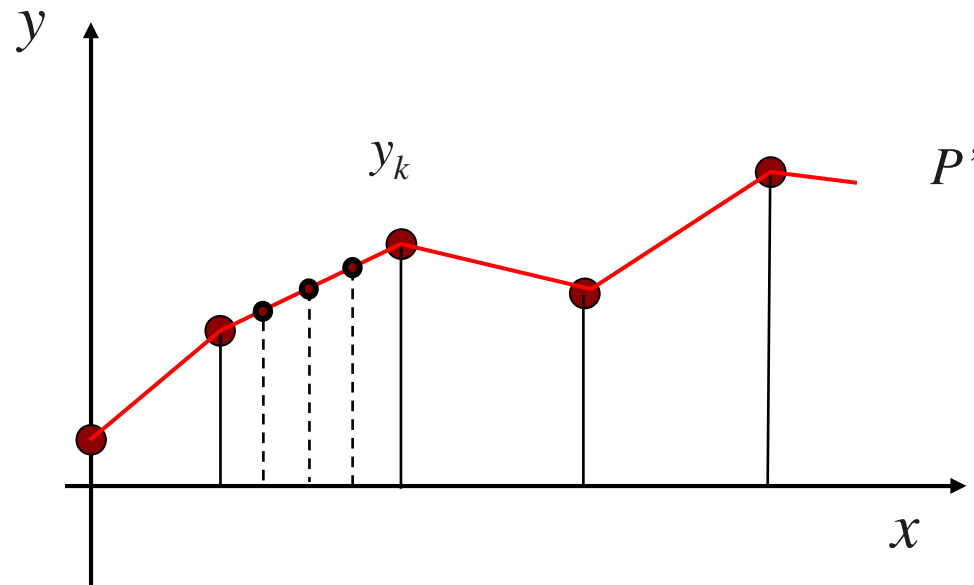


Interpolacja zerowego rzędu



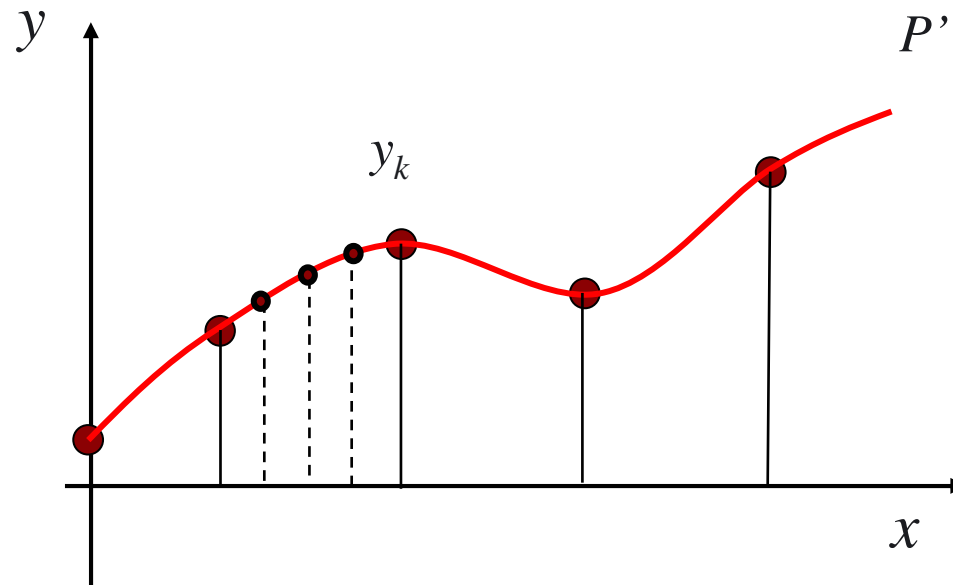


Interpolacja pierwszego rzędu (liniowa)



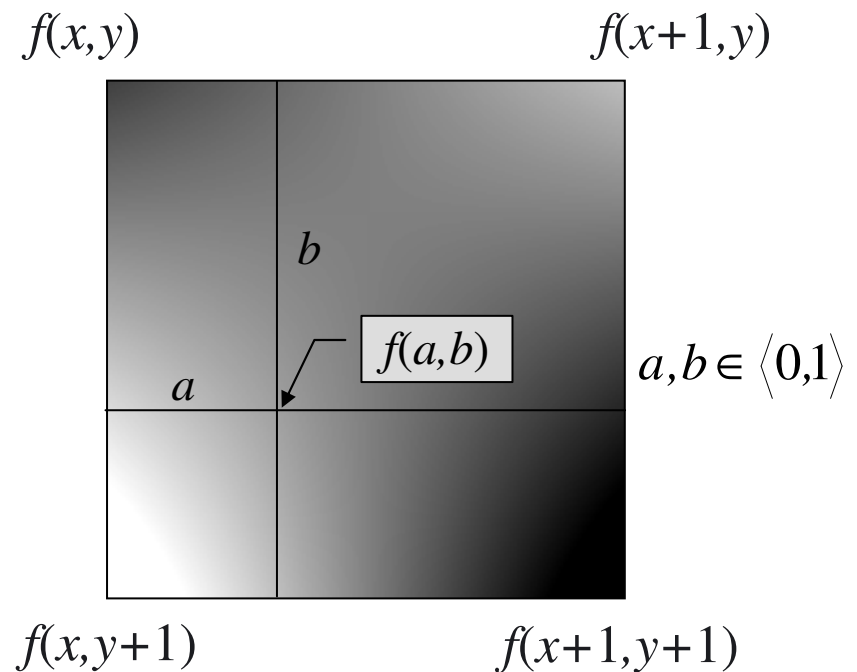
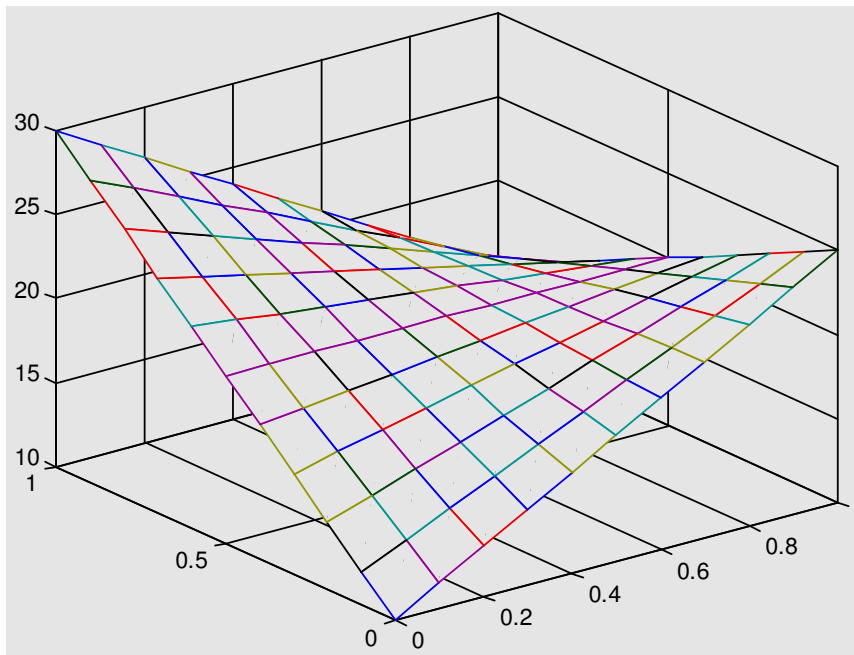


