

Contribuții la evaluarea asistată de calculator a testelor psihologice folosind tehnici de prelucrare a imaginilor

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor
la

Universitatea "Politehnica" din Timișoara
în domeniul INGINERIE ELECTRONICĂ
ȘI TELECOMUNICAȚII
de către

Inf. Florentina Anica Botezatu

Conducător științific:

Referenți științifici:

prof.univ.dr.ing. Corneliu Ioan TOMA

prof.univ.dr.ing. Gavril TODEREAN

prof.univ.dr. Gheorghe-Ioan MIHALAȘ

prof.univ.dr.ing. Vasile GUI

Ziua susținerii tezei: 28.02.2014

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 9. Inginerie Mecanică |
| 2. Chimie | 10. Știința Calculatoarelor |
| 3. Energetică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 4. Ingineria Chimică | 12. Ingineria sistemelor |
| 5. Inginerie Civilă | 13. Inginerie energetică |
| 6. Inginerie Electrică | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor |
| 8. Inginerie Industrială | 16. Inginerie și Management |

Universitatea Politehnica Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul Școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2014

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnica Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
Tel./fax 0256 403823
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Această teză de doctorat a fost parțial sprijinită de grantul POSDRU 107/1.5/S/77265, ID Proiect 77265: "Spre cariere de cercetare prin studii doctorale", proiect finanțat din Fondul Social European „Investește în oameni!”, prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Comunicații al Facultății de Electronică și Telecomunicații, Universitatea „Politehnica” Timișoara.

Tema tratată în cadrul tezei de doctorat se adresează gestionării problemelor legate de resursa umană, fără îndoială cea mai valoroasă de care dispunem. În ultimele decenii imagistica computerizată a cunoscut o evoluție rapidă, gama aplicațiilor înregistrând, de asemenea un progres remarcabil. Tema tratează problema utilizării testului psihologic, Testul Arborelui, în psihologia școlară metoda de evaluare asistată de calculator fiind de un real ajutor în interpretare, obținându-se astfel rezultate mai exacte și de o mai mare acuratețe. Simplificarea și scurtarea duratei procesului de analiză și interpretare din punct de vedere psihologic a desenului arborelui, cât și obținerea garanției că erorile de analiză și interpretare sunt minime, pot conduce înspre folosirea pe scară largă a Testului Arborelui în cabinetele de psihologie și psihodiagnostic din școlile de masă sau speciale, indiferent de cunoștințele și abilitățile psihologului, psihopedagogului, consilierului sau profesorului.

Mulțumiri deosebite se cuvin conducătorului de doctorat prof. dr. ing. Corneliu Ioan Toma pentru coordonarea întregii mele activități desfășurate pe parcursul elaborării tezei.

Mulțumiri deosebite se cuvin domnului prof. dr. ing. Vasile Gui pentru îndrumarea și susținerea acordată pe întreaga perioadă de cercetare în cadrul tezei de doctorat, pentru încurajările aduse și pentru suportul oferit în depășirea obstacolelor ivite.

Mulțumesc doamnei psihopedagog Veronica Violeta Fejes de la Centrul Școlar Pentru Educație Incluzivă „Dumitru Ciumăgeanu” din Timișoara, care a interpretat din punct de vedere psihologic cele 152 de desene din baza de date.

Mulțumesc din suflet prietenei și colegii mele, doamna Georgiana Sârbu-Doagă din cadrul departamentului de Comunicații-UPT, pentru toată atenția, sprijinul și ajutorul oferit, pe parcursul ultimului an de doctorat.

Doresc să mulțumesc, de asemenea, colegilor din cadrul Facultății de Calculatoare și Informatică Aplicată, Universitatea „Tibiscus” din Timișoara, pentru încurajările și susținerea acordată pe toată perioada de doctorat, în special domnului conf. dr. ing. Laurențiu Dan Lacrămă.

Nu în ultimul rând doresc să mulțumesc tuturor celor care m-au încurajat și m-au sprijinit de-a lungul perioadei de cercetare în cadrul tezei de doctorat.

Mulțumiri speciale aduc și familiei mele, pentru dragostea și răbdarea arătate de-a lungul anilor de studii de doctorat.

Timișoara, Februarie 2014

Florentina Anica Botezatu

Copiilor mei Carlo-Robert și Mario Christian.

Botezatu, Florentina Anica

Contribuții la evaluarea asistată de calculator a testelor psihologice folosind tehnici de prelucrare a imaginilor

Teze de doctorat ale UPT, Seria 7, Nr. 69, Editura Politehnica, 2014, 123 pagini, 83 figuri, 10 tabele.

ISSN: 1842-7014

ISBN: 978-606-554-796-4

Cuvinte cheie:

Testul Arborelui, prelucrarea imaginilor, metode robuste, tehnici de interpretare, analiza conectivității, segmentarea imaginilor

Rezumat,

Testul Arborelui (cunoscut în engleză sub numele de Tree Drawing Test – TDT, iar în germană, ca Baum Test) este un instrument care poate da informații relevante în evaluarea unui profil de personalitate și evidențierea diferențelor interindividuale. Acest test psihologic poate fi folosit individual sau colectiv. Simpla lui utilizare nu poate indica un diagnostic ci împreună cu alte teste psihologice. Testul reprezintă totuși un complement valoros în abordarea psihologică și psihanalitică. Poate fi aplicat de către psihologul școlar în învățământul secundar pentru a ajuta la dezvoltarea personală a elevilor. Tehnica de interpretare a Testului Arborelui conține diferite caracteristici ale desenului care pot fi dobândite automat și astfel, tehnica propusă de autoare, poate veni în ajutorul psihologului, pentru a interpreta mai ușor un număr mai mare de teste și pentru a îmbunătăți calitatea interpretării acestuia. Astfel, rezultatele temei de cercetare prezentate în această lucrare, sunt o opinie secundară în vederea evaluării testelor psihologice – Testul Arborelui. În prelucrarea imaginilor digitale ale testului TDT se parcurg următorii pași: achiziția imaginii, pre-procesarea, segmentarea, extragerea de caracteristici, interpretarea rezultatelor.

