

Optimizarea diagramelor de croire

Ioan MAXIM

INSTITUTUL EUROPEAN
2008

CUPRINS

Prefață / 9

I. Introducere / 11

- I.1. Contextul actual al cercetării / 13
- I.2. Domeniul și subiectul cercetării / 17
- I.3. Obiectivele și organizarea lucrării / 19

II. Algoritmi de acoperire a suprafețelor planare – realizarea diagramelor de croire / 23

- II.1. Definirea și formularea matematică a problemei / 24
- II.2. Strategii de abordare a problemei / 26
 - II.2.1. Strategia Optim lexicografic / 27
 - II.2.1.1. Algoritmul Optim lexicografic / 28
 - II.2.1.2. Acoperirea unei suprafețe detașabile / 29
 - II.2.1.2.1. Varianta Clasamax / 29
 - II.2.1.2.2. Varianta Clasaopt / 35
 - II.2.2. Strategia Context-Senzitiv / 36
 - II.2.2.1. Algoritmul de acoperire Context-Senzitiv / 44
 - II.2.2.2. Funcția de evaluare a atributelor / 48
 - II.2.2.3. Strategii de optimizare a timpului de răspuns / 50
 - II.2.2.3.1. Submulțimi ponderate de sumă maximă / 50
 - II.2.2.3.2. Algoritmul Prospect / 53
 - II.2.2.3.3. Algoritmul Factor-maxim / 54
 - II.2.2.4. Discriminarea soluțiilor optime / 55
 - II.2.3. Metoda acoperirilor succesive / 59
 - II.2.4. Algoritmi similari / 67
 - II.2.5. Avantajele aplicării metodei acoperirilor succesive / 70
- II.3. Concluzii / 74

