



Modelowanie dyskretne

Metody analizy obrazu - modele cyfrowej reprezentacji mikrostruktury

Prof. dr hab. inż. **Łukasz Madej**
Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania
Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

Budynek B5
p. 716
lmadej@agh.edu.pl
home.agh.edu.pl/lmadej



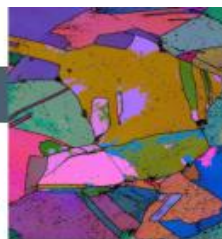
Przypomnienie

Metale

Kompozyty

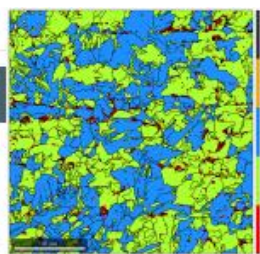
Ceramika

Polimery

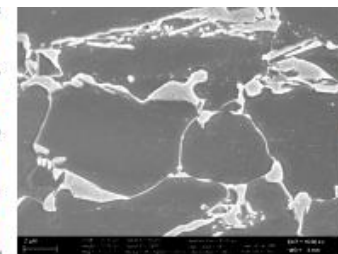


Miedź OFHC

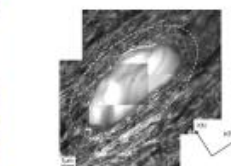
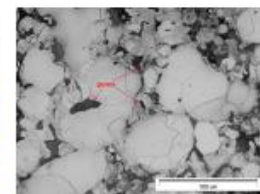
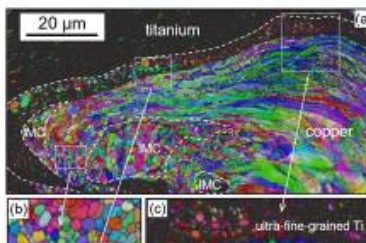
Badania własne



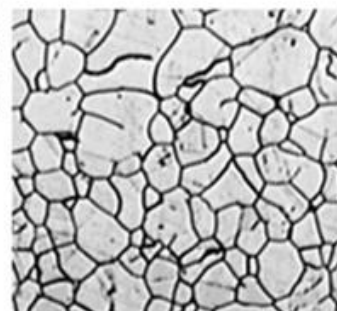
CP - Aachen



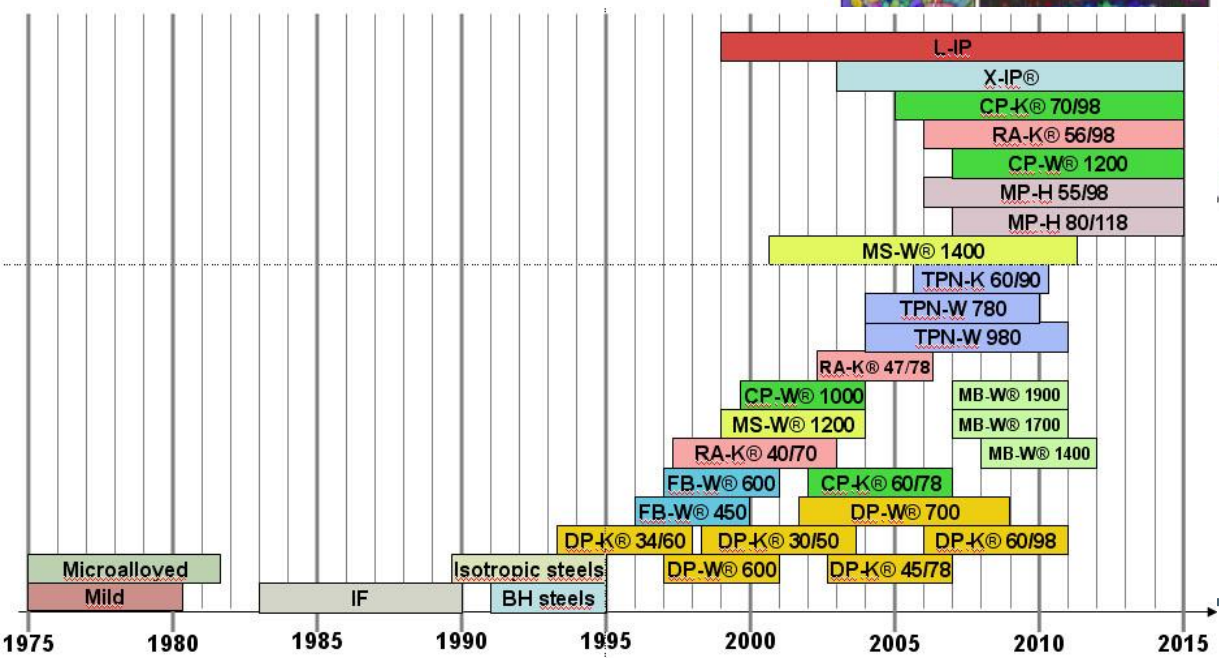
Stal DP (zdjęcie udostępnione przez prof. Romana Kuziaka, Instytut Metalurgii Żelaza IMZ)



Wtrącenie w stopie aluminium (zdjęcie udostępnione przez prof. Henryka Pasula, Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN)



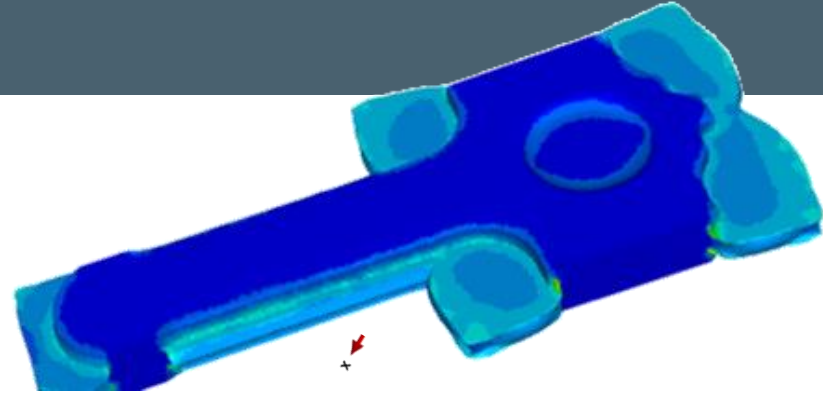
Fe-30Ni (Fang Bai Microstructural evolution in a model Fe-30Ni alloy during plane strain compression, praca doktorska, Uniwersytet, Sheffield)



