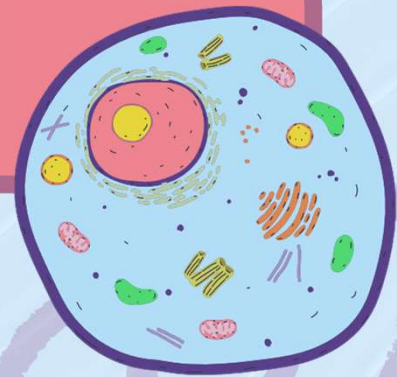


DETECTIA SI NUMARAREA CELULELOR INTR-O PROBA MICROSCOPICA

STUDENT: JARDA ADINA-IONELA
COORDONATOR: BREHAR RALUCA



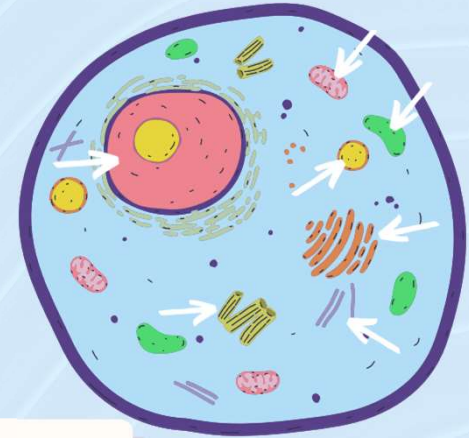
DESCRIEREA TEMEI

Descrierea temei se axeaza pe procesarea imaginilor medicale si biologice, cu focus pe analiza microscopica a tesuturilor si culturilor celulare. Cercetarea se concentreaza pe aspecte fundamentale si aplicative din biologia celulara. Importanta acestei teme deriva din necesitatea analizei automate a celulelor pentru cercetare medicala si diagnostice.

Totodata, se urmareste accelerarea proceselor de analiza care altfel ar fi manuale si subiective.

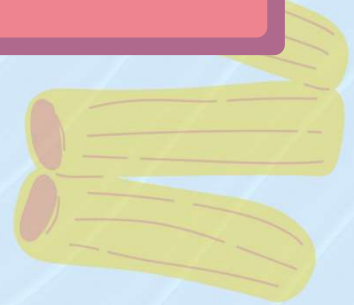


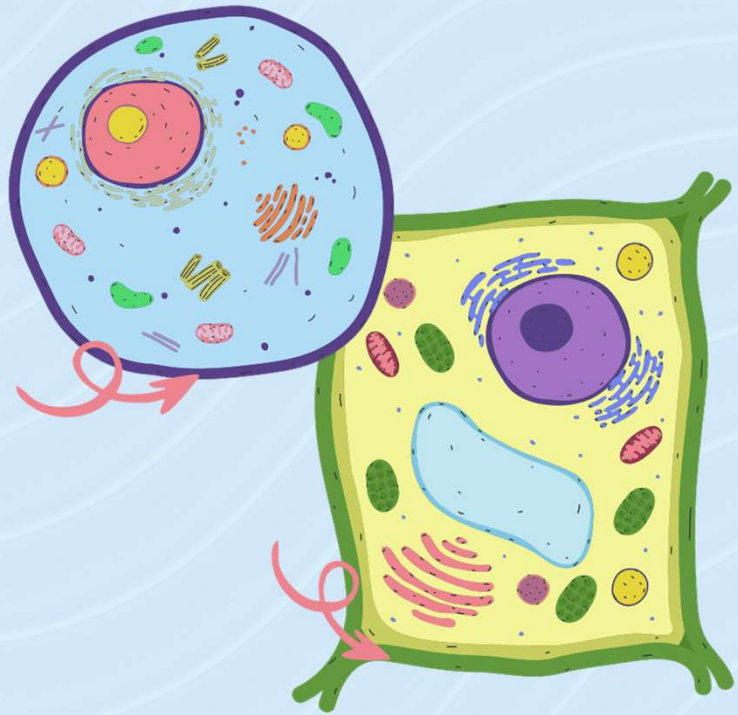
OBJECTIVE



Provocarea principală constă în identificarea precisă a celulelor individuale în imagini microscopice. De asemenea, trebuie să se realizeze separarea celulelor care se suprapun sau se ating și un alt aspect important este analiza variabilității morfologiei celulare și a condițiilor de imaginare.