Interpolacja wyższych rzędów (wielomianowa)





Interpolacja biliniowa (liniowa w dwóch wymiarach)

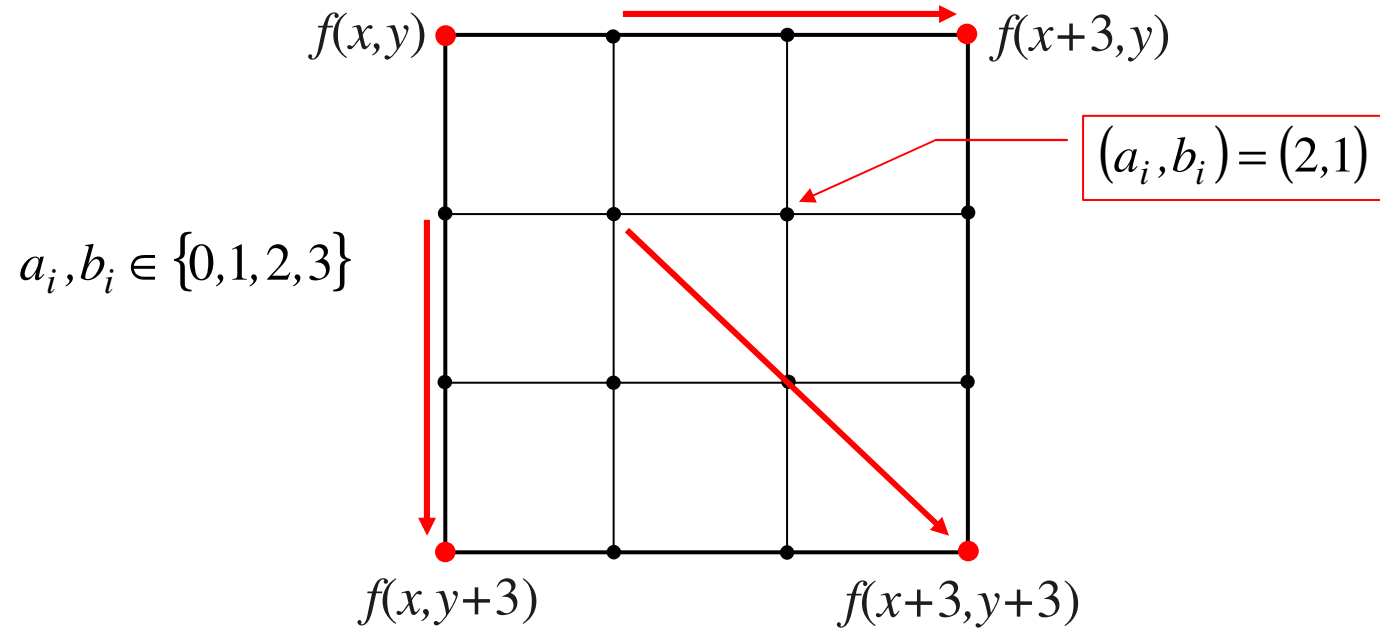


$$f(a,b) = (1-a)bf(x,y+1) + (1-a)(1-b)f(x,y) + a(1-b)f(x+1,y) + abf(x+1,y+1)$$

Uwaga: zmiana oznaczeń w porównaniu do skryptu



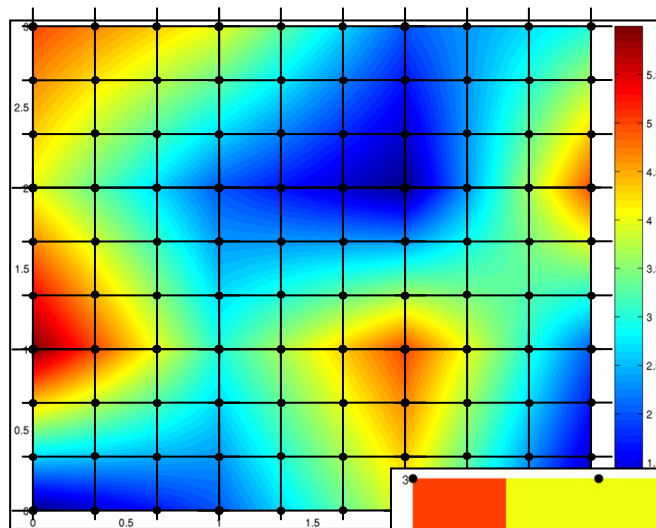
Przykład: interpolacja biliniowa 3-krotne powiększenie obrazu