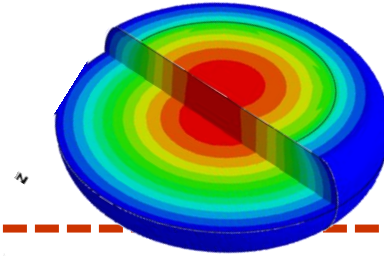
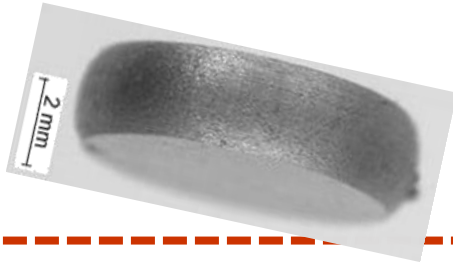


Przypomnienie

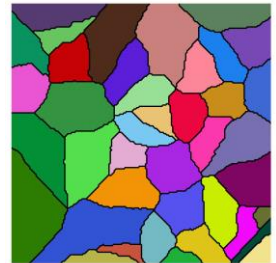
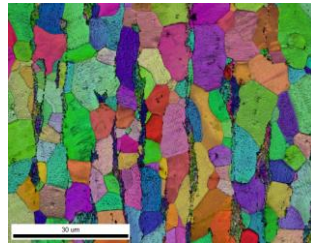
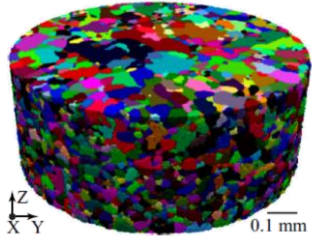
macro



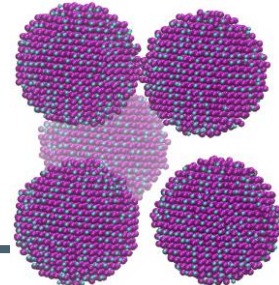
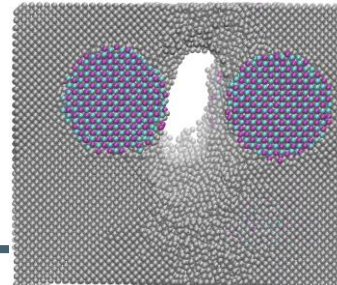
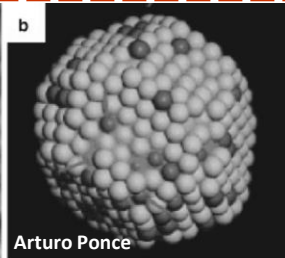
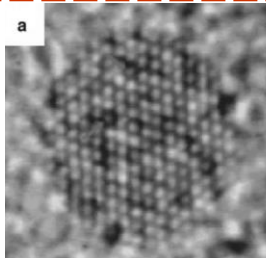
mezo



micro



nano

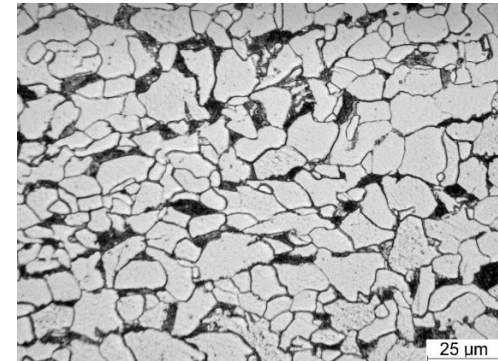




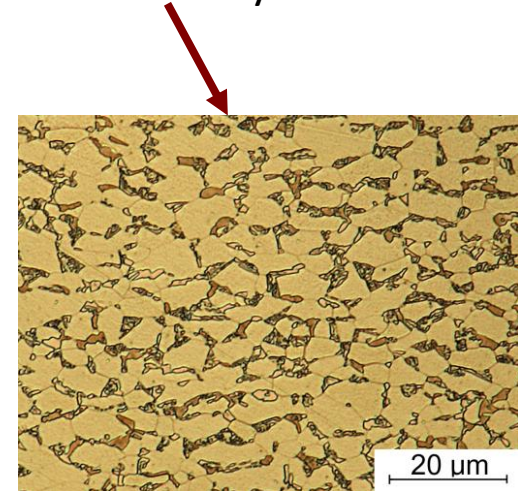
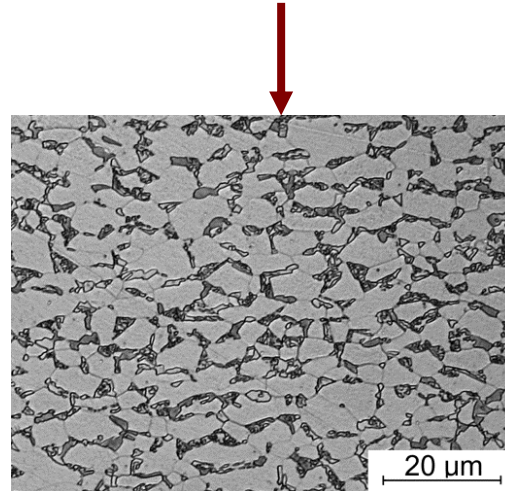
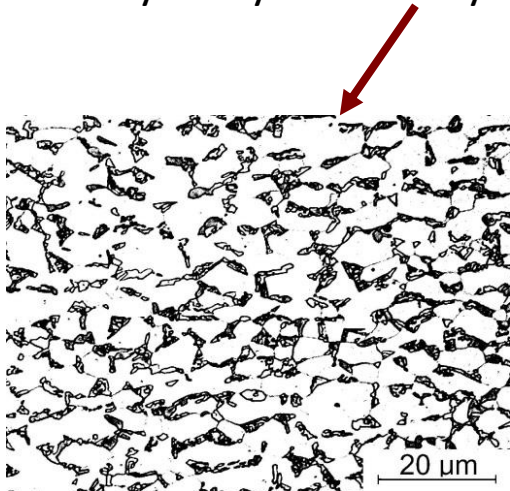
Metody analizy obrazu



Obraz cyfrowy - reprezentacja obrazu danego obiektu, który zdefiniowany jest jako funkcja dwuwymiarowa, $f(x,y)$, gdzie x i y to współrzędne przestrzenne, a amplituda f , dla dowolnej pary współrzędnych jest np. poziomem szarości obrazu w tym punkcie.