III. Decupabilitatea diagramelor de croire / 75

III.1. Arbori de croire / 75

III.1.1. Generarea arborilor de croire / 76

III.1.2. Echilibrarea arborilor de croire / 77

III.2. Decupabilitatea diagramelor de croire / 82

III.2.1. Crearea a grafului de precedență a tăieturilor / 85

III.2.2. Clasificarea tăieturilor prin echilibrarea suprafețelor / 87

III.3. Concluzii / 88

IV. Tehnici de procesare a imaginilor / 90

IV.1. Modificarea contrastului / 91

IV.1.1. Operații punctuale de modificare a contrastului / 92

IV.1.2. Modificarea neliniară a contrastului / 95

IV.1.3. Operații de contrastare bazate pe histograma imaginii / 99

IV.2. Segmentarea imaginilor / 102

IV.2.1. Segmentarea orientată pe regiuni / 104

IV.2.1.1. Segmentarea bazată pe histogramă / 104

IV.2.1.2. Tehnici de binarizare / 104

IV.2.1.2.1. Metoda Bhattacharyya de determinare automată a pragurilor / 106

IV.2.1.2.2. Segmentarea cu prag optim / 108

IV.2.1.2.3. Creșterea și fuziunea regiunilor / 110

IV.3. Concluzii / 115

V. Localizarea defectelor / 117

V.1. Analiza vizuală a suprafețelor planare / 117

V.2. Dilema segmentării sau a nesegmentării / 119

V.3. Clasificarea formelor prin metoda fără segmentare / 122

V.3.1. Algoritm de construire a clasificatorului / 124

V.3.2. Algoritm de aplicare a clasificatorului / 134

V.3.3. Algoritm de sortare în plan / 136

V.4. Concluzii / 139

VI. Algoritmi de acoperire a suprafețelor planare cu defecte / 141

VI.1. Acoperirea suprafețelor planare cu restricții / 141

VI.2. Strategii de abordare a problemei / 144

VI.2.1. Strategia Context-Senzitiv / 144

VI.2.1.1. Implementare algoritm / 148

- VI.2.1.2. Optimizarea algoritmului de plasare / 150
 - VI.2.1.2.1. Algoritmul lui Liang-Barsky / 150
 - VI.2.1.2.2. Particularizarea algoritmului lui Liang-Barsky / 153
 - VI.2.1.2.2.1. Metoda analitică / 154
 - VI.2.1.2.2.2. Metoda vectorială / 154
 - VI.2.1.2.2.3. Metoda parametrică / 155
 - VI.2.1.2.2.4. Metoda min-max / 157
 - VI.2.1.2.2.5. Metoda funcției p / 157
 - VI.2.2. Strategia zonelor de arie maximă, fără defecte / 159
 - VI.2.3. Metoda zonelor de aderență / 160
- VI.3. Concluzii / 164

- VII. Contribuții personale, concluzii, perspective de cercetare / 166**
 - VII.1. Contribuții personale și concluzii / 166
 - VII.2. Direcții și perspective de continuare a cercetărilor / 173

Anexe

I. Listă de figuri / 175

II. Listă de tabele / 178

III. Listă de algoritmi / 178

Bibliografie / 181

I INTRODUCERE

Problema acoperirii suprafețelor planare a apărut sub cele mai diferite forme, de la pavarea unei străzi cu dale de anumite dimensiuni, până la interpretarea și prelucrarea imaginilor satelitare.

O formă a problemei, cunoscută sub denumirea de „*problema croirii*” – cu aplicații în domenii dintre cele mai diverse: confecții, pielărie și încălțăminte, celuloză și hârtie, fabricarea mobilei, agricultură, aplicații militare, construcții de mașini, transport, comunicații etc., a constituit obiectul unor intense cercetări în a doua parte a deceniului trecut [WWW1].

Diversitatea domeniilor de aplicație a impus o abordare diferită a algoritmilor de acoperire a suprafețelor planare, diversitate impusă în special, de restricțiile tehnologice.

În industria ușoară, croirea – o aplicație extrem de importantă, a fost și rămâne sub imperiul inspirației celor care o execută. Diagramele de croire sunt confecționate artizanal, dificultatea realizării unor soft-uri de aplicație care să elimine acest neajuns este determinată de neregularitatea formei reperelor, dificultatea cuantificării lor, volumul mare de date de intrare necesar reprezentării unui reper simplu și în plus, de necesitatea „împerecherii” lor după modelul de pe material.

Acest ultim aspect creează particularități și în industria pielăriei și încălțăminte și mai cu seamă în industria lemnului – fabricarea mobilei.

În domeniul confecțiilor, un progres deosebit s-a realizat, în tehnologia croirii, prin crearea de mașini cu comandă program care urmăresc „conturul” stabilit printr-o diagramă de croire. Realizarea diagramei însă lasă de dorit în ceea ce privește algoritimizarea.

În industria construcțiilor de mașini și în alte domenii care folosesc componente metalice, în decuparea reperelor, în special cele din tablă de diferite grosimi, situația este asemănătoare, dar apar unele particularități legate de tehnologia de croire - prin tăiere mecanică sau prin procedee electrice, chimice, laser etc.

O restricție importantă, în procesul de croire, este cea legată de realizarea unor tăieturi liniare, de la un capăt la celălalt al suprafeței de decupare. Această restricție tehnologică este impusă de utilajele de tăiere folosite în special în industria lemnului; ferestraie cu bandă liniară sau circulară.

În industria lemnului, realizarea diagramelor de croire este dominată algritmic de două restricții:

- tăieturile se fac dintr-o margine în cealaltă a suprafeței de croit, paralele cu marginile acestuia, de regulă pe lățime;

- ordinea executării tăieturilor pe diagramă urmărește pe lângă realizarea restricției anterioare și o echilibrare, pe cât este posibil, a celor două porțiuni rezultate din tăiere. Această ultimă restricție se slăbește cu cât dimensiunile suprafețelor de croit sunt mai reduse. Restricția este impusă de manevrarea manuală a porțiunilor de material din care se realizează croirea reperelor.