Pentru evaluarea asistată de calculator a testelor psihologice folosind tehnici de prelucrarea a imaginilor, au fost selectate câteva caracteristici pentru prelucrarea automată a Testului Arborelui, cum ar fi: poziția copacului în pagină – spațiul grafic (poziție centrală, deplasare în sus sau în jos, deplasare la dreapta, deplasare la stânga, depășirea spațiului grafic), mărimea desenului (înălțimea arborelui – mărime normală, desen supradimensionat, desen subdimensionat), baza trunchiului poziționată direct pe baza foii de desen, segmentarea manuală a trunchiului, direcția trunchiului (înclinare spre stânga sau înclinare spre dreapta), segmentarea automată a copacului.

Pe baza rezultatelor experimentale s-a demonstrat eficacitatea metodelor propuse în evaluarea asistată de calculator a testului psihologic TDT.

Cuprins

Cuprins.....	5
Listă de figuri	7
Listă de tabele.....	10
Listă de acronime și abrevieri	11
1. Introducere	12
1.1. Considerații generale privind tema aleasă	12
1.2. Motivația cercetării.....	14
1.3. Structura tezei de doctorat.....	16
1.4. Lucrări științifice realizate de doctorandă	17
2. Testul Arborelui – Tree Drawing Test (TDT)	19
2.1. Istoria testului psihologic	19
2.2. Tipuri de teste psihologice.....	22
2.3. Tehnici proiective.....	23
2.4. Originea și semnificația testului TDT.....	24
2.5. Caracteristici principale ale personalității în TDT.....	26
2.6. Schema de analiză a desenului în testul TDT	27
2.7. Utilizarea testului psihologic TDT.....	27
2.8. Tehnica de interpretare a Testului Arborelui	29
2.9. Concluzii.....	30
3. Prelucrarea și analiza documentelor de text și imagini grafice	31
3.1. Introducere	31
3.2. Binarizarea imaginilor cu prag adaptiv	33
3.3. Transformări ale histogramei nivelurilor de gri	34
3.4. Segmentarea cu prag a unei imagini	38
3.5. Reducerea zgomotului	38
3.5.1. Procesarea morfologică a imaginilor binare	39
3.5.2. Filtrarea zgomotului în text și grafică	40
3.6. Detectorul de muchii Canny	41
3.7. Tehnici de estimare robustă	44
3.7.1. Caracteristici de bază ale estimatorilor robusti	45
3.7.2. Estimarea parametrilor prin metode robuste	46
3.8. Concluzii.....	49
4. Metode propuse în evaluarea asistată de calculator a Testului Arborelui folosind tehnici de prelucrarea a imaginilor	50
4.1. Crearea bazei de date – colecție de desene	50
4.2. Crearea bazei de date – colecție de imagini digitale.....	52
4.3. Determinarea poziționării arborelui în spațiul grafic.....	56
4.3.1. Filtrarea imaginilor din testul TDT folosind analiza conectivității.....	57
4.3.2. Generarea dreptunghiului ce încadrează copacul	63
4.3.3. Determinarea centrului geometric al dreptunghiului ce încadrează copacul.....	65

4.3.4. Determinarea centrului de greutate al spațiului grafic	66
4.3.5. Plasarea desenului în pagină (spațiul grafic)	67
4.4. Fișierul de date cu indicii de apreciere ai desenului, parametrii de interpretare și semnificația psihologică	71
4.5. Determinarea mărimii desenului în imaginile testului TDT	71
4.6. Determinarea poziției bazei trunchiului în raport cu marginea foii.....	74
4.7. Resegmentarea și încadrarea trunchiului.....	76
4.8. Determinarea direcției trunchiului copacului în testul TDT folosind mediana pantelor.....	79
4.9. Segmentarea copacului din imaginile testului TDT	84
4.10. Concluzii	86
5. Rezultate experimentale.....	87
5.1. Utilizarea metodei de determinare a poziționării copacului pe imagini din testul TDT.....	87
5.2. Utilizarea metodei de determinare a mărimii desenului (înălțimea arborelui)	90
5.3. Utilizarea metodei de determinare a direcției trunchiului copacului	93
5.4. Concluzii	97
6. Concluzii generale și contribuții	98
6.1. Concluzii	98
6.2. Contribuții.....	99
6.3. Direcții viitoare de cercetare.....	100
Bibliografie.....	102