ABORDARI EXISTENTE

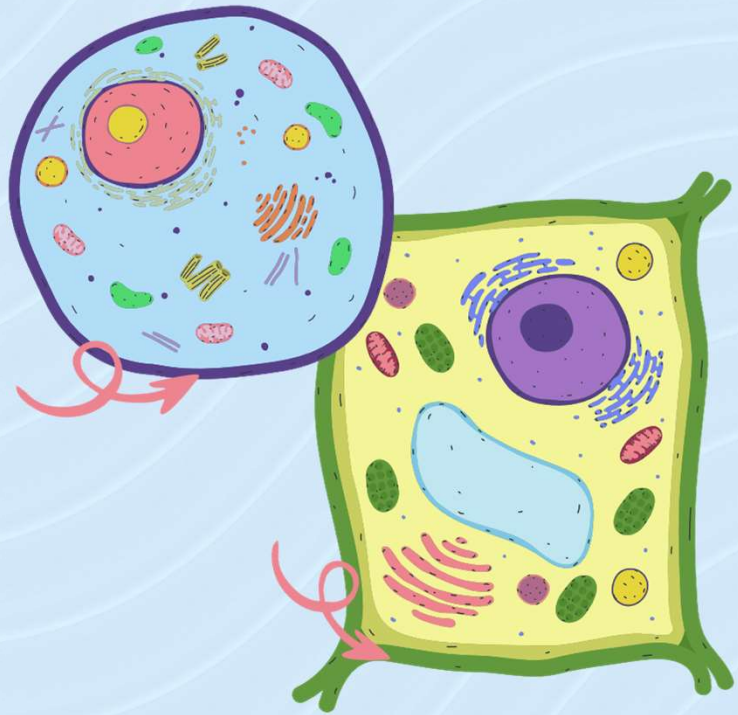




PRIMA METODA

Prima metoda se bazeaza pe etichetarea obiectelor si gasirea conturului, dar fara separarea celulelor care se suprapun sau se ating.

Aceasta abordare se concentreaza pe identificarea si delimitarea celulelor individuale in imagini microscopice prin detectarea conturilor lor

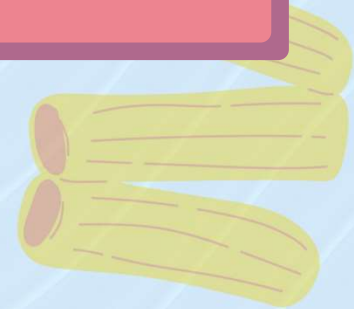


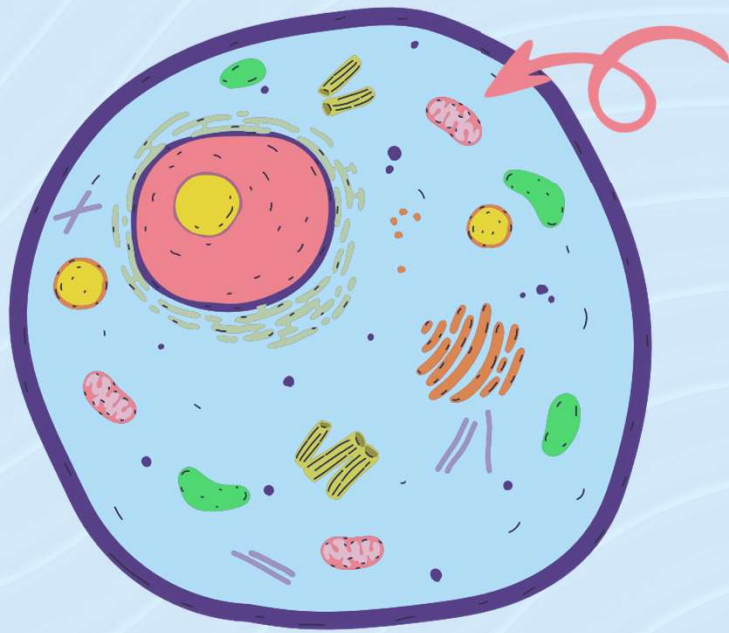
A DOUA METODA

A doua metoda folosita este algoritmul Watershed care se bazeaza pe gasirea conturului si separarea celulelor care se suprapun sau se ating.