Realizarea diagramelor de croire în domeniul prelucrării lemnului este o preocupare „istorică” impusă de dorința eliminării deșeurilor – resturilor de material – rezultate în urma croirii. Acest deziderat, impus de considerente de ordin economic și ecologic, a generat programe de dimensiuni și cu finanțări impresionante.

În industria lemnului, o etapă inevitabilă este cea a prelucrării materialului lemnos masiv rezultat din debitarea masei lemnoase naturale. Mai mult decât semifabricatele din lemn, masa lemnoasă naturală prezintă numeroase defecte generate de creștere și de prelucrarea primară. În realizarea produselor de mobilier, un rol important îl joacă componentele din material masiv, atât sub aspectul rezistenței, cât și sub aspect estetic.

În acest domeniu, problema detectării și localizării defectelor pe suprafețele lemnoase, este esențială în procesul de croire a reperelor din material lemnos brut.

Un alt domeniu în care aplicabilitatea diagramelor de croire este imediată, facilă și cu eficiență economică importantă, este cel al confecționării geamurilor, în special a geamurilor cu caracteristici de izolare termică deosebită, care utilizează sticlă de calitate și implică un cost ridicat. Utilizarea diagramelor de croire optimă contribuie la reducerea costurilor de producție.

I.1. Contextul actual al cercetării

În 1996 a fost lansat în SUA programul „*Cut or not cut?*” [WWW2], legat inițial de conservarea fondului forestier, apoi îndreptat în direcția optimizării consumurilor de materiale lemnoase, semifabricate – PAL, panel, placaj, PAF etc. – sau a cherestelei.

- *Cabinet Pro și Cabinet Pro Lite* [WWW4] – proiectează pardoseli și uși pentru birouri și săli de conferințe; prezintă perspective, vizualizări, diagrame de croire, editează rapoarte, calculează costuri de producție;

- *eCabinet Systems* [WWW23] – produs software pentru proiectarea mobilierului de bucătărie: corpuri de mobilier, uși, sertare, mânere etc. Realizează diagrame de croire, liste de materiale și vizualizări 3D a obiectelor proiectate sau a întregii bucătării. Calculează costuri de producție;

- *Cabinet Solutions* [WWW23] – un pachet de programe, cu o interfață prietenoasă, ușor de folosit, pentru proiectarea de pardoseli și lambriuri. Realizează liste și diagrame de croire, vizualizări 3D color etc.;

- *DecoTech, DecoTech Pro Metric* [WWW24] – realizează mobilier pentru bucătării bai și dormitoare, precum și amenajări interioare pentru birouri. Cuprinde o impresionantă colecție de componente preproiectate, incluzând peste 1000 de tipuri de birouri, luxoase și de dimensiuni impozante. Un modul permite editarea 3D și vizualizarea amenajărilor. Concomitent sunt stabilite și costurile de amenajare. Programul realizează diagramele de croire a unor produse prin „reducere la scară”;

- *Designer Plus* [WWW25] – un program de proiectare a mobilierului de bucătărie ieftin și ușor de folosit. Este destinat micilor producători sau persoanelor care proiectează mobilier de uz personal. Editează liste de materiale, diagrame de croire și calculează costuri de producție. Realizează vizualizări 3D;

- *Online Cabinet Design* [WWW26] – proiectează mobilier „online” prin introducerea unui set de dimensiuni. Proiectul generat este afișat pe ecran;

- *KCDw Cabinetmaking Software* [WWW8] – soft profesional de proiectare mobilier utilizând tehnologia CAD/CAM. Generează liste de croire și face estimări de prețuri. Realizează urmărirea și ordonanțarea fabricației;

- *Planit Millenium* [WWW14] – program de proiectare a mobilierului pentru bucătării, cu redare grafică tridimensională și randări artistice. Include un cuprinzător set de instrumente de desenare și prezentare tridimensională a produselor proiectate, însoțite de rapoarte de estimare a prețului materialului și manoperei;