Listă de figuri

Fig. 2-1. Imaginea unui arbore	24
Fig. 2-2. Testul Arborelui, test de tip „creion - hârtie”	25
Fig. 2-3. Schema de analiză a desenului în TDT	27
Fig. 2-4. Trunchi cu linii paralele (imagine preluată din [67]).....	28
Fig. 2-5. Desene cu arbori expresivi - (a) Băiat – Copac trist, (b) Băiat - Copac vesel, (c) Fată – Copac trist, (d) Fată – Copac vesel [99]	29
Fig. 3-1. Ierarhie de subzone dintr-un document, cu tipuri de componente tratate în fiecare subzonă	32
Fig. 3-2. Binarizare cu prag adaptiv - (a) imagine originală, (b) imagine binarizată	34
Fig. 3-3. Exemplu de histogramă în imagine TDT - (a) Imaginea inițială; (b) histograma imaginii de intrare; (c) histograma normalizată	35
Fig. 3-4. Egalizarea histogramei - (a) Imaginea după egalizarea histogramei; (b) histograma după egalizare.....	35
Fig. 3-5. Divizarea desenului copacului în patru părți, [133]	36
Fig. 3-6. Histograma nivelurilor de gri	36
Fig. 3-7. Desene cu arbori - (a, b, c) imagini provenite de la studenți; (d) imagini provenite de la artiști, [132]	37
Fig. 3-8. Segmentare cu prag a unei imagini TDT – (a) imagine inițială, (b, c) imagini segmentate	38
Fig. 3-9. Dilatarea imaginii TDT - (a, a') imagini inițiale, (b, b') imagini prelucrate	39
Fig. 3-10. Erodarea imaginii TDT - (a, a') imagini inițiale, (b, b') imagini prelucrate.....	40
Fig. 3-11. Imagine utilizată în analiza detectării muchiilor, [79]	43
Fig. 3-12. Detectarea muchiilor pe imaginea de la Fig. 3-11, Canny - cel mai bun rezultat	43
Fig. 3-13. Analiza detectării muchiilor pe imagine TDT - (a) imagine de intrare, (b) detecția muchiilor cu operatorul Canny, (c) detecția muchiilor cu operatorul Robert's, (d) detecția muchiilor cu operatorul Sobel, (e) detecția muchiilor cu operatorul Prewit.....	44
Fig. 3-14. Parametrii de localizare - Media și Mediana unui set de date x	47
Fig. 4-1. Indici de apreciere ai desenului (TDT) prezentați în Foaia de protocol - (a) Schema procesului de proiecție; (b) Semnificația componentelor	51
Fig. 4-2. Reprezentarea bazei de date ce conține indicii de apreciere ai desenului pentru fiecare test	51
Fig. 4-3. Desene cu indicele de apreciere (Pa) „poziție centrală” în spațiul grafic... ..	52
Fig. 4-4. Desene cu indicele de apreciere (Pb) „deplasare în sus” în spațiul grafic ..	53
Fig. 4-5. Desene cu indicele de apreciere (Pc) „deplasare în jos” în spațiul grafic ..	53
Fig. 4-6. Desene cu indicele de apreciere (Pd) „deplasare la dreapta” în spațiul grafic	53
Fig. 4-7. Desene cu indicele de apreciere (Pe) „deplasare la stânga” în spațiul grafic	54
Fig. 4-8. Desene cu indicele de apreciere (Pf) „depășirea spațiului grafic”	54
Fig. 4-9. Desene cu indicele de apreciere (Ma) „mărime normală”	54
Fig. 4-10. Desene cu indicele de apreciere (Mb) „desen (arbore) supradimensionat”	54
Fig. 4-11. Desene cu indicele de apreciere (Mc) „desen (arbore) subdimensionat” ..	55

Fig. 4-12. Schema bloc a etapelor parcurse în evaluarea automată a Testului Arborelui	55
Fig. 4-13. Semnificații psihologice reprezentative pentru poziționarea arborelui în spațiul grafic.....	56
Fig. 4-14. Etapele parcurse în realizarea algoritmului de determinare a caracteristicilor extrase pentru aflarea poziției arborelui în spațiul grafic al foii de desen	56
Fig. 4-15. Zgomotul din imagini (Imagine cu zgomot și detalii)	57
Fig. 4-16. Filtrare liniară - (a) Imaginea de intrare, (b) Imaginea filtrată	57
Fig. 4-17. Filtrare mediană-(a) imagine inițială, (b) imagine cu zgomot „sare și piper”, (c) imagine filtrată	58
Fig. 4-18. Filtru adaptiv - (a) Imagine cu zgomot Gaussian, (b) Eliminarea zgomot cu filtru adaptativ	58
Fig. 4-19. Detectarea muchiiilor folosind detectorul Canny - (a, a') Imagini de intrare, (b, b') Detectarea muchiiilor.....	59
Fig. 4-20. Vecinătățile unui pixel - (a) Vecinătatea de 4 , (b) Cele 4 direcții asociate, (a') Vecinătatea de 8, (b') Cele 8 direcții asociate	60
Fig. 4-21. Exemplu de dilatare geodezică.....	61
Fig. 4-22. Eliminarea zgomotului folosind conectivitatea pixelilor, cu diferite praguri - (a,a') imagini de intrare, (b,b') prag=30, (c,c') prag=50, (d,d') prag=90, (e,e') prag=150	62
Fig. 4-23. Eliminarea zgomotului folosind conectivitatea pixelilor, cu diferite praguri - (a,a') imagini de intrare, (b) prag=40, (c) prag=70, (d) prag=90, (e) prag=120.....	63
Fig. 4-24. Reprezentarea valorilor X_{min} , X_{max} , Y_{min} , Y_{max}	64
Fig. 4-25. Reprezentarea dreptunghiului ce încadrează copacul.....	65
Fig. 4-26. Reprezentarea centrului geometric al dreptunghiului ce încadrează copacul	66
Fig. 4-27. Reprezentarea centrului de greutate al spațiului grafic (foaia de desen reprezentată prin imagine digitală)	67
Fig. 4-28. Decizia asupra plasării copacului în pagină (spațiul grafic)	68
Fig. 4-29. Parametrul P_a al desenului - „Poziție centrală” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată	68
Fig. 4-30. Parametrul P_b al desenului - „Deplasare în sus” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată	69
Fig. 4-31. Parametrul P_c al desenului - „Deplasare în jos” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată	69
Fig. 4-32. Parametrul P_d al desenului - „Deplasare la dreapta” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată	69
Fig. 4-33. Parametrul P_e al desenului - „Deplasare la stânga” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată	70
Fig. 4-34. Parametrul P_f al desenului - „Depășirea spațiului grafic” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată.....	70
Fig. 4-35. Fișierul text cu parametrii desenului și semnificația psihologică preluată din Foaia de protocol prezentată în [118].....	71
Fig. 4-36. Distribuția mărimii desenului [13]	72
Fig. 4-37. Desene cu mărime normală - M_a	73
Fig. 4-38. Desen (arbore) supradimensionat - M_b	74
Fig. 4-39. Desen (arbore) subdimensionat - M_c	74
Fig. 4-40. Reprezentare copaci cu baza trunchiului așezată pe marginea spațiului grafic.....	75