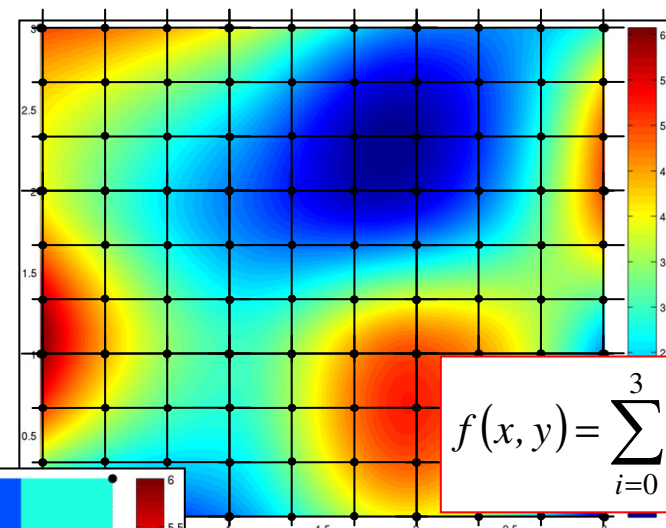
- - punkty interpolowane
- - punkty obrazu źródłowego



Porównanie metod interpolacji w dwóch wymiarach

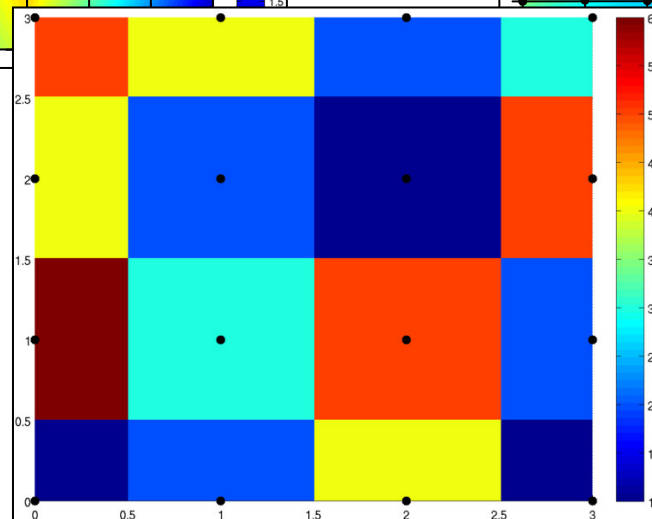


Biliniowa



$$f(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j$$

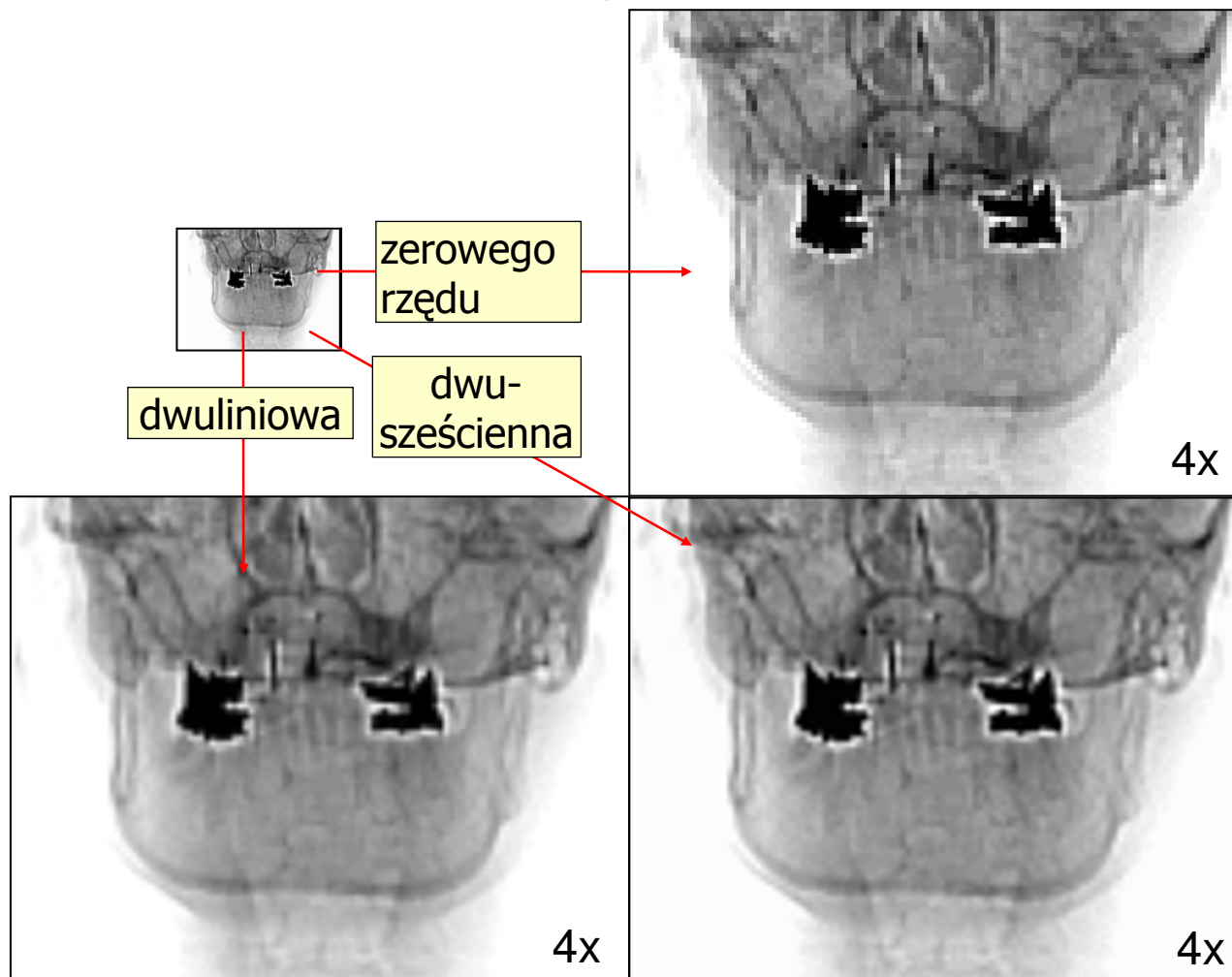
Dwusześcienna (ang. bicubic)
Interpolacja wielomianem 3-
go stopnia.