- *Solid Design* [WWW14] – proiectează mobilier de bucătărie și baie cu posibilitatea integrării componentelor de mobilier proiectate în contextul obiectelor specifice amenajărilor interioare a bucătăriilor și băilor, în vederea realizării unei prezentări tridimensionale a ambientului;

- *Solid Lie* [WWW14] – o versiune a produsului *Solid Design* pentru serie mică sau medie care produce liste de croire și estimări de cost;

- *Solid Manufacturing și Solid Professional* [WWW14] – generează modele virtuale foto-realiste de mobilier de bucătărie. Realizează prezentări

Respect pentru oameni și cărți

virtuale de detaliu și de ansamblu în context arhitectural, prezintă detalii de proiectare, diagrame și liste de croire etc.;

- *20-20 Kitchen Design Programs* [WWW11] – Compania - 20-20 a proiectat 14 aplicații diferite pentru realizarea de mobilier. Cele mai interesante sunt: *20-20 Bath Design, Office Design, Lumber Pack, Closet and Storage Design, Face-Frame Cabinet, Cut List Calculator*;

- aplicații pentru optimizarea croirii:

Această categorie de aplicații urmărește în mod special optimizarea acoperirii suprafețelor planare cu forme care constituie reperele produselor de proiectat [WWW21]. Aplicațiile prezentate în cele ce urmează se remarcă prin calitatea algoritmilor încorporați:

- *Adisa* [WWW13] – Pachet de programe pentru generarea diagramelor de croire și stabilirea succesiunii tăieturilor, pentru producție de serie mare și prototipuri. Lucrează cu patru nivele de calitate a materiei prime, modele diferite de fundal și permite stabilirea indicelui de rotație a reperelor;

- *Astrokettle 1D/2D Stock Cutting* [WWW15] – program pentru optimizarea croirii liniare, simplu, ușor de folosit și cu multiple facilități. Importanța algoritmilor încorporați rezidă din capacitatea lor de generalizare la nivel 3D;

- *Cabnetware Panel Optimization* [WWW14] – Un set de produse program destinat optimizării croirii materialelor din lemn masiv, folosind ferăstraie cu pânză circulară. Produsul program stabilește ordinii tăieturilor la croire și prezintă soluții pentru despicarea de-a lungul fibrei sau îmbinare prin diferite tehnici a porțiunilor de material masiv;

- *Corte Certo* [WWW16] – Un produs software tradițional, de eficiență sporită, utilizat de peste 11 ani, care generează diagrame de croire pentru suprafețe planare dintr-o gama diversificată de materiale: lemn, sticlă, metal, plastic, marmură, granit etc. Include un editor grafic care permite editarea diagramelor de croire generate automat;

- *CutList Plus* [WWW17] – Unul dintre cele mai uzitate produse program destinate generării diagramelor și listelor de croire, încorporează algoritmi optimali de generarea a diagramelor, care își dovedesc performanța pentru loturi mari, dar înregistrează eșecuri, în cazuri particulare, la generarea diagramelor pentru prototipuri sau producție de serie mică. Produsul program oferă o interfață prietenoasă cu utilizatorul, permițând introducerea facilă a datelor de intrare, ordonarea diagramelor de croire în vederea reducerii costurilor manoperei. Programul include opțiuni de asamblare a componentelor și vizualizare parțială și completă a produsului, calculează necesarul de materiale și costurile, inclusiv manopera pentru un proiect dat;

- *CutMaster 2D* [WWW3] – Produs profesional destinat optimizării operațiilor de croire și ordonare a tăieturilor;

- *Cut Planner 10/20/30* [WWW3] – Un pachet de programe de optimizarea croirii cu o interfață performantă de introducere a datelor de intrare și cu facilități de prezentare a listelor de decupare. Oferă posibilitatea introducerii lățimii pânzei de ferestru pentru croire, stabilește ordinea executării tăieturilor și întocmește lista procedurilor manuale;