Zdjęcia zglądów metalograficznych mogą być reprezentowane poprzez w trzech formatach obrazów cyfrowych: binarnym, w skali odcieni szarości oraz obraz kolorowym:

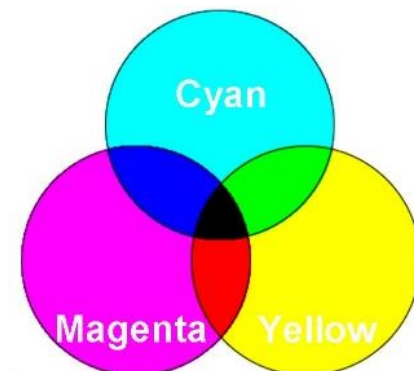
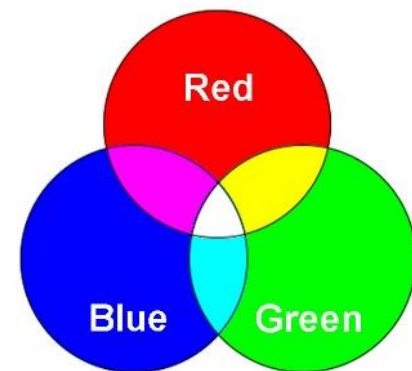




Modelu koloru

Kolorowe obrazy cyfrowe są definiowane w przestrzeniach koloru z wykorzystaniem modeli matematycznych w postaci trójwymiarowych przestrzeni barw. Jednymi z najczęściej stosowanych modeli koloru są:

- **RGB,** → **model addytywny** - kolory tworzone są na zasadzie dodawania poszczególnych składowych
- YIQ,
- YUV,
- HSV,
- HSI,
- CIE Lab
- CIE,
- **CMY(K).** → **model substraktywny** - kolor jest generowany na zasadzie odejmowania poszczególnych składowych



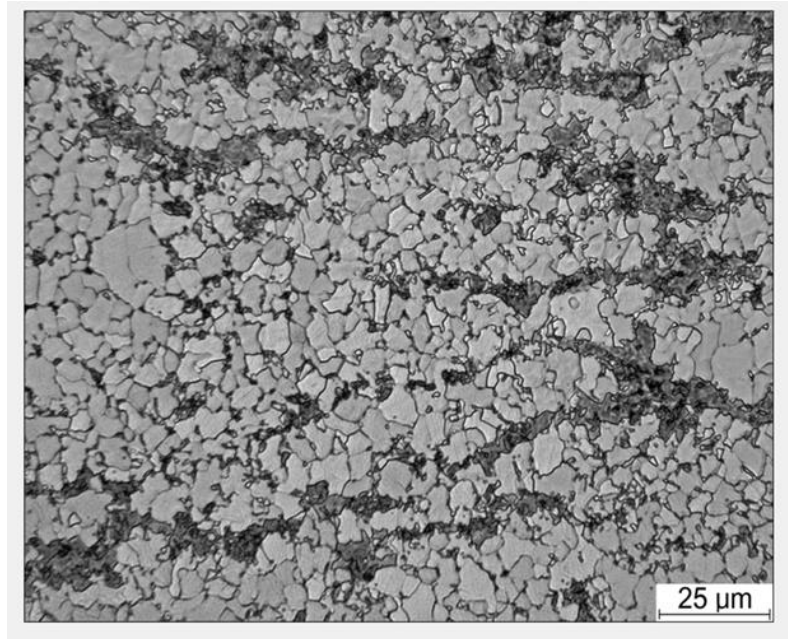


Metody analizy obrazu umożliwiają przejście od zdjęcia badanego zglądu metalograficznego do jego postaci cyfrowej, w przypadku której poszczególne cechy morfologiczne są jednoznacznie określone poprzez tzw. indeksację (etykietowanie) obiektów (labelling).





Mikroskop świetlny



Zdjęcie zglądu metalograficznego



Metody analizy obrazu



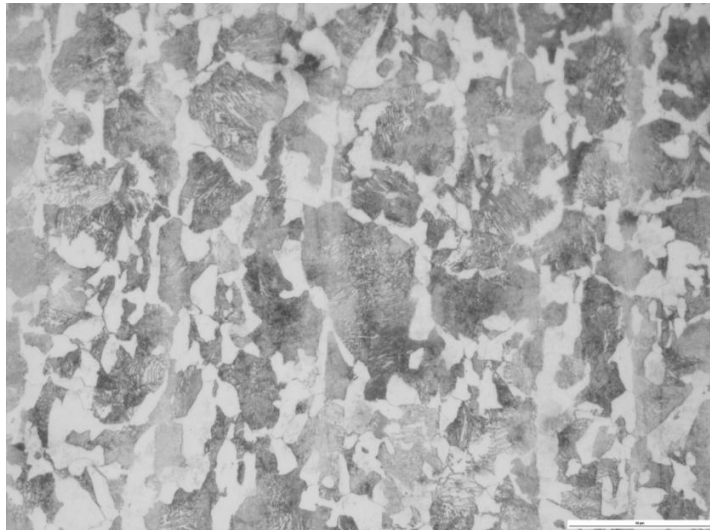
Algorytmy analizy obrazu w zastosowaniu do zdjęć mikrostruktur materiałów metalicznych zazwyczaj obejmują etapy przetwarzania wstępnego, segmentacji, identyfikacji i wyznaczania cech oraz interpretacji.