Fig. 4-41. Mărimea și poziția copacului în raport cu spațiul grafic – a. Desen normal, b. Copac supradimensional și cu coroana ce iese din spațiul grafic, c. Copac subdimensionat, d. Copac aflat în dreapta spațiului de desen	76
Fig. 4-42. Principalele caracteristici măsurabile în analiza structurală a unui copac [63].....	76
Fig. 4-43. Segmentarea manuală a unei zone de interes.....	77
Fig. 4-44. Segmentarea manuală a trunchiului – (a) imaginea originală, (b) conturul obținut prin segmentare manuală, (c) imaginea segmentată	78
Fig. 4-45. Reprezentarea înălțimii copacului	78
Fig. 4-46. Axa de simetrie a dreptunghiului ce reprezintă zona de interes în segmentarea trunchiului.....	79
Fig. 4-47. Reprezentare unei linii întrerupte și diagrama împrăstierii punctelor ce reprezintă ML pe fiecare linie din trunchiul segmentat	80
Fig. 4-48. Diagrama împrăstierii punctelor ce reprezintă ML pe fiecare linie din trunchiul segmentat.....	80
Fig. 4-49. Subșantionarea spațiului soluțiilor.....	80
Fig. 4-50. Clasificarea direcției trunchiului.....	81
Fig. 4-51. Direcția trunchiului – (a, a') imagini originale, (b, b') Înclinare la stânga (pantă cu valori negative)	82
Fig. 4-52. Direcția trunchiului – (a, a') imagini originale, (b, b') Înclinare la dreapta (pantă cu valori pozitive).....	82
Fig. 4-53. Direcția trunchiului – (a, a') imagini originale, (b, b') Trunchi neînclinat	82
Fig. 4-54. Oscilație de direcție a trunchiului unui arbore.....	83
Fig. 4-55. Coordonatele ce reprezintă mijlocul trunchiului, coordonatele punctului de întâlnire a perpendicularelor cu baza de sus și baza de jos a trunchiului, coordonatele punctelor x_{min} și x_{max} pe liniile ce reprezintă baza de sus și baza de jos a trunchiului	84
Fig. 4-56. Schema bloc pentru segmentarea profilului	85
Fig. 4-57. Profilul copacului	85
Fig. 5-1. Rezultate experimentale pentru poziționarea desenului (copacului) în spațiul grafic.....	89
Fig. 5-2. Rezultate experimentale pentru poziționarea desenului - (a) „poziție centrală”, (b) „deplasare în sus”, (c) „deplasare în jos”, (d) „deplasare la dreapta”, (e) „deplasare la stânga”, (f) „depășirea spațiului grafic”.....	90
Fig. 5-3. Rezultate experimentale pentru mărimea copacului	92
Fig. 5-4. Rezultate experimentale pentru mărimea desenului - (a) „mărime normală”, (b) „desen supradimensional”, (c) „desen subdimensionat”.....	93
Fig. 5-5. Rezultate experimentale pentru direcția trunchiului	95
Fig. 5-6. Rezultate experimentale pentru direcția trunchiului - (a) „înclinare spre stânga”, (b) „înclinare spre dreapta”, (c) „neînclinare-drept”.....	96
Fig. 5-7. Exemplu de fișier ce conține informațiile imaginii prelucrate	96

Listă de tabele

Tabel 1. Parametrii arborelui în normalitate.....	72
Tabel 2. Rata de recunoaștere pentru fiecare caracteristică predominantă de poziționare a arborelui în spațiul grafic pe un set de 100 de imagini.....	88
Tabel 3. Rezultatele interpretării psihologice și rezultatele interpretării prin evaluarea automată în determinarea poziționării desenului în spațiul grafic...	88
Tabel 4. Matricea de confuzie pentru fiecare caracteristică predominantă de poziționare a arborelui în spațiul grafic.....	89
Tabel 5. Rezultatele interpretării psihologice și rezultatele interpretării prin evaluarea automată în determinarea mărimii desenului.....	91
Tabel 6. Rata de recunoaștere pentru mărimea copacului pe un set de 100 de imagini.....	91
Tabel 7. Matricea de confuzie pentru fiecare caracteristică predominantă a mărimii arborelui.....	92
Tabel 8. Rezultatele interpretării psihologice și rezultatele interpretării prin evaluarea automată în determinarea direcției trunchiului copacului.....	94
Tabel 9. Rata de recunoaștere pentru direcția trunchiului.....	94
Tabel 10. Matricea de confuzie pentru direcția trunchiului	95

Listă de acronime și abrevieri

APA	American Psychological Asociation
CAT	Computerized Adaptive Testing
CFIT	Culture Fair Intelligence Test
CMMP	Estimatorul Celor Mai Mici Pătrate
CogAT	Cognitive Abilities Test
COWAT	Controlled Oral Word Association Test
DIA	Document Images Analysis
DLs	Digital Libraries
DT	Direcția Trunchiului
DTa	Înclinare spre stânga
DTb	Înclinare spre dreapta
GLDM	Gray Level Difference Method
GLHM	Gray Level Histogram Moment
HCN	Înălțime normală a Coroanei
HTN	Înălțime normală a Trunchiului
LmedS	Least Median of Squares
LS	Least Squares
M	Mărimea desenului
Ma	Mărime normală
Mb	Arbore supradimensionat
Mc	Arbore subdimensionat
ML	Maximum Likelihood
OCR	Optical Character Recognition
P	Plasarea desenului în pagină
Pa	Poziție centrală
Pb	Deplasare în sus
Pc	Deplasare în jos
Pd	Deplasare la dreapta
Pe	Deplasare la stânga
Pf	Depășirea spațiului grafic
RANSAC	RANdom SAMple Consensus
ROI	Region-Of-Interest processing
SAT	Scholastic Aptitude Test
SE	Structural Element
SGLDM	Spatial Gray Level Dependence Method
SNR	Signal-to-Noise Ratio
TAT	Thematic Apperception Test
TDT	Tree Drawing Test
VM	Estimatorul de Verosimilitate Maximă

1. Introducere

Capitolul introductiv al tezei prezintă problematica testului psihologic, Testul Arborelui, considerații generale privind tema aleasă, actualitatea acesteia, motivația cercetării precum și structura tezei de doctorat.