- *Cutting Optimizer* [WWW8] – Produsul software generează diagrame de croire optime. Oferă informații referitoare la utilaje, costuri materiale și manoperă;

- *Easy Optimizer* [WWW8] – O versiune redusă a programului *Cutting Optimizer*, cu o interfață cu utilizatorul mai prietenoasă, facilități suplimentare de operare și prezentare;

- *Itemizer* [WWW27] – Produs care încorporează unul dintre cei mai performanți algoritmi de generare a diagramelor de croire. Poate genera diagrame pentru cca. 1000 de repere în câteva minute. Este destinat producției de serie mare și include facilități legate de stabilirea costurilor de producție, stabilește caracteristicile utilajelor de croire, ordinea tăieturilor, realizează ordonanțarea fabricației etc.;

- *PanelOptima* [WWW21] – Program destinat producției de serie mică sau prototip. Realizează în maximum 3 secunde diagrame de croire pentru un produs cu până la 50 de repere;

- *PlanIQ* [WWW28] – Un produs de optimizare a croirii suprafețelor planare, cu o gamă variată de utilizare: industria de mobilier, sticlă, textile, construcții de mașini, mase plastice și industria tipografică. În funcție de domeniul de activitate, tehnica de croire folosită determină generarea de diagrame de croire diferite;

- *Plus 2D* [WWW6] – Program de generare a diagramelor de croire pentru suprafețe planare, care reduce procentul de deșeuri rezultate la decupare;

- *ProOptimize* [WWW21] – generează diagrame optime de croire pentru repere auxiliare (rafturi, funduri de sertare, pereți spate, fețe de tavan);

- *Sheet Cutting Layout* și *Sheet Layout* [WWW5] – Optimizează croirea foilor de placaj sau a altor semifabricate lemnoase, folosite la asamblarea produselor de mobilier;

- aplicații pentru proiectarea reperelor și realizarea diagramelor de croire:

Această categorie de produse soft realizează proiectarea asistată a produselor de mobilier, elaborând totodată și diagramele și listele de croire. Remarcabile prin performanță sunt produsele: *Woodworking Plan Finder* [WWW29], *Dovetail Template Maker* [WWW34], *Multimedia furniture plan s* [WWW3], *Rapid Resizer* [WWW3], *Woodware Designs* [WWW30], *Zigan's A-Z Woodworking Plan s* [WWW31].

Numărul impresionant al acestor aplicații și amploarea cercetărilor creează o imagine asupra importanței problemei abordate în prezenta lucrare, problemă care se regăsește în fiecare din aceste aplicații, privită dintr-un anumit punct de vedere și soluționată într-un anumit mod și într-un anumit scop.

I.2. Domeniul și subiectul cercetării

Subiectul activității noastre de cercetare este conceperea unor algoritmi optimali de acoperire a suprafețelor planare, dreptunghiulare, cu un set prestabilit de forme.

Se pune problema acoperirii optimale a unui număr a priori cunoscut de suprafețe identice. Problema se reduce la acoperirea unei singure suprafețe și stabilirea succesivă a unor factori de repetabilitate.

Posibile direcții de cercetare sunt cele în care intervine un coeficient de lot, care să multiplice numărul de forme în condițiile inițiale ale problemei sau situația în care suprafețele de acoperit să aibă dimensiuni diferite și fiecare suprafață să apară în număr diferit.

Toate aceste cazuri se reduc la problema acoperirii unei singure suprafețe planare.

S-a recurs la metode cunoscute de elaborare a algoritmilor, specifice teoriei algoritmilor, limbajelor formale și teoriei graf-urilor. Adaptarea algoritmilor obținuți la restricțiile tehnologice din domeniul prelucrării lemnului au determinat orientarea cercetărilor în direcția conceperii unor algoritmi care să decidă decupabilitatea diagramelor de croire rezultate în etapa anterioară.