Przetwarzanie wstępne

przekształcenia geometryczne – przesunięcia, obroty, odbicia i inne przekształcenia obrazu mające na celu korektę błędów optyki;





przekształcenia bezkontekstowe, tzw. punktowe – mają na celu modyfikację kolejnych punktów obrazu z wykorzystaniem operacji logicznych i arytmetycznych **zazwyczaj bez uwzględnienia stanu sąsiadów rozpatrywanego punktu**; typowymi operacjami punktowymi wykonywanymi na obrazie są: **binaryzacja**, negatyw, rozjaśnianie lub ściemnianie obrazu;

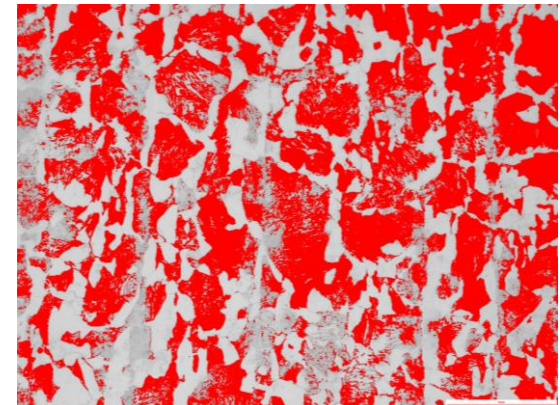


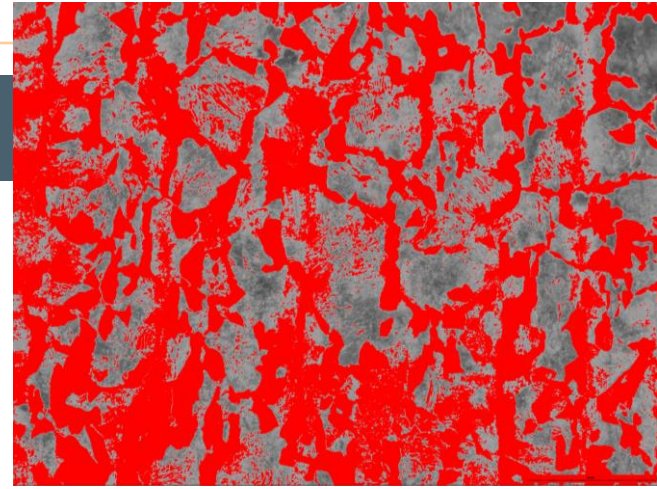
Redukcja obrazów kolorowych lub w odcieniach szarości do obrazu binarnego, którego piksele mają wartość 0 i 1.

binaryzacja z dolnym progiem: $L'(m, n) = \begin{cases} 0; & L(m, n) \leq a \\ 1; & L(m, n) > a \end{cases}$ → próg binaryzacji

wartość punktu w obrazie wynikowym

jasności punktu w obrazie źródłowym





- binaryzację górnym progiem: $L'(m, n) = \begin{cases} 0; & L(m, n) \geq a \\ 1; & L(m, n) < a \end{cases}$

- binaryzację z podwójnym ograniczeniem: $\begin{cases} 0; & L(m, n) \leq a_1 \\ 1; & a_1 < L(m, n) \leq a_2, \\ 0; & L(m, n) > a_2 \end{cases}$

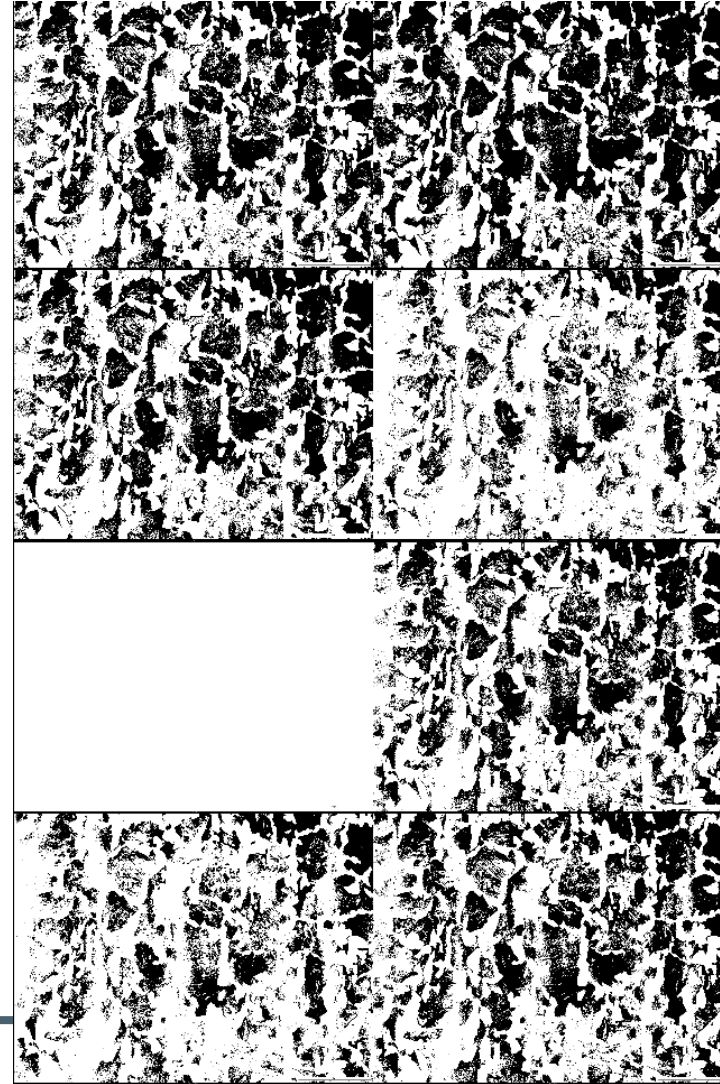
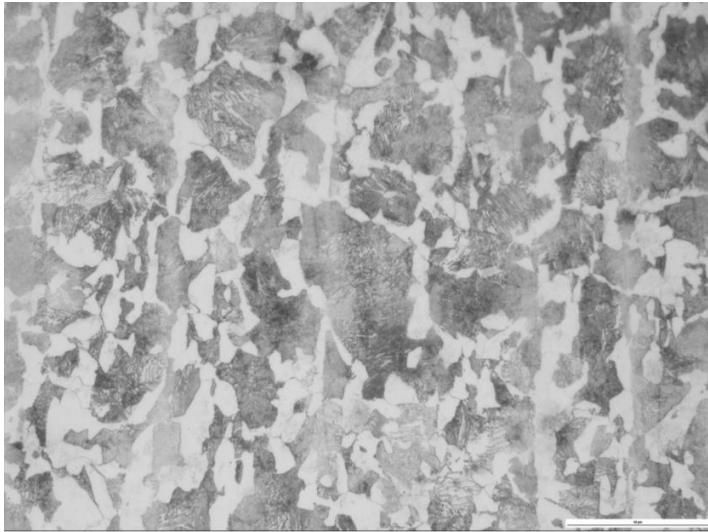
a_1, a_2 - progi binaryzacji.

- binaryzację warunkowa: $\begin{cases} 0; & L(m, n) \leq a_1 \\ s; & a_1 < L(m, n) \leq a_2 \\ 1; & L(m, n) > a_2 \end{cases}$

s - wartość sąsiadujących punktów, $s \in \{0,1\}$.



