Generarea arborilor pentru evaluarea binarizării în procesarea imaginilor

- Raport tehnic dezvoltat pe baza soluției dezvoltate pentru cerința de proiect a cursului Managementul Proiectelor Software -

Cosmin Durlă  
*Univeristatea Politehnică București*

Andrei-Albert Samoilă  
*Univeristatea Politehnică București* Claudiu-Marian Chelcea  
*Univeristatea Politehnică București*

Bogdan Nicoară  
*Univeristatea Politehnică București*   
Maria-Alexandra Drugă  
*Univeristatea Politehnică București*

Alexandru-Mihai Drăgoescu  
*Univeristatea Politehnică București*

**Abstract**

Această lucrare descrie o soluție software, proiectată cu scopul de a perfecționa generarea de arbori pentru evaluarea tehnicilor de binarizare.

***Cuvinte-cheie****: Binarizare, generare de arbori, procesare de imagini, optimizare software, dezvoltare de algoritmi, C++*

# **Introducere**

În domeniul dinamic al prelucrării imaginilor, provocarea unei binarizări eficiente reprezintă o etapă fundamentală către sarcini mai avansate de analiză a imaginilor. Această lucrare prezintă o soluție software concepută pentru a inova în generarea și evaluarea arborilor pentru optimizarea binarizării. Soluția noastră îmbină capacitățile bazate pe performanță ale limbajului C++ cu diverse alte tehnologii și metode de programare. Această combinație de tehnologii ne permite să abordăm complexitatea binarizării imaginilor într-o manieră mai nuanțată și mai eficientă.

# **Descrierea soluției**

Soluția noastră software, concepută pentru îmbunătățirea binarizării imaginilor, este un ansamblu complex de componente algoritmice, fiecare având un rol specific în procesul general. Această secțiune oferă o prezentare detaliată a acestor componente, concentrându-se asupra funcționalităților și interacțiunii lor.

## Componente de bază și funcționalități

*i. load/store trees:* Aceste funcții reprezintă fundația soluției noastre, dându-ne posibilitatea să găsim arbori din ce în ce mai eficienți din punctul de vedere al evaluării tehnicilor de binarizare. La prima rulare a programului se salvează arborii care prezintă cele mai promițătoare rezultate, sau altfel spus, arborii care au o valoare F-measure cat mai mare. La rulările ulterioare se încarcă acești arbori și se salvează doar acei arbori noi generați cu o valoare mai mare F-measure, urmând ca aceștia să înlocuiască arborii încărcați anterior cu cele mai slabe rezultate.

*ii. Structuri de noduri și arbori:* Structura `node` este elementul fundamental al arborilor noștri. Aceasta cuprinde un ID unic, un ID de funcție care îi dictează rolul operațional, valoarea rezultată în urma aplicării funcției pe datele transmise de la nivelurile anterioare și legături către nodurile inferioare, formând astfel o structură arborescentă ierarhică stratificată. Structura `tree` cuprinde aceste noduri si numărul acestora, împreună cu o valoare F-measure care cuantifică eficiența arborelui în procesul de binarizare.

*iii. Generare aleatorie a arborilor (generate\_tree):* Această funcție generează arbori în mod aleatoriu, variind adâncimea și lățimea acestora, precum și a conexiunilor dintre noduri. Prin modificarea numărului de niveluri, noduri si conexiuni, aceasta creează o gamă largă de configurații de arbori, esențiale pentru o examinare cuprinzătoare a potențialelor strategii de binarizare.

*iv. Recursive Tree Building (tree\_build):* După generare, `tree\_build` procesează metodic arborele. Pornind de la nodurile de frunze, calculează recursiv ieșirile, aplicând funcțiile specifice nodurilor și agregând rezultatele până la nodul rădăcină, de unde se obține ieșirea finală.

*v. Calcularea măsurii F (fmeasure):* Centrală pentru procesul nostru de evaluare, această funcție calculează măsura F pentru fiecare arbore. Aceasta ofera o evaluare nuanțată a preciziei de binarizare a fiecărui arbore. Funcţia ia în considerare ambele variante de binarizare. Pentru binarizarea globală selecteză rând cu rând valorile asociate imaginilor, le înmulţeşte cu 255 şi aplică o operaţie de round, obţinând indexul pentru valoarea de f-measure, urmând ca apoi să facă media acestora pentru a obţine un scor asociat arborelui respectiv. Deoarece în cadrul binarizării locale nu mai există un prag unic ce este aplicat pe întreaga imagine ci o multitudine de praguri care sunt calculate pentru fiecare pixel în parte ne folosim de funcţia ajutătoare `calculateMetrics` care se ocupă de compararea valorii de prag obţinute pentru respectivul pixel cu valoarea acestuia, stabileşte dacă acesta devine alb, ia valoarea 1, sau negru, ia valoarea 0, compară valoarea obţinută cu cea din imaginea ground truth si determină ce tip de valoare ar fi pentru formula de f-measure conform definiţiilor de true positive, false positive, true negative şi false negative, iar apoi face media f-measure-urilor pentru determinarea scorului asociat arborelui respectiv.