Aceasta tehnica trateaza imaginea ca pe o harta topografica, unde intensitatile pixelilor reprezinta altitudini.

DIAGRAMA COMPONENTELOR

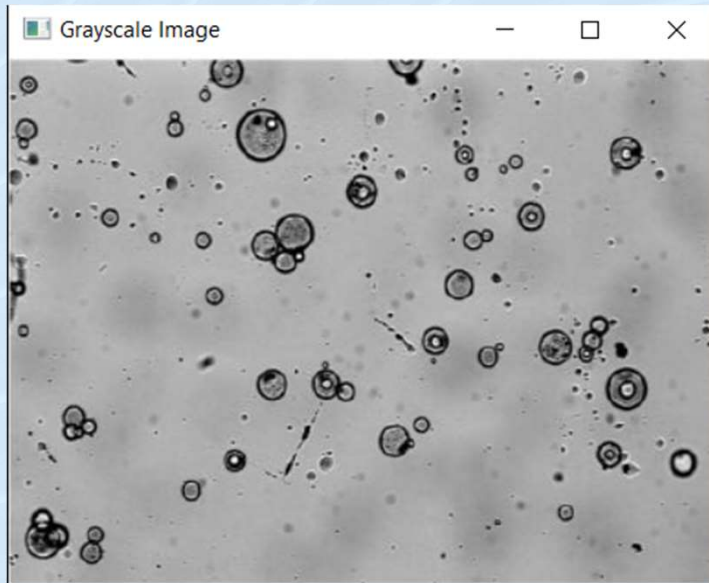




FLUX GENERAL DE PROCESARE

[Imagine Color] → [Conversie Grayscale] →
[Filtru Median] → [Binarizare Adaptivă] →
[Etichetare Conexă] → [Detectie Contur] →
[Rezultat Final]

[Imagine Color] → [Mean Shift Filtering] →
[Conversie Grayscale] → [Binarizare] →
[Dilatare (Sure Background)] → [Distance
Transform] → [Gasire Markeri] → [Algoritm
Watershed] → [Colorare Regiuni] →
[Rezultat Final]



1. COMPONENTA DE CONVERSIE COLOR → GRAYSCALE

Converteste imaginea color (BGR) in imagine in tonuri de gri prin calcularea mediei canalelor de culoare.

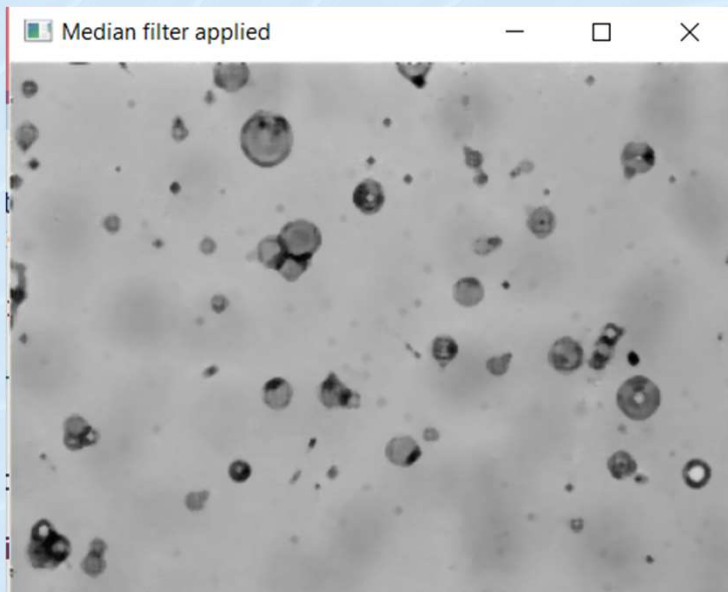
Formula Matematica:

$$\text{Gray}(i,j) = (B(i,j) + G(i,j) + R(i,j)) / 3$$

unde:

- $B(i,j)$ = valoarea pixelului pe canalul albastru la poziția (i,j)
- $G(i,j)$ = valoarea pixelului pe canalul verde la poziția (i,j)
- $R(i,j)$ = valoarea pixelului pe canalul roșu la poziția (i,j)

2. COMPONENTA DE FILTRARE MEDIANA



Elimina zgomotul de tip "sare si piper" prin inlocuirea fiecarui pixel cu mediana valorilor din vecinatatea sa.