Kluczowe zagadnienie podczas operacji binaryzacji to właściwe znalezienie progu binaryzacji!



histogram

poziom szarości

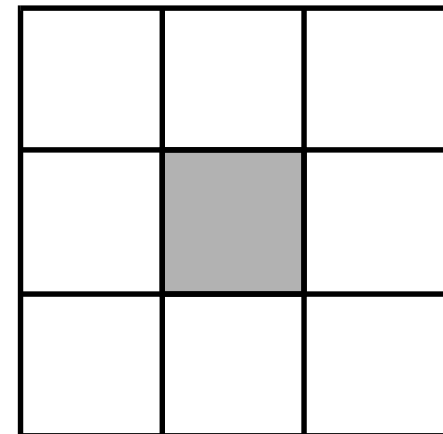
I. pikseli



przekształcenia kontekstowe – mają na celu modyfikację kolejnych elementów obrazu w zależności **od stanu ich samych lub otoczenia**; typowym przykładem przekształcenia kontekstowego jest filtracja obrazu z wykorzystaniem filtrów liniowych i nieliniowych;

- Stłumienie w obrazie niepożądanego szumu
- Wzmocnienie w obrazie pewnych elementów zgodnych z posiadany wzorcem
- Usunięcie określonych wad z obrazu
- Poprawa obrazu o złej jakości technicznej
- Rekonstrukcja obrazu, który uległ częściowemu zniszczeniu

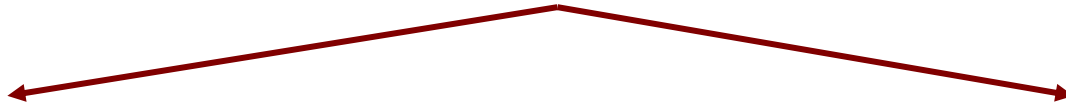
Dla wyznaczenia wartości jednego piksela na obrazie, konieczne jest wykonanie obliczeń na wielu pikselach z jego sąsiedztwa.



Struktura kontekstu



Przekształcenia kontekstowe



Liniowe – obraz wejściowy zostaje poddany filtracji w oparciu o liniową kombinację jego pikseli.

Nieliniowe – obraz wejściowy zostaje poddany filtracji w oparciu o nieliniową kombinację jego pikseli.



Linowe

Konwolucja inaczej nazywana splotem funkcji, dla obrazu dyskretnego przyjmuje postać:

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

↓
Obraz wyjściowy

↓
Maska przekształcenia/
Macierz konwolucji

↘
Obraz wejściowy

Maska przekształcenia

$w(-1,-1)$	$w(-1,0)$	$w(-1,1)$
$w(0,-1)$	$w(0,0)$	$w(0,1)$
$w(1,-1)$	$w(1,0)$	$w(1,1)$

	$f(x-1,y-1)$	$f(x-1,y)$	$f(x-1,y+1)$	
	$f(x,y-1)$	$f(x,y)$	$f(x,y+1)$	
	$f(x+1,y-1)$	$f(x+1,y)$	$f(x+1,y+1)$	

Obraz oryginalny



		$g(x,y)$		

Obraz wyjściowy



Linowe

Filtr dolnoprzepustowy

$$\begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \\ w_4 & w_5 & w_6 \\ w_7 & w_8 & w_9 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Po zastosowaniu filtru w obrazie likwidowane są niewielkie zakłócenia

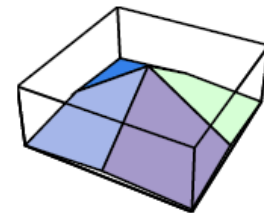
Filtr górnoprzepustowy

$$\begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \\ w_4 & w_5 & w_6 \\ w_7 & w_8 & w_9 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Po zastosowaniu filtru w obrazie dochodzi do uwypuklenia pewnych elementów np.: granic ziaren

Filtr Gaussa

$$\begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \\ w_4 & w_5 & w_6 \\ w_7 & w_8 & w_9 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 \\ 4 & 32 & 4 \\ 1 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$





Nieliniowe

Filtr medianowy – wartością wyjściową dla każdego piksela jest mediana wartości pikseli w jego sąsiedztwie

Mediana rozumiana jest jako środkowa wartość piksela w uporządkowanym rosnąco ciągu wartości jasności pikseli w otoczeniu przetwarzanego punktu.

$$\begin{bmatrix} 14 & 56 & 2 \\ 1 & 208 & 15 \\ 6 & 11 & 16 \end{bmatrix}$$

Mediana dla {1,2,6,11,**14**,15,16,56,208} wynosi 14.

Filtr medianowy spowoduje, że wartość przetworzonego piksela będzie przyjmowała wartość 14 na obrazie wynikowym.