Najbliższego
sąsiada

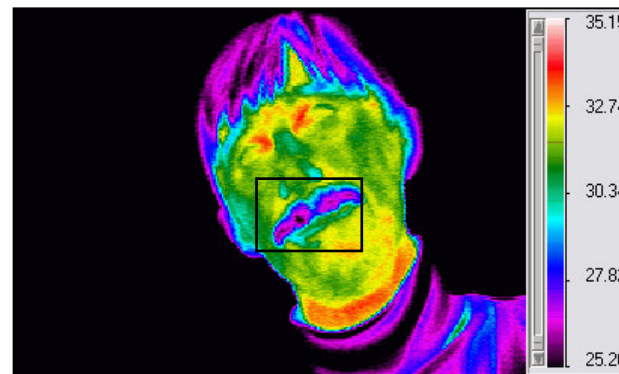


Porównanie metod interpolacji przy powiększaniu obrazu





Porównanie interpolacji zerowego rzędu i interpolacji biliniowej

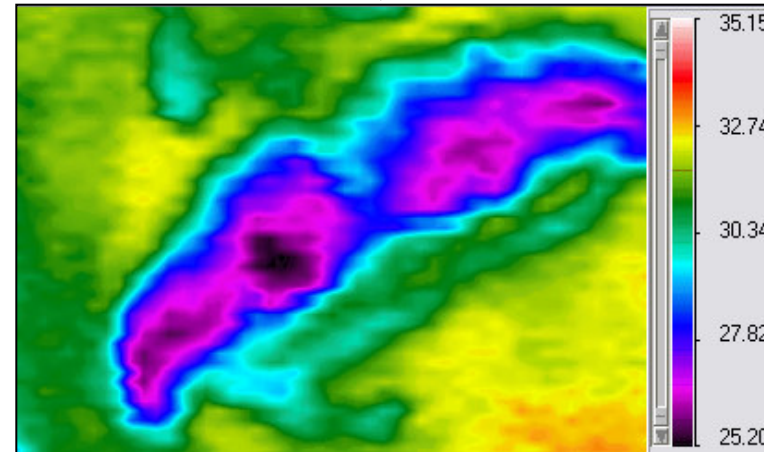
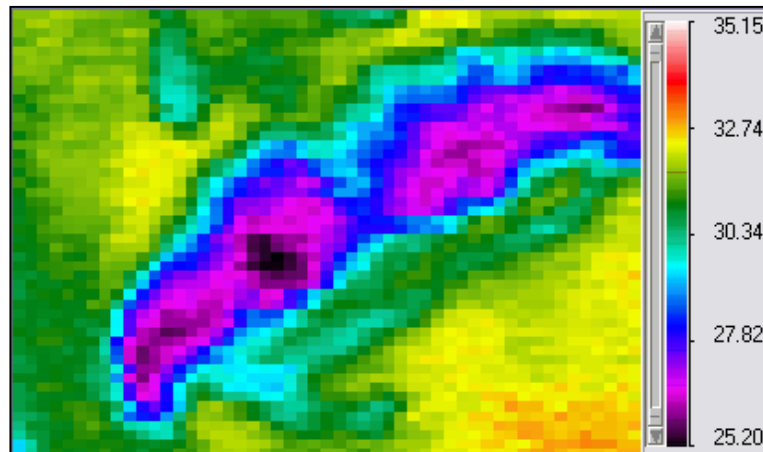


*Obrazy zarejestrowane
w Zakładzie Termografii
i Układów Elektronicznych,
Instytutu Elektroniki PŁ*

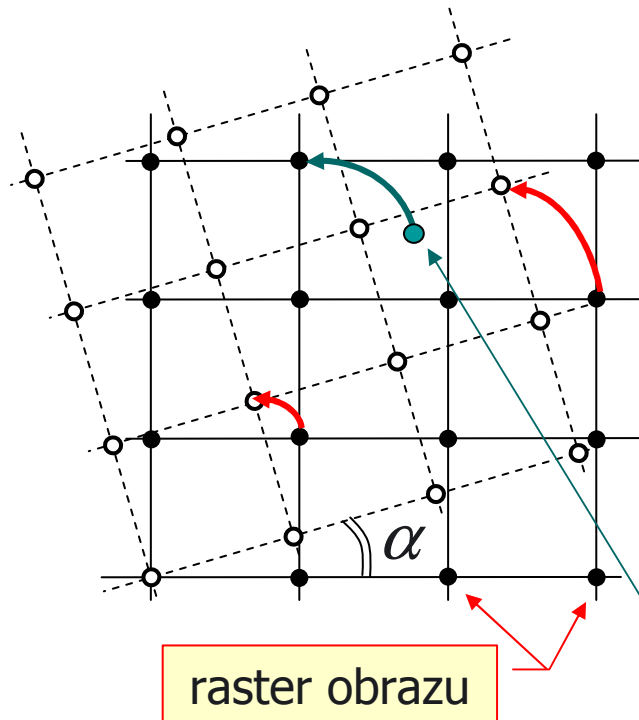
interpolacja zerowego rzędu

6x

interpolacja dwuliniowa



Interpolację należy też zastosować przy obrocie obrazu



Utrata szczegółów obrazu

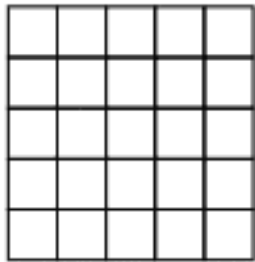
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{cases} x \cos \alpha - y \sin \alpha \\ x \sin \alpha + y \cos \alpha \end{cases}$$



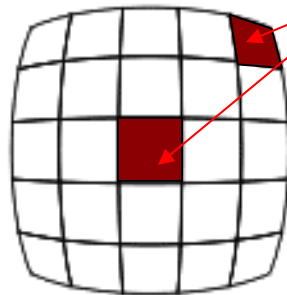
x', y' podstawiamy z rastra obrazu i znajdujemy x, y , tj. skąd z obrazu źródłowego pobrać punkt do wyświetlenia