Un studiu comparativ al algoritmului care implementează metoda „acoperirilor succesive”, cu algoritmul de croire implementat în aplicația „Cut List Plus”, una dintre cele mai cunoscute aplicații de profil, algoritm care izează de tehnici euristice, a înclinat balanța optimalității în favoarea algoritmului propus în lucrare.

Problema decupabilității unei diagrame de croire în condițiile enunțate a impus realizarea unor algoritmi care să stabilească o eșalonare a tăieturilor, determinând introducerea noțiunii de arbore de croire, care coroborată cu rezultate remarcabile din teoria graf-urilor au condus la soluționarea problemei decupabilității.

Dacă restricțiile tehnologice de croire au impus rezolvarea problemei decupabilității diagramelor, o nouă cerință legată de creșterea manevrabilității porțiunilor de suprafață pe durata croirii, a impus recurgerea din nou, la rezultate din teoria graf-urilor, în vederea echilibrării suprafețelor croite și prin urmare, a îmbunătățirii productivității operației de croire.

O altă direcție de cercetare a fost impusă de soluționarea problemei acoperirii suprafețelor planare cu defecte.

Au fost propuși algoritmi care soluționează problema acoperirii suprafețelor planare cu restricții, care vizează atât atingerea optimului cât și reducerea complexității algoritmului, în vederea obținerii într-un timp foarte scurt a unei soluții mulțumitoare. În ambele situații s-a considerat oportun a se folosi algoritmi de acoperire a suprafețelor planare fără restricții, proiectați anterior și care s-au dovedit a fi performanți.

Această optică a generat noi modalități de abordare a problemei, printre care se remarcă metoda zonelor de arie maximă, fără defecte și metoda zonelor de aderență optimă.

Un important aspect de soluționat a fost cel al detectării și localizării defectelor de pe suprafețe lemnoase și apoi a aplicării algoritmilor proiectați în condițiile impuse de suprafețele cu defecte.

În prima instanță, au fost analizate principalele tehnici de localizare a defectelor pe suprafețe planare și acceptarea acelor metode care realizează un echilibru între volumul de calcul și eficiența economică a operației.

Acest obiectiv nu ar fi fost posibil a fi atins fără o analiză detaliată a rezultatelor remarcabile din domeniul prelucrării imaginilor și teoriei recunoașterii formelor.

Detectabilitatea componentelor este legată de percepția vizuală a observatorului uman și prin urmare, criteriile de evaluare a calității unei imagini sunt subiective și specifice unei anumite situații.

S-a ajuns la concluzia că îmbunătățirea imaginilor trebuie abordată ca un proces interactiv, transformările efectuate urmând a fi validate, în etapa de proiectare sau probă, de către operatorul uman, ceea ce constituie, într-un fel, un dezavantaj din punct de vedere al prelucrării automate.

În principiu, îmbunătățirea calității unei imagini se face fără a se ține cont de informațiile oferite de imaginea originală sau de procesul de degradare la care este supusă imaginea, ci doar de scopul urmărit prin îmbunătățire. Conform acestui punct de vedere, o imagine originală poate fi îmbunătățită, obținându-se o imagine falsificată, dar subiectiv preferabilă. În cazul studiat, calitatea imaginii va fi apreciată pe baza contrastului sau accentuării elementelor de contur (muchii, frontiere, linii, margini) și pe baza netezimii în regiunile uniforme.

S-a ajuns la concluzia că o localizare foarte exactă a defectelor de suprafață folosind tehnici din domeniul recunoașterii formelor și prelucrării imaginilor este costisitoare ca volum de calcul și poate scăpa „din vedere” defecte ascunse, frecvent întâlnite în domeniul prelucrării materiale lemnoase de tip „masiv”. Analiza algoritmilor implementați în aplicațiile de detectare și loca-

lizare a defectelor a condus la concluzia realizării unui echilibru între complexitate și eficiență.