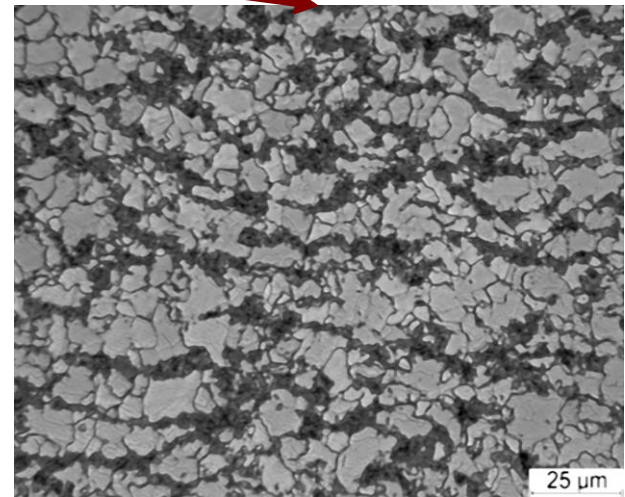
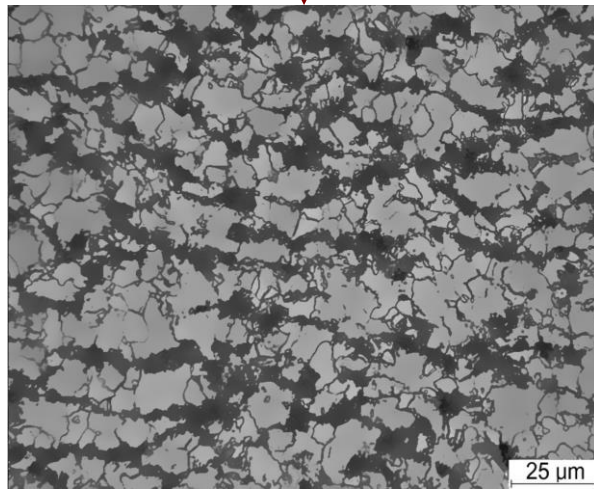
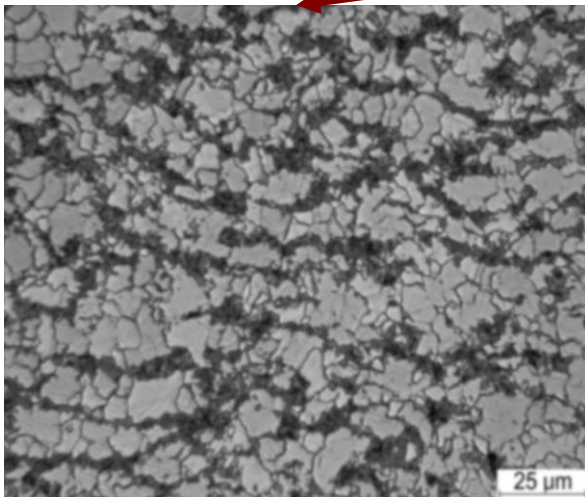
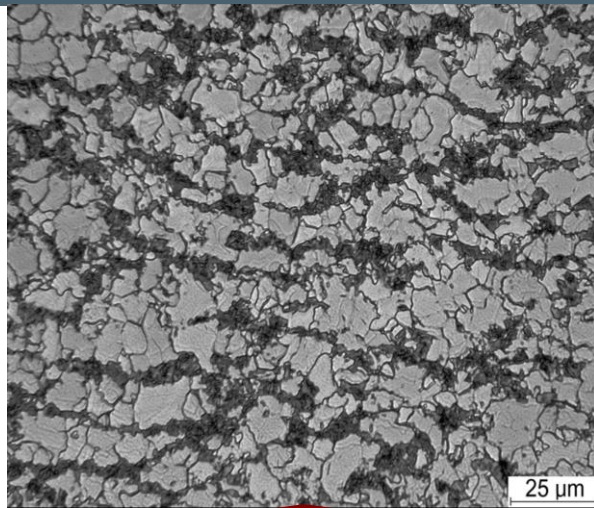
Inne przykłady:

Filtr Kuwahary – wartością wyjściową jest średnia wartość tego z czterech regionów, który charakteryzuje się najmniejszą wariancją.

Filtry adaptacyjne - zmieniają charakterystykę działania w zależności od cech obrazu.



Przykłady działania różnych filtrów





Wykrywanie krawędzi

Operator Sobela – pochodna pierwszego rzędu, oddziela wszystkie krawędzie obrazu, niezależnie od ich kierunku.

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

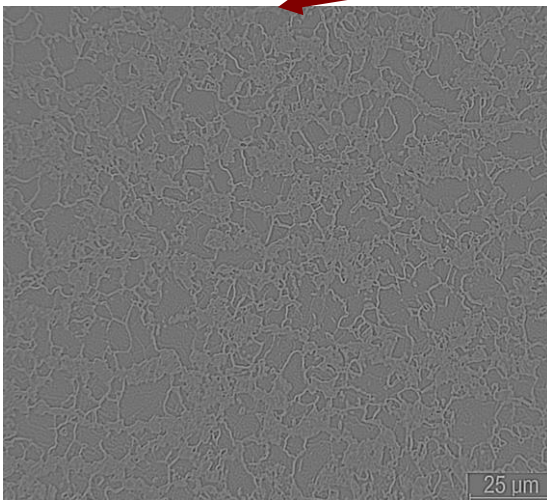
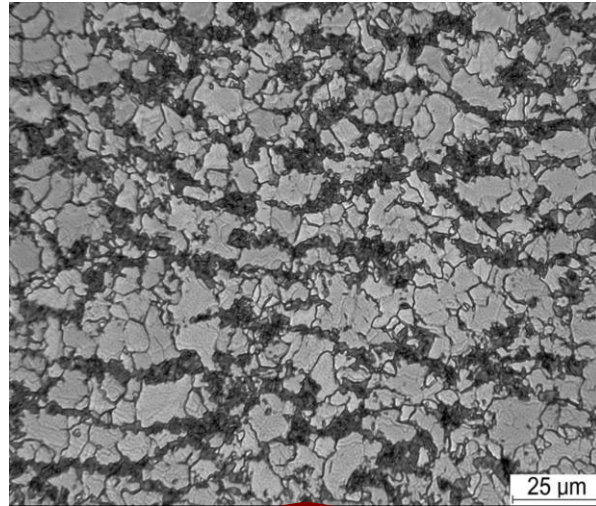
identyfikuje krawędzie poziome identyfikuje krawędzie pionowe

Laplasjan - kombinacja drugich pochodnych cząstkowych funkcji wejściowej $L(m,n)$.

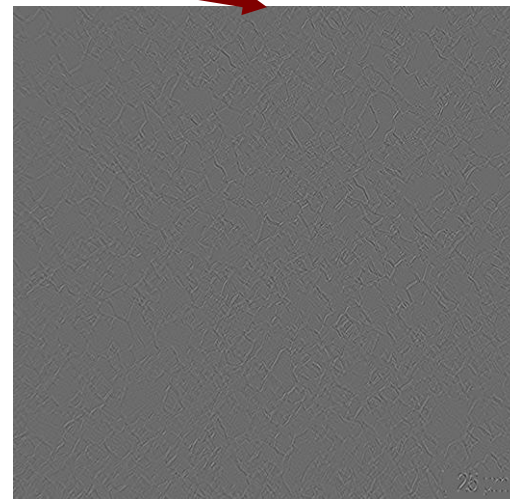
$$L'(m, n) = \frac{\partial^2 L(m, n)}{\partial m^2} + \frac{\partial^2 L(m, n)}{\partial n^2}$$

W praktyce Laplasjan to wynik konwulsji obrazu z maską np.:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$