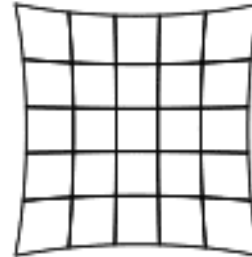
Typowe zniekształcenia geometryczne obrazu



oryginał

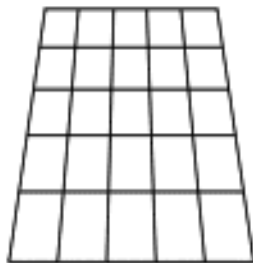


beczkowe

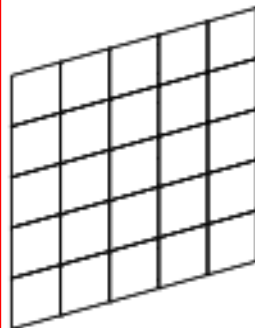


poduszkowe

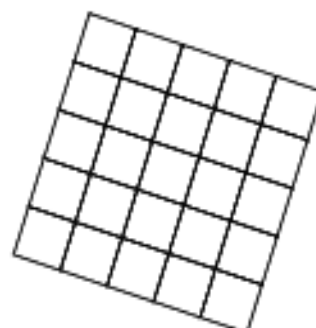
Różne wymiary liniowe
i pola powierzchni



perspektywiczne



skośne



rotacyjne

afiniczne

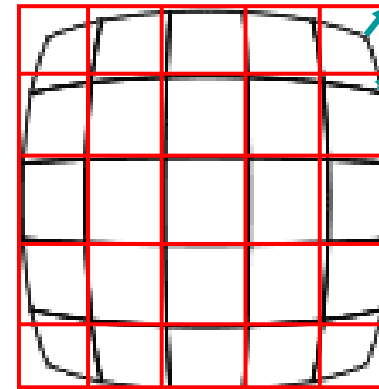


Korekcja zniekształceń geometrycznych

Aby przeprowadzić korekcję zniekształceń geometrycznych obrazu (liniowych lub nieliniowych) należy poznać funkcje zniekształcające:

$$x' = P(x, y)$$

$$y' = Q(x, y)$$



Dla przekształceń liniowych równanie upraszcza się do przekształcenia afinicznego.

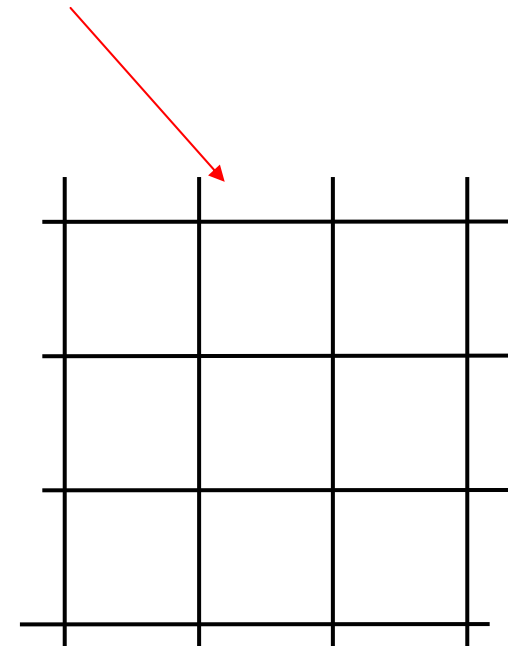
Dla przekształceń nieliniowych są to zależności wielomianowe lub trygonometryczne

Jak je wyznaczyć?



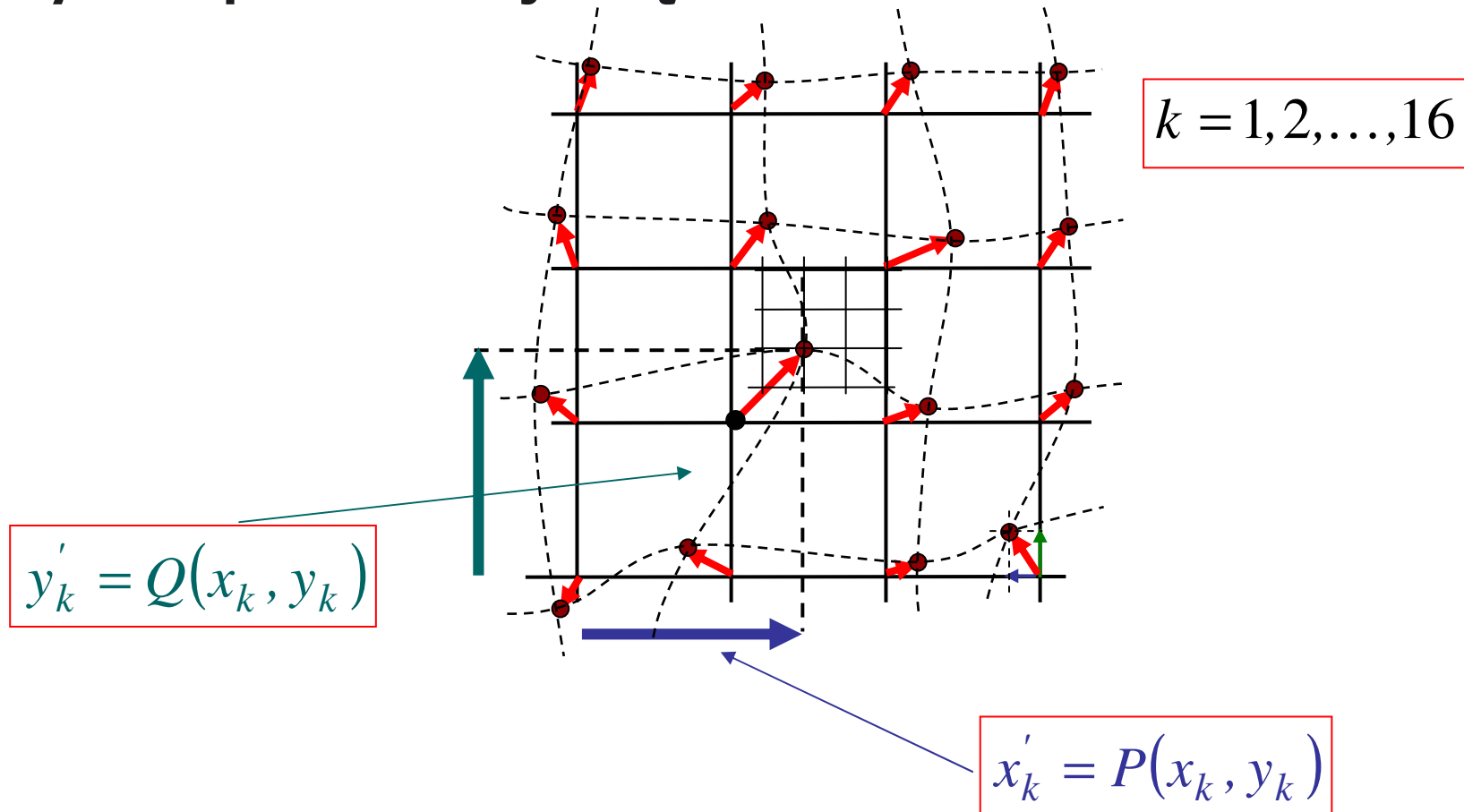
Procedura korekcji zniekształceń geometrycznych