Întregul demers de cercetare a fost însoțit de implementări ale algoritmilor, testarea pe seturi de date acoperitoare și analiza complexității acestora.

I.3. Obiectivele și organizarea lucrării

Acest paragraf prezintă lucrarea, capitol cu capitol în dinamica abordării aspectelor cercetate.

Capitolul I realizează o luare de contact cu problematica abordată, cu stadiul actual al preocupărilor la nivel internațional, specificând și prezentând, în rezumat, capitol cu capitol, dinamica abordării aspectelor cercetate.

Capitolul II își propune soluționarea problemei majore; cea a acoperirii suprafețelor planare fără restricții sau a elaborării diagramelor de croire, cu o abordare amplă și graduală a întregii paletă de aspecte ce se impun a fi tratate.

Capitolul reprezintă în întregime, contribuția personală a autorului. Verificarea corectitudinii, analiza complexității și testarea pe seturi acoperitoare de date a reprezentat principala preocupare. În același timp, s-a realizat validarea algoritmilor propuși prin intermediul rezultatelor analitice, numerice și experimentale din literatura de specialitate și prin studii comparative cu algoritmi consacrați.

După o prealabilă formulare matematică a problemei, sunt analizate și se conturează două strategii de abordare: o strategie generativă, numită Context-Senzitiv, bazată pe gramatici dependente de context, care conduce la o acoperire optimă a suprafețelor planare și o strategie numită Optim lexicografic, care generează într-un timp scurt o soluție apropiată de optim.

Algoritmul elaborat pe baza metodei Context-Senzitiv, are dezavantajul complexității, dar acesta devine evident la loturi cu peste 15 tipuri de forme, caz desul de rar întâlnit în practică. Acest algoritm generează, fără echivoc, într-un timp rezonabil, toate soluțiile optime de acoperire a suprafețelor planare, însă nu toate aceste soluții, numite diagrame de croire, sunt decupabile.

O preocupare importantă a fost cea a reducerii complexității algoritmului de tip Context-Senzitiv. Acest deziderat a fost posibil de atins prin reducerea spațiului formelor.

Capitolul III abordează problema decupabilității diagramelor de croire, care a condus, în capitolul anterior la ideea generării unor diagrame, care chiar dacă nu sunt optime, sunt întotdeauna decupabile.

Restricțiile tehnologice de croire au impus, pe lângă problema decupabilității și cea a echilibrării la croire a porțiunilor de suprafață. Unei diagrame de

croire i s-a asociat un arbore binar de croire. Parcurgerea acestuia în d-preordine a permis stabilirea unei succesiuni a tăieturilor.

Diagramelor de croire generate prin strategia Context-Senzitiv li s-a asociat un graf, care a permis generarea grafului de precedență al tăieturilor. Prin sortarea topologică a grafului de precedență al tăieturilor se poate decide decupabilitatea diagramei de croire.

O îmbunătățire a algoritmului de sortare topologică, a permis obținerea unei succesiuni a tăieturilor, în condiții de decupabilitate, care să echilibreze suprafețele decupate la fiecare pas al operației de croire.

Capitolul IV vizează bazele teoretice ale detectabilității componentelor unei imagini, cu aplicabilitate imediată în localizarea porțiunilor defecte de pe suprafețele lemnoase.

Sunt analizate transformările liniare ale contrastului (binarizarea) și neliniare (comandarea și expandarea sau chiar negativarea).

În același timp, s-au avut în vedere și tehnicile de contrastare bazate pe histograma imaginii.

În acest capitol se pune cu precădere în evidență eficiența operațiilor de contrastare, ca transformări premergătoare detectării și localizării defectelor pe suprafețele planare cu restricții.

Operațiile de detectare și localizare a defectelor pe suprafețele lemnoase recurg la tehnicile de segmentare a imaginilor, care realizează o descompunere a imaginii în componente; regiuni ce satisfac anumite criterii de uniformitate.