## Calcularea timpului şi eficienţa

Un aspect crucial al soluției noastre este eficiența sa, în special în ceea ce privește timpul de calcul. Calculul timpului permițându-ne să cuantificăm îmbunătățirile de performanță pe care le oferă soluția noastră:

*i. Cronometrare:* Utilizăm funcții de cronometrare pentru a măsura durata proceselor cheie, ca de exemplu generarea arborelui şi calculul măsurilor F, date care sunt esențiale pentru evaluarea eficienței software-ului.

*ii. Multithreading:* Pentru a spori eficiența procesării, diverse bucle din cadrul funcţiilor utilizează multithreading. Această abordare reduce semnificativ timpul total de calcul, în special atunci când se lucrează cu seturi de date extinse.

## Privire generală asupra soluției

În esență, software-ul nostru reprezintă un amestec de inovație algoritmică, versatilitate matematică și eficiență de calcul. Proiectarea și implementarea corectă și eficientă a fiecărei componente asigură faptul că soluția noastră își îndeplinește scopul într-un mod precis și rapid.

# **Arhitectura**

Această secțiune analizează complexitatea arhitecturii, evidențiind designul modular, extensibilitatea și îmbinarea perfectă a diverselor sale componente.

## Proiectare modulară

*i. Structuri de noduri și arbori:* În centrul arhitecturii noastre se află structurile `node` și `tree`. Structura `node` este o unitate versatilă care înglobează o funcție matematică, rezultatul aplicării acesteia, un identificator unic și pointeri către nodurile inferioare. Acest design permite ca fiecare nod să acționeze ca o unitate de calcul independentă, contribuind la funcționalitatea generală a arborelui. Structura `tree` integrează aceste noduri într-o structură coerentă, care cuprinde numărul total de noduri ale arborelui și măsura F, măsura de performanță a acestuia.

*ii. Biblioteca de funcții:* O componentă esențială a arhitecturii noastre este biblioteca de funcții matematice predefinite. Această bibliotecă este o colecție de algoritmi capabili să efectueze o serie de operații, de la aritmetică de bază la calcule matematice complexe. Natura modulară a acestei biblioteci permite extinderea și integrarea cu ușurință a unor noi funcții, pentru a răspunde cerințelor și direcțiilor de cercetare în evoluție.

## Procesarea în mai multe fire de execuţie:

*Eficiență în calcul:* Prin distribuirea sarcinii de calcul pe mai multe fire de execuție, arhitectura noastră asigură o utilizare echilibrată a resurselor sistemului. Acest lucru duce la o creștere substanțială a vitezei de procesare, permițând analize în timp real și timpi de execuție mai rapizi pentru seturi de date extinse.

## Flexibilitate și extensibilitate

*Adaptabilitate la îmbunătățiri viitoare:* Proiectarea arhitecturii este în mod inerent flexibilă, permițând integrarea unor funcționalități sau algoritmi suplimentari pe măsură ce evoluează domeniul prelucrării imaginilor. Această extensibilitate asigură faptul că soluția noastră se poate adapta cu ușurință la noile provocări și progrese din domeniu.

## Privire generală asupra arhitecturii

Arhitectura software-ului este un amestec de proiectare modulară și flexibilitate orientată spre viitor. Ea se prezintă ca un cadru robust și adaptabil, construit pentru a răspunde cerințelor actuale și viitoare de binarizare și procesare a imaginilor, asigurând o relevanță și o eficacitate continuă în domeniul evoluției rapide a analizei imaginilor.

# **Rezultate**

Această secțiune detaliază rezultatele obținute în urma implementării software-ului nostru, concentrându-se pe eficacitatea arborilor generați, pe aplicarea măsurii F ca instrument de evaluare și pe îmbunătățirile observate în ceea ce privește performanța de procesare.