1.1. Considerații generale privind tema aleasă

Psihologia a început să se dezvolte mai intensiv începând cu secolul XX. Numeroasele curente psihologice, constituite în primele decenii ale secolului al XX-lea au conturat noi probleme și domenii ce au consolidat implicațiile dezvoltării psihice, tematica acesteia și importanța psihologiei în viața socială.

Toate profesiile s-au intelectualizat foarte mult și s-au încărcat de politici adaptive tot mai complexe, astfel se cere studierea proiecției sinelui prin intermediul testelor psihologice. (Psihologia muncii are în vedere probleme psihice din diverse sectoare de activitate.)

Din dorința de autocunoaștere și o mai bună cunoaștere a altora s-au dezvoltat testele psihologice. În literatura de specialitate sunt date următoarele definiții:

„Un test este un procedeu științific de rutină pentru cercetarea uneia sau mai multor caracteristici delimitabile empiric ale personalității, în scopul emiterii unei afirmații (aserțiuni), pe cât posibil cantitative, despre gradul relativ al reliefării caracteristicii individuale” [77].

R. Mucchielli consideră testul psihologic „o problemă semnificativă (validată și etalonată) pentru a evalua (prin raportare la rezultatele obținute de alții) de ce este capabil un subiect într-o situație dată sau caracteristicile sale” [88].

O altă definiție a testului psihologic a fost dată de L. J. Cronbach, și anume: „un procedeu sistematic pentru observarea comportamentului unei persoane și a cărei descriere se face pe baza unei scale numerice sau a unui sistem categorial” [25].

„Un test poate fi definit pur și simplu ca un dispozitiv de măsurare sau proceduri ... termenul de test psihologic se referă la un dispozitiv sau procedeu conceput pentru a măsura variabile legate de psihologie (de exemplu inteligența, personalitatea, ...)” [23].

Într-o lucrare de specialitate, M. Albu afirmă: „Testul este un instrument al metodei experimentale, folosit cu precădere în investigațiile cu caracter aplicativ ale psihologiei...” [5].

O altă definiție succintă aparține lui U. Șchiopu, care spune în lucrarea [130]: testul este „probă, instrument de diagnosticare de caracteristici psihici”.

Folosind denumirea originală a testului, P. Pichot dă o definiție de largă circulație testului psihologic: „Se numește test mintal o situație experimentală standardizată servind drept stimul pentru un comportament. Acest comportament este evaluat printr-o comparație statistică cu acela al altor indivizi plasați în aceeași situație, permițând astfel clasarea subiectului examinat, fie cantitativ, fie tipologic” [101].

Testele psihologice pot fi: teste psihometrice sau nepsihometrice, verbale sau nonverbale, teste de personalitate, teste de inteligență, teste de aptitudini, teste educaționale, teste proiective.

Prezenta teză de cercetare desfășurată în cadrul Facultății de Electronică și Telecomunicații din cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara se bazează pe prelucrarea automată a imaginilor provenite în urma aplicării testului psihologic proiectiv, Testul Arborelui, la o serie de copii din clase de gimnaziu de la diferite școli din Timișoara.

Testul Arborelui (cunoscut în engleză sub numele de Tree Drawing Test – TDT, iar în germană, ca Baum Test) este un instrument care poate da informații relevante în evaluarea unui profil de personalitate și evidențierea diferențelor interindividuale. Acest test psihologic poate fi folosit individual sau colectiv. Simpla lui utilizare nu poate indica un diagnostic ci împreună cu alte teste psihologice. Testul reprezintă totuși un complement valoros în abordarea psihologică și psihanalitică. Poate fi aplicat de către psihologul școlar în învățământul secundar pentru a ajuta la dezvoltarea personală a elevilor.

Testul Arborelui este un test psihologic proiectiv folosit în foarte multe domenii însă, după cum reiese din [67], acesta este aplicat cu pondere mai mare în domeniul clinic și al sănătății (psihodiagnostic), precum și în domeniul educațional (psihologia educațională). În domeniul clinic și al sănătății testul este folosit pentru cercetarea privind organizarea sau dezorganizarea personalității, depistarea unor trăsături nevrotice, ca: anxietate, nervozitate, depresie, tendințe obsesive.

În domeniul școlar, testul este utilizat pentru depistarea handicapului intelectual (întârzieri de progres în învățare la copiii cu inteligență normală), găsirea unor tulburări de personalitate, probleme de adaptare. Alte caracteristici studiate în psihologia școlară sunt: capacitățile, aspirațiile, nevoile și dorințele subiectului (elevului/școlarului), maturizarea afectivă sau generală, sociabilitatea, dezvoltarea mintală în raport cu rezultatele școlare, precum și depistarea existenței unor traume afective trecute sau recente din viața elevului (școlarului). Desenul arborelui relevă caracteristici de personalitate și stări psihice, astfel că testul poate fi util pentru o învățătoare care dorește să afle cum sunt copiii din clasa la care predă și dacă descoperă copii cu deficiențe de comportament sau dezvoltare mintală întârziată, cu ajutorul psihologului acești copii pot fi ajutați la timpul potrivit.