A fost analizată segmentarea orientată pe regiuni și bazată pe histogramă. Dintre tehnicile de segmentare s-au analizat: metoda Bhattacharyya de determinarea automată a pragurilor și metoda de segmentare cu prag optim.

Au fost identificate inconvenientele acestor metode și s-au stabilit proceduri care să acționeze în direcția reducerii lor.

În finalul capitolului sunt analizate tehnici de segmentare bazate pe histogramă și se concluzionează că acestea ar putea reprezenta o soluție pentru detectarea și localizarea defectelor, chiar dacă nu pot garanta condiția de conexitate a regiunilor, cerută în definiția segmentării. O metodă care respectă toate condițiile impuse de definiția matematică a segmentării, este creșterea regiunilor. A fost analizată posibilitatea fuziunii regiunilor în contextul localizării defectelor.

Contribuția autorului se limitează la analiza comparativă și ilustrarea pe mostre de material lemnos, a transformărilor imaginilor care conduc la eficientizarea algoritmilor de detectare și localizare a defectelor pe suprafețele planare cu restricții.

Capitolul V analizează posibilitatea detectării și localizării defectelor fără segmentare. Dilema segmentării sau a nesegmentării este elementul central al acestui capitol. Ambele metode prezintă deopotrivă avantaje și dezavantaje,

dar s-a observat că cele două metode se pot completa reciproc. Așa a apărut ideea unei căi de mijloc, o modalitate de abordare care să combine cele două metode, să preia elementele avantajoase și să evite aspectele lor contestate.

Utilizarea combinată a celor două metode permite delimitarea unor zone cu posibile defecte printr-un efort de calcul redus în comparație cu cel presupus de aplicarea metodelor de segmentare pentru întreaga scenă.

În finalul capitolului este construit un model de clasificator bazat pe un set prestabilit de forme, numite prototipuri, dispuse într-o bază de date, organizată ca o hartă de clasificare și care poate fi adaptată la particularitățile scenei.

Algoritmii de construire și aplicare a clasificatorului, inclusiv algoritmul de sortare în plan, reprezintă contribuții ale autorului.

Capitolul VI abordează problematica acoperirii suprafețelor planare cu restricții. Generarea diagramelor de croire pe suprafețe de material lemnos masiv, presupune detectarea, localizarea și evitarea la plasarea formelor, a zonelor cu defecte.

O primă strategie de abordare presupune adaptarea algoritmului de tip Context-Senzitiv prezentat în capitolul II.

Complexitatea algoritmului de plasare pe suprafață este puternic influențată de complexitatea algoritmului de verificare a plasării unei forme într-un punct din sistem. Reducerea complexității algoritmului a constituit obiectul unei importante analize.

Și în acest caz, problema decupabilității diagramelor de croire a impus și alte modalități de abordare. Printre acestea se remarcă strategia zonelor de arie maximă, fără defecte și strategia zonelor de aderență optimă, contribuții importante ale autorului la soluționarea problemei acoperirii suprafețelor planare cu restricții.

Ultimul capitol prezintă concluzii și perspective de dezvoltarea cercetărilor efectuate în cadrul lucrării.

Se remarcă, ca o posibilă direcție de extindere a cercetărilor, trecerea de la acoperirea optimală a suprafețelor planare cu forme dreptunghiulare, la ocuparea optimală a volumelor cu forme paralelipipedice. Astfel de algoritmi își pot găsi aplicabilitatea în domeniul transporturilor, prin optimizarea încărcării mijloacelor de transport sau a optimizării ambalării produselor, cu aplicații în cele mai diverse domenii de activitate.

Ansamblul de anexe cuprinde Lista de figuri, Lista de tabele și Lista de algoritmi. Aceasta din urmă evidențiază algoritmii care reprezintă contribuția autorului sau cei care au constituit obiectul analizei complexității sau a unor studii comparative.

Lucrarea se încheie cu o prezentare a resurselor bibliografice la care s-a recurs pe durata elaborării lucrării.