## Eficacitatea generării de arbori:

*Diversitatea structurilor de arbori:* Una dintre realizările cheie ale soluției noastre este capacitatea sa de a genera o mare varietate de structuri de arbori. Această diversitate este importantă, deoarece permite o examinare cuprinzătoare a diferitelor metode de binarizare. Rezultatele arată că software-ul poate crea cu succes arbori care variază semnificativ în ceea ce privește adâncimea, lățimea, conexiunile dintre noduri și complexitatea funcțiilor, acoperind astfel un spectru larg de scenarii posibile de binarizare.

## Aplicarea măsurii F:

*Evaluare cantitativă:* Măsura F, o măsurătoare echilibrată, servește drept instrument-cheie în procesul nostru de evaluare. Prin aplicarea acestei măsuri, putem evalua cantitativ eficiența fiecărui arbore în procesul de binarizare.

## Îmbunătățiri ale performanței de procesare:

*i. Manipularea seturilor mari de date:* Software-ul a demonstrat capacitatea sa de a gestiona în mod eficient seturi mari de date. Această capacitate este deosebit de importantă în aplicațiile din lumea reală, în care volumele mari de date de imagine trebuie procesate cu promptitudine.

*ii. Viteza de evaluare:* O observație semnificativă din rezultatele noastre este performanța accelerată a software-ului. Utilizarea multi-threading-ului a redus considerabil timpul necesar pentru evaluarea mai multor arbori, facilitând iterații mai rapide și o analiză generală mai rapidă.

## Analiza soluțiilor locale vs. globale:

*i. Abordări distincte ale evaluării arborilor:* Un aspect ce trebuie luat în considerare este distincția dintre soluțiile locale și globale în evaluarea arborilor. Soluția locală se concentrează pe optimizarea arborilor individuali, ajustându-i pe fiecare dintre ei pentru o eficacitate maximă în binarizare. Această abordare permite examinarea detaliată și îmbunătățirea performanțelor unui singur arbore, ceea ce duce la metode de binarizare foarte optimizate, deși posibil specializate. În schimb, soluția globală cuprinde o perspectivă mai largă, evaluând performanța arborilor într-un context mai generalizat. Acest lucru ajută la înțelegerea modului în care diferite structuri de arbori se comportă într-o serie de scenarii, oferind informații despre versatilitatea și adaptabilitatea metodelor de binarizare.

*ii. Echilibrul între specificitate și generalizare:* Soluția locală excelează în obținerea unei precizii ridicate în cazuri specifice, ceea ce o face ideală pentru anumite sarcini de binarizare, în care condițiile sunt bine definite. Soluția globală, pe de altă parte, oferă o viziune mai cuprinzătoare, esențială pentru aplicațiile în care nevoile de binarizare sunt diverse și variate. Software-ul asigură o strategie echilibrată - una care se adresează atât nevoilor specializate, cât și aplicațiilor generale.

Impactul asupra rezultatelor: Diferențierea dintre soluțiile locale și cele globale a influențat în mod semnificativ rezultatele noastre. De exemplu, în timp ce soluțiile locale au demonstrat o acuratețe remarcabilă în cazuri de testare specifice, soluțiile globale au demonstrat o performanță constantă pe o gamă mai largă de date. Această dublă abordare ne-a oferit o înțelegere cuprinzătoare a capacităților soluției noastre, evidențiind domeniile de forță și potențialul de îmbunătățire atât în aplicații specifice, cât și în cele generale.

Încorporarea atât a strategiilor de soluții locale, cât și a celor globale a îmbogățit rezultatele noastre, oferind o perspectivă nuanțată asupra performanței software-ului. Această abordare de analiză duală nu numai că validează eficiența soluției în diverse contexte, dar subliniază și importanța versatilității și adaptabilității în prelucrarea imaginilor.

# **Concluzii**

Rezultatele analizei noastre evidențiază îmbunătățirea evaluării binarizării imaginilor. Abordarea ilustrată de evaluările globale și locale ale arborelui, indică o cale propice pentru viitoarele îmbunătățiri ale software-ului, fiind utilă și pentru cercetare. Capacitatea soluției noastre de a se adapta și de a optimiza atât pentru sarcini de binarizare specifice, cât și pentru cele generale, nu numai că demonstrează versatilitatea sa, dar subliniază și potențialul său de a oferi o nouă imagine tehnologiei de procesare a imaginilor. Astfel, este susținută dezvoltarea și perfecționarea continuă, cu scopul de a valorifica pe deplin și de a extinde capacitățile inovatoare ale software-ului dezvoltat.