1. Rejestruj obraz tablicy testowej w postaci siatki o znanych wymiarach
2. Wyznacz współrzędne węzłów siatki w obrazie
3. Wyznacz próbki funkcji P_k i Q_k w węzłach siatki
4. Aproksymuj P i Q dla całego pola obrazu
5. Koryguj współrzędne wszystkich punktów obrazu wg P i Q



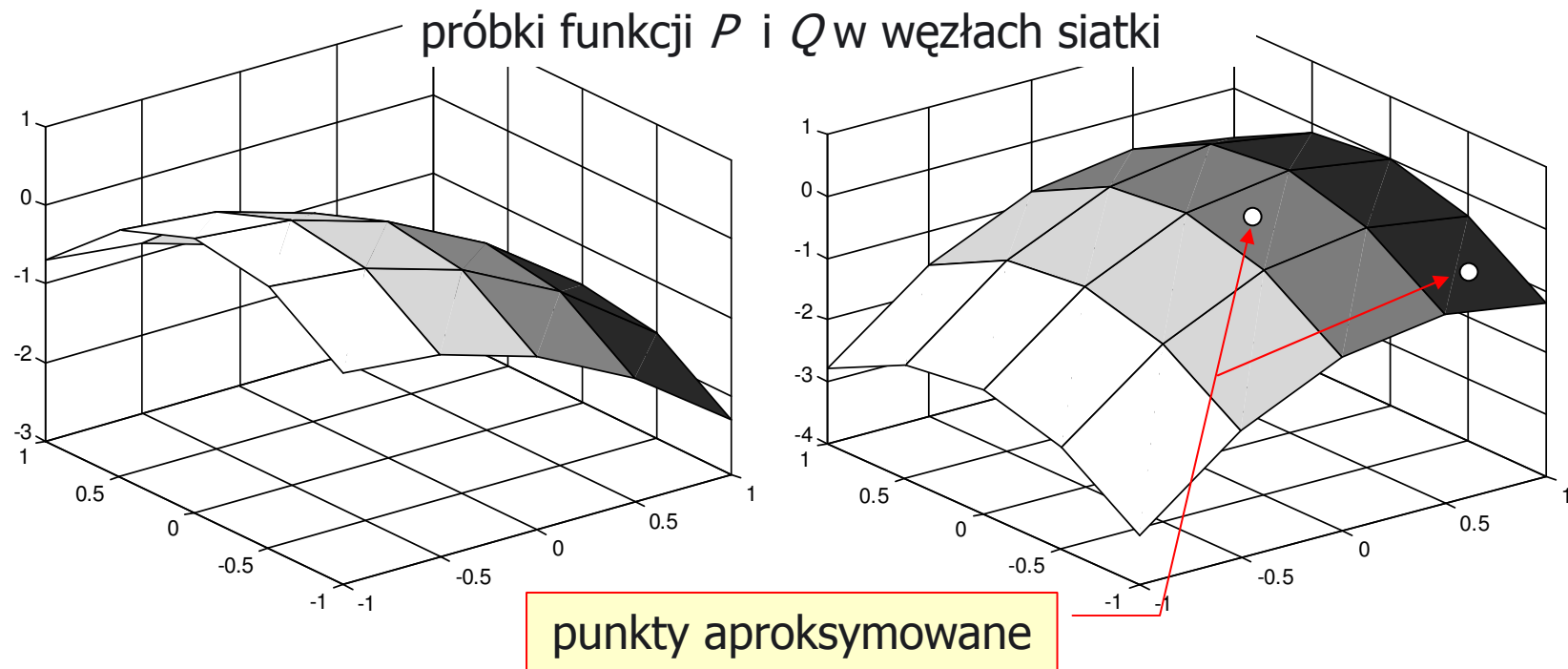


Wyznacz współrzędne węzłów siatki w obrazie i wyznacz próbki funkcji P i Q





Wyznacz próbki funkcji P i Q w węzłach



$$P(x_k, y_k)$$

$$Q(x_k, y_k)$$

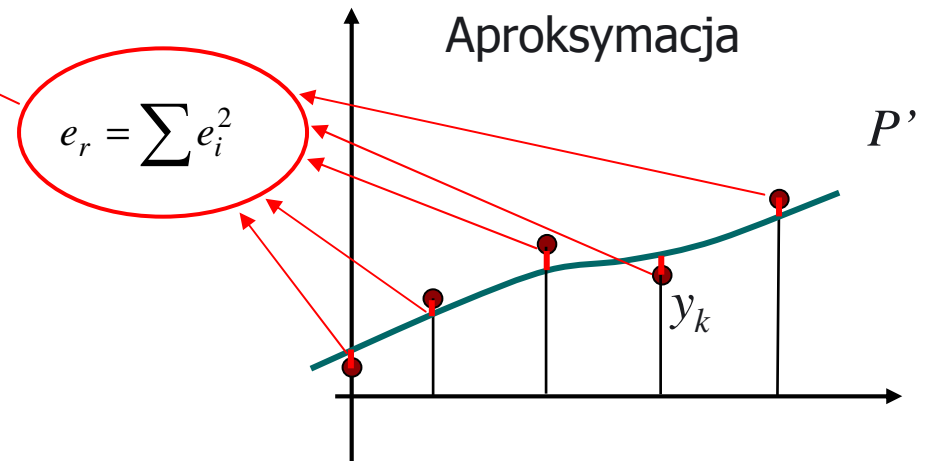
Aproksymuj P i Q dla całego pola obrazu

$$\begin{cases} e_r = \sum_{k=1}^M (P'(x_k, y_k) - P(x_k, y_k))^2 \\ e_s = \sum_{k=1}^M (Q'(x_k, y_k) - Q(x_k, y_k))^2 \end{cases}$$

gdzie:

$$\begin{cases} P'(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 \\ Q'(x, y) = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 \end{cases}$$