Formula Matematica:

$$F(i,j) = \text{median}\{I(i+u, j+v) \mid (u,v) \in W\}$$

unde:

- W = fereastra de dimensiune $w \times w$ centrata in (i,j)
- $w = 2k + 1$ (dimensiunea ferestrei)
- k = raza ferestrei

3. COMPONENTA DE BINARIZARE ADAPTIVA



Convertește imaginea in tonuri de gri intr-o imagine binara folosind pragul determinat iterativ.
Formula Matematica:

Algoritm iterativ pentru determinarea pragului T:

1. $T_0 = (I_{\min} + I_{\max}) / 2$
2. Repeta:
 - $G_1 = \Sigma(i \cdot h(i)) / \Sigma h(i)$ pentru $i \leq T$
 - $G_2 = \Sigma(i \cdot h(i)) / \Sigma h(i)$ pentru $i > T$
 - $T_{\text{nou}} = (G_1 + G_2) / 2$
3. Pana cand $|T_{\text{nou}} - T| < \varepsilon$

Binarizare:

$$B(i,j) = \begin{cases} 0 & \text{dacă } I(i,j) < T \\ 255 & \text{dacă } I(i,j) \geq T \end{cases}$$



4. COMPONENTA DE ETICHETARE A COMPONENTELOR CONEXE (BFS)

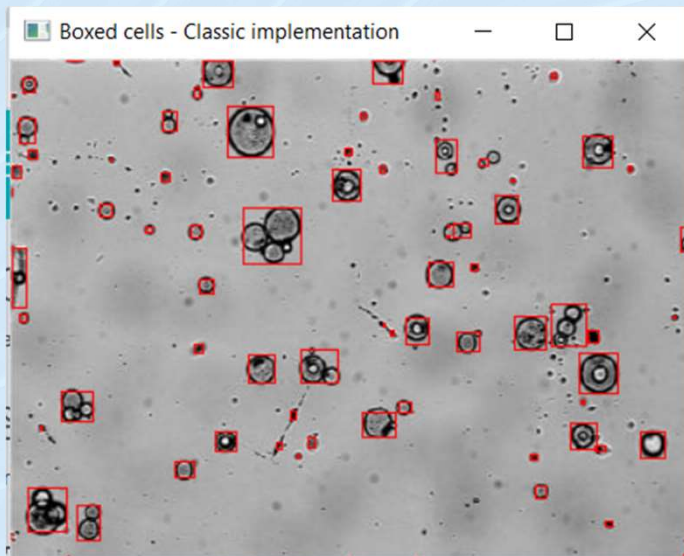
Identifica și etichetează fiecare componentă conexă (celula) din imaginea binară folosind algoritmul BFS.
Formula Matematică:

Pentru fiecare pixel negru neprocesat (i,j) :

1. $label = label + 1$
2. Adaugă (i,j) în coada Q
3. Cât timp Q nu este goală:
 - Extrage (x,y) din Q
 - Pentru fiecare vecin $(x',y') \in N_8(x,y)$:
 - Dacă $pixel(x',y') = 0$ și neprocesat:
 - Etichetează cu 'label'
 - Adaugă (x',y') în Q