Actualitatea testului precum și dezvoltarea prelucrării imaginilor în diverse domenii au condus la alegerea prezentei teze de doctorat. După cum afirmă psihologul A. Veleanovici (psiholog și psihoterapeut la Cabinet individual de Psihologie din București), „*Testul Arborelui se utilizează frecvent în psihologia clinică și educațională*”. Mai mult, doamna învățătoare E. Stoica de la Școala Gimnazială nr. 26 din Timișoara a relatat că de-a lungul carierei dumeaiei de dascăl la clasele mici (I-IV), folosea testul la copiii din clasa I pentru a identifica diferite caracteristici ale dezvoltării copiilor.

Tehnica de interpretare a Testului Arborelui conține diferite caracteristici ale desenului care pot fi dobândite automat și astfel, tehnica propusă de autoare, poate veni în ajutorul psihologului, pentru a interpreta mai ușor un număr mai mare de teste și pentru a îmbunătăți calitatea interpretării acestuia. Astfel, rezultatele temei de cercetare prezentate în această lucrare, sunt o opinie secundară în vederea evaluării testelor psihologice – Testul Arborelui.

1.2. Motivația cercetării

Computerul a devenit parte integrantă din viața de zi cu zi a multor persoane. El este folosit în foarte multe domenii: aplicații științifice și militare, contabilitate, birotică, meteo, în artă (generarea și editarea de sunet, imagini video), industria jocurilor, sectorul auto (aplicații electronice folosite pentru dirijarea de mașini), domotică (aplicație a calculatoarelor și roboților pentru aplicații casnice, astfel că cele mai multe case modern amenajate au astfel de instalații). Vezi [69], [75], [86], [106].

Calculatorul a pătruns și în medicină, unde culegerea și stocarea informațiilor unui pacient a fost benefică deoarece datele despre un pacient sunt puse într-un program, la îndemâna doctorului. Acesta poate accesa mai ușor informațiile despre un pacient din baza de date care poate conține date personale, date suplimentare importante, imagini obținute prin echo, EKG, interpretarea acestora. Având o bază de date despre pacienți, viteza de prelucrare a datelor pe calculator este mult mai mare decât prelucrarea manuală a datelor. Computerul poate genera rapoarte sub forma de tabele, grafice afișate pe ecran sau listate pe hârtie la imprimantă. S-au dezvoltat astfel, programe folosite pentru „diagnostic asistat”.

În ultimii ani, imagistica medicală a luat un avânt spectaculos. Imagistica computerizată este un domeniu care se dezvoltă dinamic de-a lungul timpului, având o evoluție în plin progres și în prezent. Domeniile de investigare computerizată s-au înmulțit și putem aminti aici: probleme de circulație, reumatism, cancer de sân, urmărirea dezvoltării fătului pe timpul sarcinii, localizarea unor tumori, evaluarea ecografică a steatozei hepatice, tomografia, investigarea cardiologică, etc. Imaginile medicale provenite de la radiologie, ecografie, RMN, etc. pot fi prelucrate pe calculator cu ajutorul unor programe performante dezvoltate de programatori sau cercetători. Aceste procesări ale imaginilor medicale pot propune niște „indici” care să-l ajute pe medic în stabilirea unui diagnostic final. Prelucrarea imaginilor prevede o serie de procese aplicate asupra unei imagini: ajustarea intensității, elemente de filtrare, operații morfologice, segmentare (vezi [46], [104], [135]).

Necesitatea obținerii cât mai multor informații legate de imagini, dorindu-se captarea și identificarea formelor din imaginile prelucrate, a dus la dezvoltarea și implementarea unor tehnici de prelucrare și recunoaștere a formelor. Procesarea imaginilor poate fi găsită în diverse domenii de cercetare: Feature detection (detecția de trăsături), Shape modeling and representation (modelarea și reprezentarea formelor), Object detection (detecția obiectelor), Contour representation (reprezentarea conturilor), precum și în diferite domenii de aplicare: supraveghere și securitate, cartografiere, monitorizarea traficului, aplicații spațiale, analiza imaginilor medicale, recunoașterea gesturilor, recunoașterea feței etc.

În psihologie este foarte laborioasă interpretarea chestionarelor repetitive cu mai mulți subiecți, cu un volum mare de răspunsuri. Acestea trebuie rezolvate într-un timp cât mai scurt. Astfel s-a născut ideea creării de teste psihologice automatizate, care salvează răspunsurile, codate, într-o bază de date. Pe baza unor diagnosticări anterioare de către un psiholog, se construiește un set de învățare care va fi util în diagnosticare, încercându-se ușurarea testării subiecților și aflarea unui rezultat cât mai aproape de adevăr într-un timp cât mai scurt. În [103] și [107] sunt prezentate utilizarea și dezvoltarea unor tehnici de prelucrare și recunoaștere a

formelor și integrarea acestora într-un sistem de evaluare automată a testelor psihologice.

În prezenta lucrare de doctorat se arată că testele psihologice bazate pe desen, teste proiective, pot fi folosite și prelucrate automat pentru a veni în ajutorul psihologului sau psihiatrului. Desenele proiective sunt utilizate pentru a identifica o serie de tulburări de comportament. Testele proiective au început să fie utilizate în psihologie ca o metodă de evaluare neconvențională, reprezentând niște stimuli care au rolul de a capta proiecțiile individului ce oferă psihologului niște informații care îi trădează inconștientul [31]. Testele proiective sunt ușor de utilizat (test creion-hârtie) și sunt non-verbale. Astfel copiii se pot exprima mai bine prin desen decât oral, răspunzând la întrebări. Prin desen subiecții pot exprima diferite caracteristici ascunse. Dintre testele proiective utilizate pentru depistarea unor tulburări emoționale face parte și Testul Arborelui [67].