Laplasjan



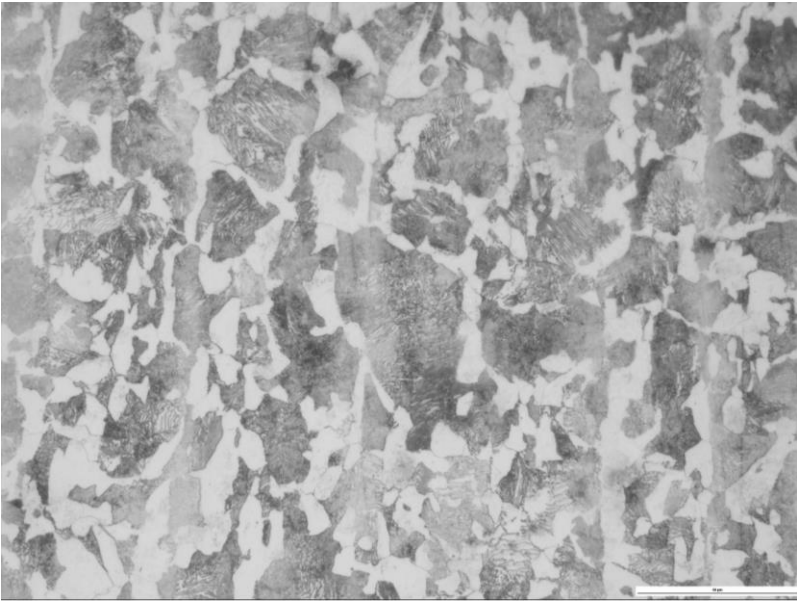
Sobel



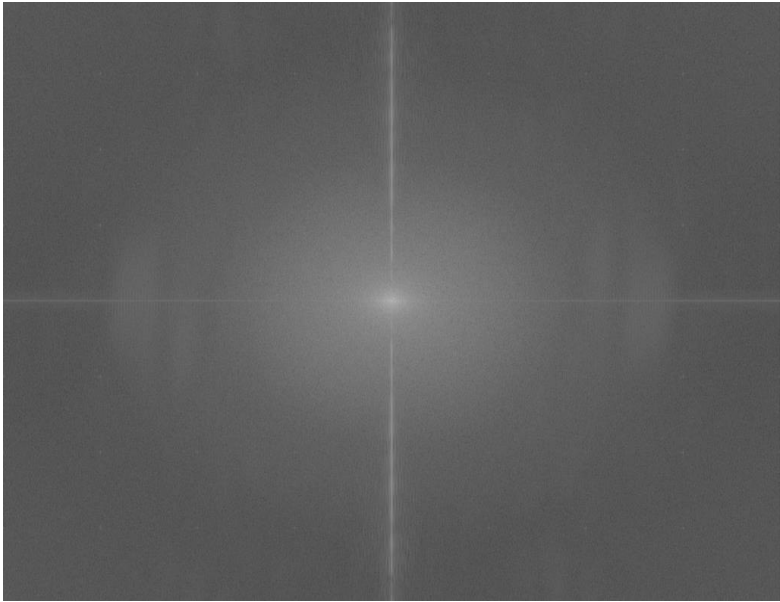
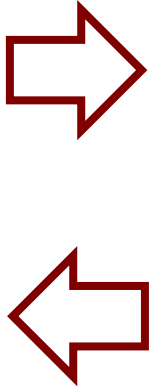
przekształcenia widmowe – wykorzystują transformatę Fouriera (przekształcenie w dziedzinie częstości przestrzennych obrazu) do zmiany struktury danych wejściowych:

$$F(i, k) = \beta_L \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} L(m, n) \exp\left(\frac{-2j\pi mi}{M}\right) \exp\left(\frac{-2j\pi nk}{N}\right)$$

$i=0, \dots, M-1, k=0, \dots, N-1$



MxN



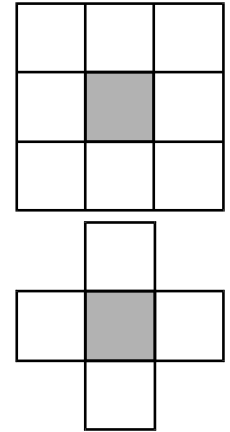
widmo częstotliwościowe obrazu





przekształcenia morfologiczne – wykorzystywane są do modyfikacji tylko wybranej części obrazu, której otoczenie jest zgodne z elementem strukturalnym;

- Element strukturalny jest przemieszczany po całym obrazie tak, aby analizowany piksel był punktem centralnym elementu strukturalnego.
- Dla każdego takiego punktu następuje porównanie zgodności jego otoczenia z wzorcem elementu strukturalnego.
- W przypadku zgodności, następuje wykonanie operacji na badanym punkcie – np. zmiana przypisanej mu wartości.



Przekształcenia takie wykonywane są w sposób iteracyjny, to umożliwia szczególnie subtelne planowanie przekształceń i ocenę ich wyników; typowymi operacjami morfologicznymi są **erozja** i **dylatacja** (Operacje te zostały opracowane przez Hermanna Minkowskiego)

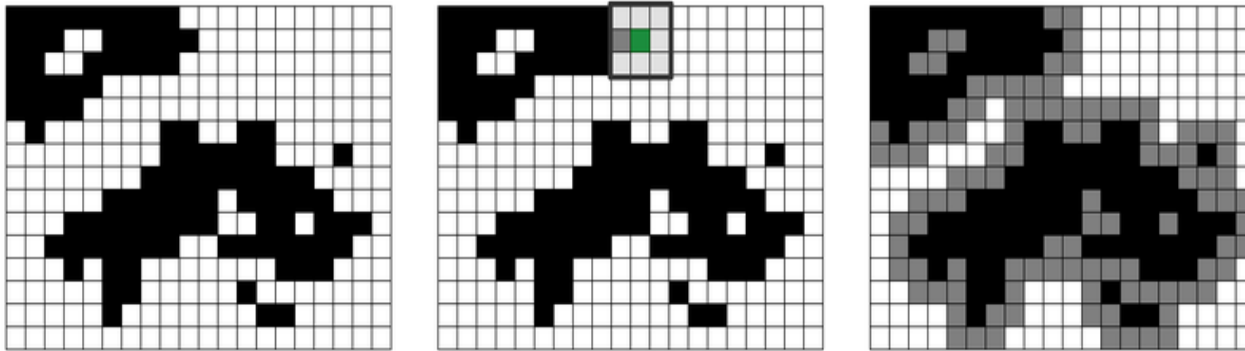




dylatacja

Jeżeli choć jeden piksel z sąsiedztwa objętego przez element strukturalny ma wartość równą **jeden**, punkt centralny również otrzymuje wartość jeden.