$N_8 = \{(\pm 1, 0), (0, \pm 1), (\pm 1, \pm 1)\}$ -vecinatate de 8

5. COMPONENTA DE DETECTIE A CONTURULUI

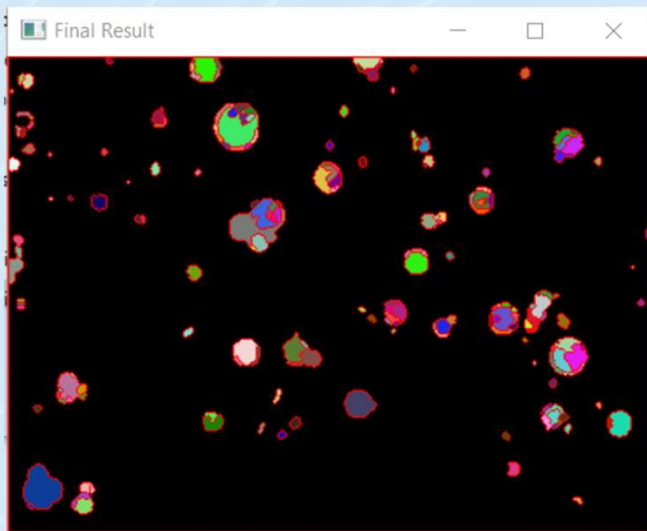


Extrage conturul fiecărei celule etichetate și calculează dreptunghiul înconjurător.

Formula Matematică:

Pentru fiecare componentă cu etichetă L :

1. Găsește primul pixel de contur
2. Urmărește conturul în sens trigonometric:
 - $\text{dir_start} = (\text{dir_prev} + 6) \bmod 8$ (pentru dir impar)
 - $\text{dir_start} = (\text{dir_prev} + 7) \bmod 8$ (pentru dir par)
3. Calculează bounding box:
 - $x_{\min} = \min\{j \mid \text{label}(i,j) = L\}$
 - $x_{\max} = \max\{j \mid \text{label}(i,j) = L\}$
 - $y_{\min} = \min\{i \mid \text{label}(i,j) = L\}$
 - $y_{\max} = \max\{i \mid \text{label}(i,j) = L\}$



6. METODA WATERSHED

Metoda pentru separarea celulelor care se suprapun, bazata pe transformata distantei.
Formula Matematica:

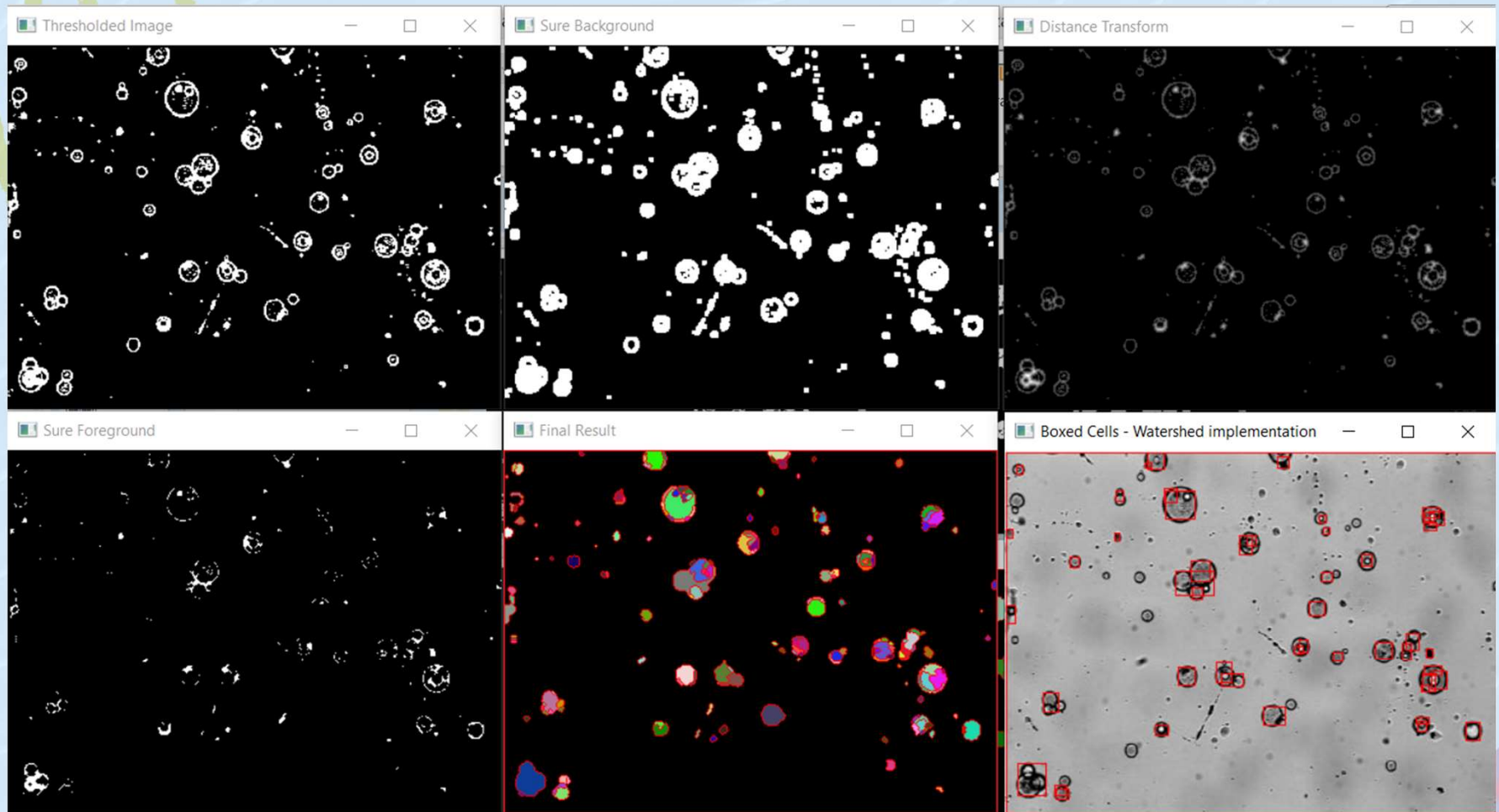
1. Transformata distantei:

$$D(i,j) = \min\{\sqrt{((i-x)^2 + (j-y)^2)} \mid \text{pixel}(x,y) = \text{fundal}\}$$

2. Detectarea maximelor locale din $D(i,j)$

3. Aplicarea algoritmului watershed:

- Trateaza $D(i,j)$ ca suprafata topografica
- "Inunda" de la minimele locale
- Construiește "diguri" la confluenta apelor



REZULTATE

Am creat o analiza detaliata bazata pe testarea a 2 imagini, unde metoda clasica functioneaza perfect (100% detectie) dar watershed are probleme (73% detectie).

Probleme identificate pentru watershed:

1. Preprocessing prea agresiv (mean shift filtering)
2. Binarizare OTSU globala
3. Prag prea restrictiv (0.4) in distance transform
4. Pierderea celulelor mici si neregulate

CONCLUZII

- Metoda robusta de segmentare a celulelor bazata pe Watershed cu markeri adaptivi
 - Fluxul complet de la pre-procesare la evaluarea rezultatelor
 - Balanta intre precizie si eficienta computationala
- Beneficiile estimate
 - Analiza mai precisa a celulelor in imagini microscopice
 - Reducerea interventiei manuale in procesul de segmentare
 - Adaptabilitate la diferite tipuri de celule si conditii de imagine
- Directii viitoare de cercetare
 - Integrarea tehnicilor de deep learning pentru detectarea marker-ilor
 - Extinderea la analiza temporala (time-lapse) pentru urmarirea celulelor
 - Optimizarea pentru procesare in timp real
 - Aplicatii in diagnosticarea automata a tesuturilor patologice

BIBLIOGRAFIE

Articole principale

- [Beucher, S., & Meyer, F. \(1993\). The morphological approach to segmentation: the watershed transformation. Mathematical morphology in image processing, 34, 433-481.](#)
- [Meyer, F. \(2012\). The watershed concept and its use in segmentation: a brief history. arXiv preprint arXiv:1202.0216.](#)
- [Yang, X., Li, H., & Zhou, X. \(2006\). Nuclei segmentation using marker-controlled watershed, tracking using mean-shift, and Kalman filter in time-lapse microscopy. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 53\(11\), 2405-2414.](#)

Resurse online

- [ML Guide on Cell Segmentation Using Watershed Algorithm: https://www.labellerr.com/blog/ml-guide-on-cell-segmentation-using-deep-learning/](https://www.labellerr.com/blog/ml-guide-on-cell-segmentation-using-deep-learning/)
- <https://insightfultscript.com/collections/programming/cpp/opencv/opencv-watershed/>