Testul Arborelui este un test proiectiv de evaluare a personalității. Este un instrument de diagnostic psihologic util în depistarea deficienței mintale. În ultimii ani s-a observat că tot mai mulți copii și adolescenți au probleme de adaptare sau de comportament în societate. Astfel, prin folosirea acestui test, se poate urmări evoluția unui copil sau a unui adolescent pe o perioadă de timp. Testul scoate în evidență câteva caracteristici specifice personalității - se pot urmări aspecte ce denotă „criza adolescentină” sau dacă elevii sunt întârziți în dezvoltare.

Elementele ce pot fi urmărite pe parcursul utilizării Testului Arborelui și folosite în prelucrarea imaginilor sunt: forma arborelui (balon, mătură - elemente de retard psihic); ramuri nelegate (conflicte); supradimensionare (megalomanie) sau subdimensionare (imaturitate psihică); desenarea arborelui în pagină - stânga (dificultăți de adaptare), dreapta (înclinație spre anturaj), sus (căutare și proiectare spre viitor), jos (aptitudini tehnice), centrat (echilibru); baza foi luată ca baza arborelui (imaturitate psihică după 12 ani); prezența rădăcinii (fixare asupra lumii) sau absența rădăcinii (teamă sau ezitare în a se fixa); comparație între mărimea coroanei și mărimea trunchiului (informații asupra psihicului). Mai multe detalii despre aceste caracteristici se pot găsi în paragraful 2.5.

În literatura de specialitate nu sunt foarte multe lucrări de cercetare care au la bază prelucrarea imaginilor psihologice utilizând Testului Arborelui, cu toate acestea *tema aleasă este de actualitate*, mai mulți cercetători dezvoltând această temă prin diferite studii cu privire la: analiza imaginilor psihologice proiective [71], [133], caracteristicile arborilor desenați de pacienți cu schizofrenie paranoică [63], metode de prelucrare a imaginilor pentru eliminarea zonelor din regiunea de fundal a imaginilor provenite de la testul TDT [36], tehnici de analiză a imaginilor testelor la pacienți cu tulburări mintale [59]. Pe lângă aceste studii, în analiza clinică (psihodiagnostic) au fost dezvoltate studii și în psihologia educațională [134]. Studiul a pornit de la problema scăderii prezenței școlare, fiind descrisă legătura între caracteristicile testului TDT și caracteristicile de personalitate ale elevilor de liceu. Rezultatul studiului a arătat că elevii nu frecventează școala din cauza deprimării, a faptului că nu se simt bine în colectivul clasei în care învață. Dacă aceste sentimente sunt descoperite la timp, copiii pot fi ajutați de către psihologi specializați.

În prelucrarea imaginilor digitale ale testului TDT, literatura de specialitate propune următorii pași: achiziția imaginii, pre-procesarea, segmentarea, extragerea de caracteristici, interpretarea rezultatelor.

Pentru evaluarea asistată de calculator a testelor psihologice folosind tehnici de prelucrare a imaginilor, au fost selectate câteva caracteristici pentru prelucrarea automată a Testului Arborelui, cum ar fi: *poziția copacului în pagină* - spațiul grafic

(poziție centrală, deplasare în sus sau în jos, deplasare la dreapta, deplasare la stânga, depășirea spațiului grafic), *mărimea desenului* (înălțimea arborelui – mărime normală, desen supradimensionat, desen subdimensionat), baza trunchiului poziționată direct pe baza foii de desen, segmentarea manuală a trunchiului, *direcția trunchiului* (înclinare spre stânga sau înclinare spre dreapta), *segmentarea automată a copacului*. Aceste caracteristici sunt detaliate în capitolul 4 al prezentei teze.

1.3. Structura tezei de doctorat

Capitolul 1, **„Introducere”**, amplasează cercetarea cu privire la evaluarea asistată de calculator a testului psihologic Testul Arborelui în contextul principalelor direcții de cercetare teoretică și aplicativă realizate până acum în domeniu. Sunt prezentate considerații generale privind tema aleasă (testul psihologic Testul Arborelui, tehnici de prelucrare a imaginilor), actualitatea temei și motivația alegerii temei de cercetare. În acest capitol sunt menționate și lucrările științifice realizate de către doctorandă pe parcursul temei de cercetare, prezentate la conferințe naționale și internaționale și publicate în diferite baze de date internaționale (BDI).

Capitolul 2, **„Testul Arborelui – Tree Drawing Test (TDT)”**, prezintă rolul Testului Arborelui în psihologia clinică și cea educațională. Primul subcapitol prezintă istoria testului psihologic și dezvoltarea informaticii asupra testelor psihologice. Mai departe se prezintă principalele tipuri de teste psihologice și se urmărește dezvoltarea testelor proiective din care face parte și Testul Arborelui, test utilizat în prezenta teză de doctorat. Următorul subcapitol prezintă originea și semnificația testului care se numește în engleză Tree Drawing Test (TDT). În următoarele subcapitole sunt prezentate câteva caracteristici principale de interpretare, precum și schema de analiză a desenului. Aceste informații au ajutat autoarea în alegerea caracteristicilor principale în evaluarea automată a Testului Arborelui, acestea fiind: poziționarea copacului în pagină, mărimea copacului, segmentarea și încadrarea, înclinația trunchiului. După alegerea acestor caracteristici s-a prezentat tehnica de interpretare a desenului din testul psihologic.