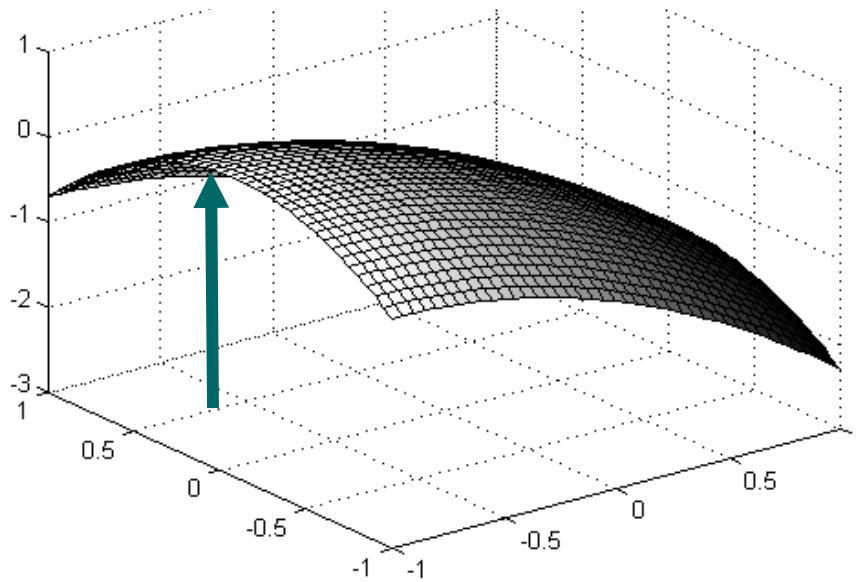
→ należy wyznaczyć 12 współczynników



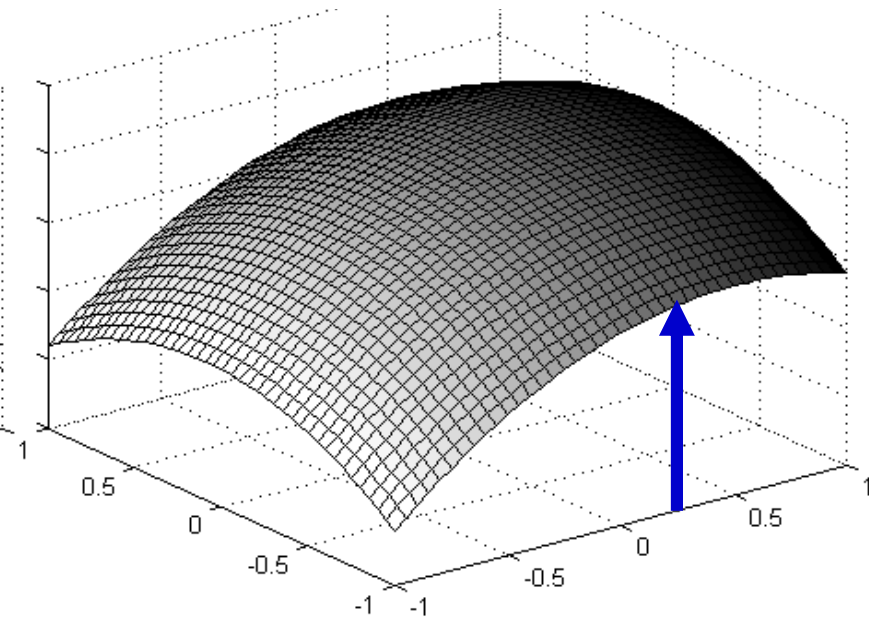


Aproksymuj P i Q dla całego pola obrazu

funkcje P' i Q' po aproksymacji (dane w postaci analitycznej)



$$P'(x, y)$$

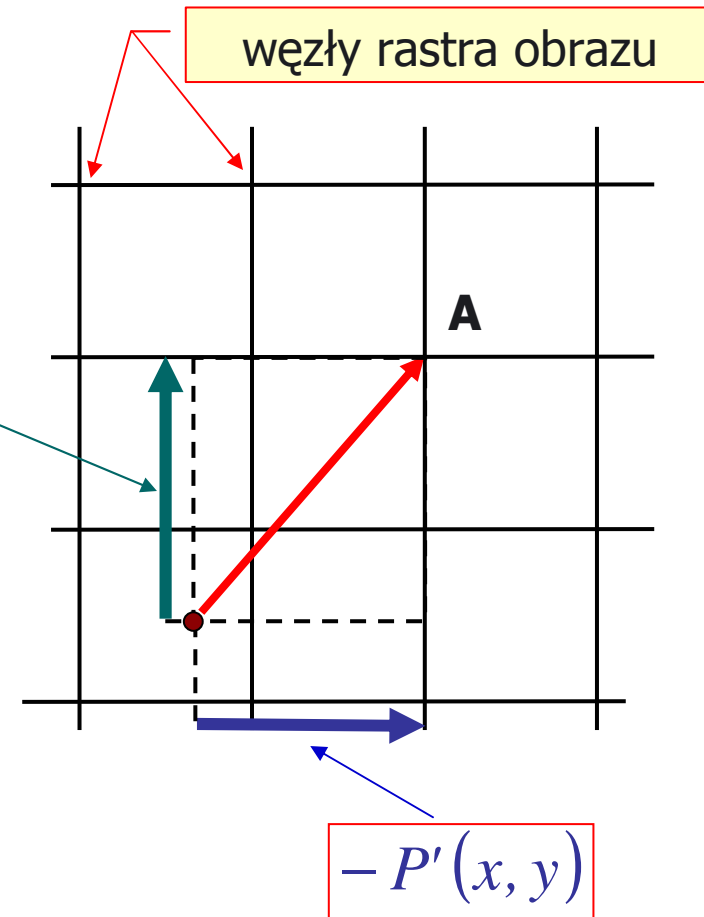


$$Q'(x, y)$$

Koryguj współrzędne wszystkich punktów obrazu wg P' i Q'

$$-Q'(x, y)$$

Podobnie jak przy obrotach obrazu dla punktów z rastra obrazu wyznaczamy wartości korekcji $-\Delta x$ i $-\Delta y$, które wskazują skąd z obrazu źródłowego pobrać punkt do wyświetlenia