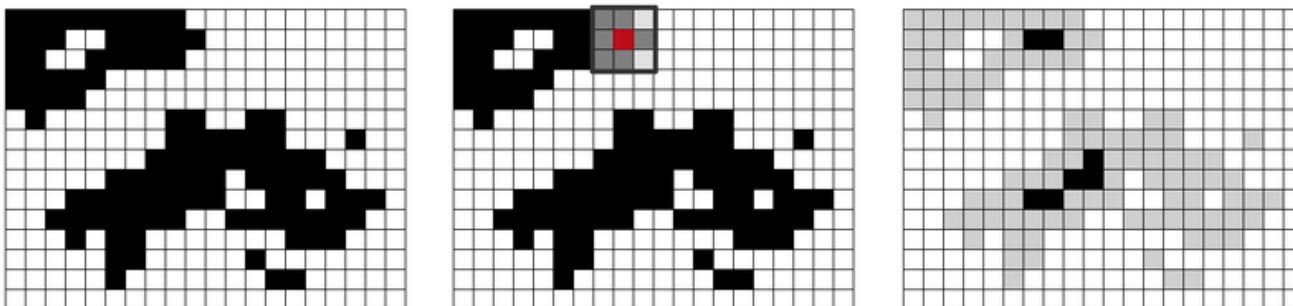
W przeciwnym wypadku przypisywane jest mu zero.

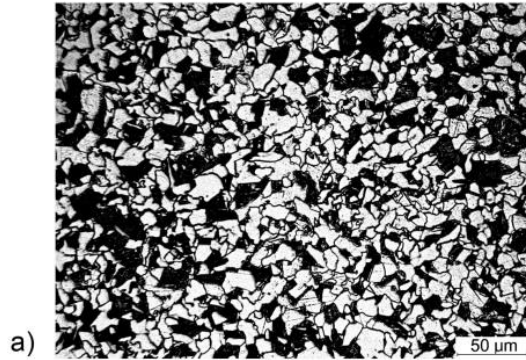


erozja

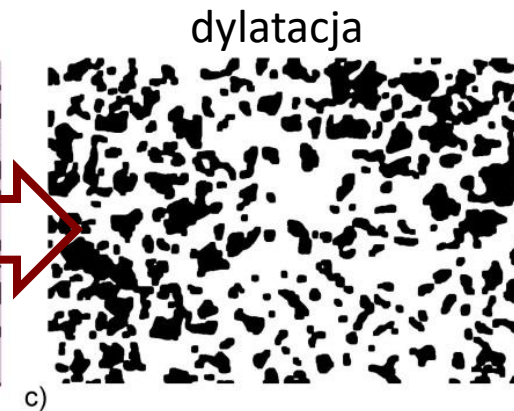
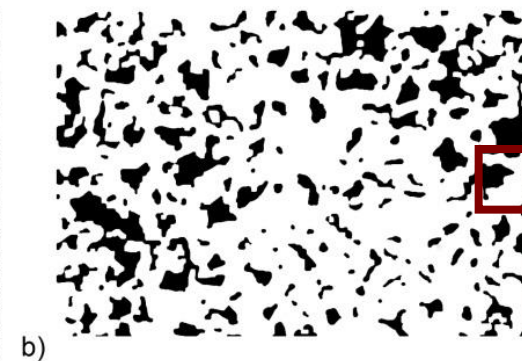
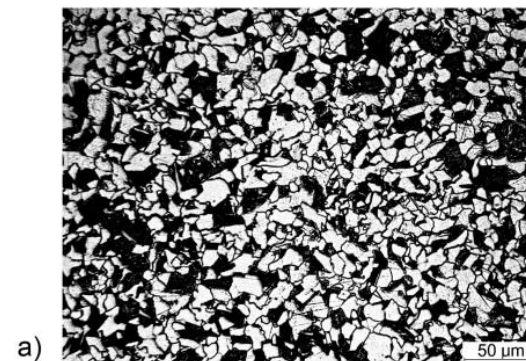
Jeżeli choć jeden piksel z sąsiedztwa objętego przez element strukturalny ma wartość równą **zero**, punkt centralny również otrzymuje wartość zero.

W przeciwnym wypadku jego wartość nie ulega zmianie.





binaryzacja





Otwarcie morfologiczne jest równoważne nałożeniu operacji dylatacji na wynik erozji obrazu pierwotnego: usunięcie małych, izolowanych obiektów, jak również wygładzenie konturów obiektu binarnego.

Domknięcie morfologiczne jest równoważne nałożeniu operacji erozji na wynik dylatacji obrazu pierwotnego: usuwanie małych dziur czy też łączenie wąskich przesmyków między obiektami.



dylatacja

erozja





Analizowana cecha lub właściwości	Tradycyjna analiza wykorzystująca ludzki system wzorku	Analiza obrazu wspomaganą komputerowo
Zmęczenie po przedłużonej pracy	Bardzo czuła	Niewrażliwa
Wrażliwość na iluzję	Bardzo czuła	Niewrażliwa
Wymagana jakość obrazu	Średnia jakość może być akceptowana przy analizie ilościowej	Obrazy do automatycznej analizy obrazu muszą odpowiadać standardom o najwyższej jakości
Powtarzalność wyników	Niska	Pełna powtarzalność analizy automatycznej oraz wysoka powtarzalność w analizie półautomatycznej
Odtwarzalność wyników	Niska	Pełna odtwarzalność
Jakościowa ocena mikrostruktury	Może być bardzo dobra	Słaba i trudna do zautomatyzowania
Ilościowa analiza mikrostruktury	Czasochłonna, niektóre parametry nie mogą być wyznaczone	Może być bardzo dobra
Koszty analizy	Względnie niskie przy analizie pojedynczych próbek, szybko wzrastają wraz ze wzrostem liczby próbek	Wysokie przy analizie pojedynczych próbek, znacznie spadają przy masowej, rutynowej analizie
Szybkość analizy	Mąta, zwłaszcza w analizie ilościowej	Może być bardzo duża
Doświadczenie operatora	Silnie wpływa na wyniki	Pomijalne/nieistotne w rutynowych zadaniach, bardzo ważne w przypadku wdrażania systemu



Segmentacija

Cdn...