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rejestracja obrazów tablicy testowej

Film

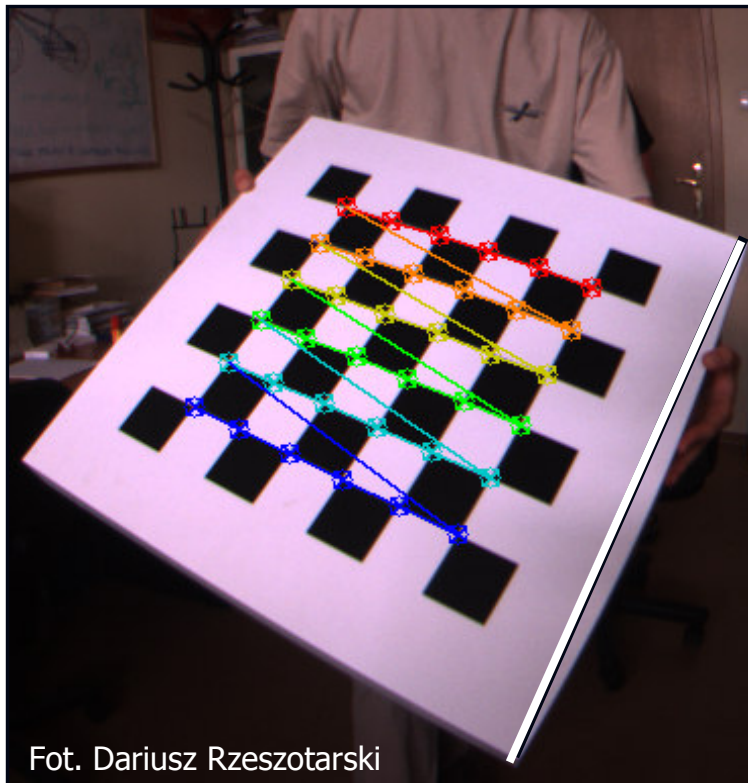


Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

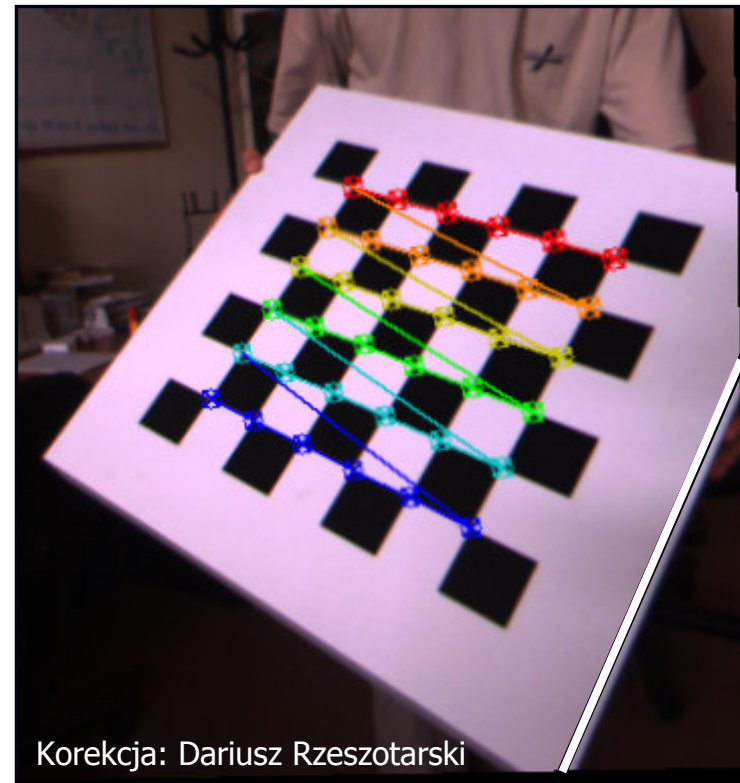
P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (6)



Wynik korekcji geometrycznej



Rejestrowany obraz



Obraz po korekcji geometrycznej



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

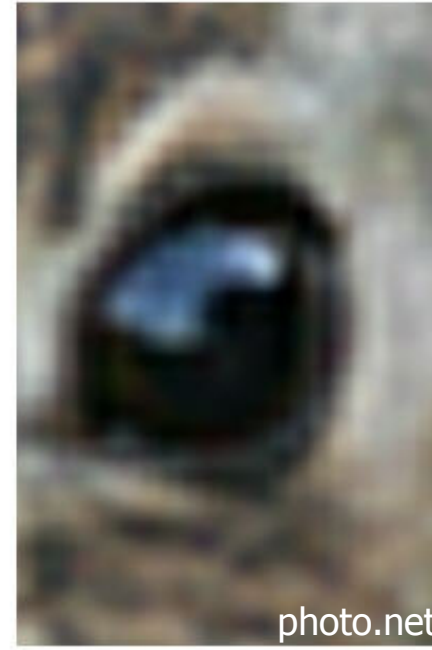
Powiększenie optyczne a powiększenie cyfrowe



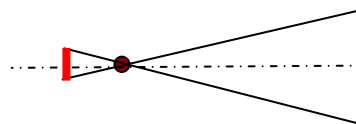
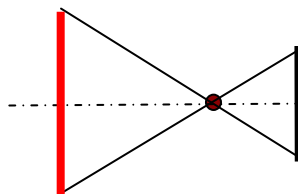
Original



10x Optical



10x Digital



Interpolacja
biliniowa



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

P. Strumiłło, Wstęp do komputerowej analizy obrazów (6)



Podsumowanie

- Kiedy celowo stosujemy przekształcenia geometryczne obrazu (zmiana skali, obroty, ... efekty specjalne)
- ... a kiedy korygujemy zniekształcenia geometryczne (pomiary rozmiarów liniowych i pól powierzchni)
- Potrzeba stosowania metod interpolacji funkcji dwuwymiarowej
- **Uwaga:** obraz interpolowany może utracić istotne szczegóły obrazu źródłowego
- Zoom optyczny a zoom cyfrowy