În capitolul 3, **„Prelucrarea și analiza documentelor de text și imagini grafice”**, se prezintă aspecte specifice privind tehnici de prelucrare și analiză a imaginilor grafice. În primul subcapitol, doctoranda descrie importanța prelucrării imaginilor, care are drept scop transformarea imaginilor de document într-o formă simbolică pentru modificare, stocare, recuperare, re folosire și retransmisie. Doctoranda și-a îndreptat atenția către următoarele etape în prelucrarea imaginilor grafice: pre-procesare (reducerea unei imagine în tonuri de gri sau color la o imagine binară, reducerea și eliminarea zgomotului, segmentare - pentru a separa diferite componente în imagine, și, în cele din urmă detectarea muchiilor și liniilor în vederea extragerii caracteristicilor și obiectelor de interes), extragerea de caracteristici și clasificare.

Pornind de la tehnici de prelucrare a imaginilor folosind testul psihologic TDT prezentate din literatura de specialitate, autoarea a adus noi contribuții la evaluarea automată a Testului Arborelui, adăugând interpretarea unor noi caracteristici folosind tehnici de prelucrare a imaginilor.

În capitolul 4, **„Metode propuse în evaluarea asistată de calculator a Testului Arborelui, folosind tehnici de prelucrarea a imaginilor”**, se prezintă rezultate ale activității autoarei pentru filtrarea zgomotului, în vederea generării unor imagini binare ale desenelor ce fac obiectul Testului Arborelui, precum și metodologia utilizată pentru construcția bazei de date, ce conține imagini digitale provenite de la desenele testului, desene realizate de copii cu vârstă școlară mică (8-14 ani) de la diferite instituții de învățământ din Timișoara. În acest capitol, autoarea prezintă etapele parcurse în evaluarea automată a testului TDT și caracteristicile analizate.

Etapele privind prelucrarea automată a testului TDT sunt:

- Filtrarea imaginilor,
- Generarea dreptunghiului ce încadrează copacul,
- Plasarea desenului în pagină,
- Determinarea mărimii desenului în imaginile testului TDT,
- Determinarea poziției bazei trunchiului în raport cu marginea foii,
- Resegmentarea și încadrarea trunchiului,
- Determinarea direcției trunchiului copacului din desenele ce aparțin testului TDT ,
- Segmentarea copacului din imaginile testului TDT.

În capitolul 5, **„Rezultate experimentale”**, sunt prezentate rezultatele experimentelor realizate pentru evaluarea automată a Testului Arborelui, utilizând tehnici de prelucrare a imaginilor, prin metodele propuse în capitolul 4. Fiecare metodă a fost testată pe un set de imagini din baza de date.

Capitolul 6, **„Concluzii generale și contribuții”**, conține principalele concluzii care se desprind în urma realizării studiului propus în această teză de doctorat, o sinteză a principalelor contribuții, precum și direcții de cercetare viitoare.

1.4. Lucrări științifice realizate de doctorandă

Soluțiile și metodele noi utilizate în cadrul tezei de doctorat au fost publicate și prezentate la conferințe.

1. F. A. Pinteș (Botezatu), D. L. Lacrama and C. I. Toma, "Automatic segmentation of tree drawings for psychological tests", *Annals. Computer Science Series*, vol. 11(2), decembrie 2013 (BDI Index Copernicus, EBSCO Host).
2. F. A. Pinteș (Botezatu), D. L. Lacrama and C. I. Toma, "Use pattern recognition techniques for psychological tests", *Annals. Computer Science Series*, vol. 11(2), decembrie 2013 (BDI Index Copernicus, EBSCO Host).
3. F. A. Pinteș (Botezatu), G. Simion, V. Gui, and C. I. Toma, "Automatic Evaluation of Tree Drawing Test using Computer Vision," *Journal of Applied Measurement in Education*, decembrie 2013, în evaluare.
4. F. A. Pinteș (Botezatu), D. L. Lacrama, M. T. Karnyanszky and C. I. Toma, "Automatic Pre-processing of Images to Tree Drawing Test", *Proceedings of 21st Telecommunications Forum TELFOR 2013*, Belgrad,

- Serbia, pp. 502-505, noiembrie 2013 (citat ISI Proceedings, IEEE Explore).
5. F. A. Pinteă (Botezatu), D. L. Lacrama, C. Musuroi, T. M. Karnyanszky and C. I. Toma, "Automatic Pre-Classification Of Baum Test Images", in Proceedings of the 17th International Conference on Computers (part of CSCC '13), Rhodes Island, Greece, WSEAS Press, pp. 65-68, iulie 2013 (TIB-German National Library of Science and Technology).
 6. F. A. Pinteă (Botezatu), I. Iacob, D. L. Lacrama and C. I. Toma, "Implication of developing a software application as an instrument in administrating the Baum test", International Symposium Theoretical & Applied in Psychology „Psychology and Lifelong Development”, SICAP 21, Timisoara, Romania, 31 mai-01 iunie 2013.
 7. D. L. Lacrama, F. A. Pinteă (Botezatu) and M. T. Karnyanszky, "Dimensioning The Heating System for Residential Buildings Using Neural Networks", 11th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering, pp 265-267, Belgrad, Serbia, septembrie 2012 (ISI Proceedings, IEEE Explore).
 8. D. L. Lacrama, F. A. Pinteă (Botezatu) and F. Alexa, "Preprocessing Using Structuring Element for Handwriting and Hand Printed Document Analysis", 16th WSEAS International Conference on Communications and Computers, Kos Island, Grecia, pp 272-276, iulie 2012 (TIB-German National Library of Science and Technology).
 9. F. A. Pinteă, "Visual information retrieval system for characterizing psycho-emotional state", Workshop-ul nr.2, Interdisciplinaritatea și Managementul Cercetării în Studii Doctorale, Oradea, Romania, iunie 2012.
 10. F. A. Pinteă (Botezatu), D. L. Lacrama and C. I. Toma, "Achievements in automatic evaluation of psychological quiz tests using pattern recognition", Annals. Computer Science Series, vol. 9 (2), pp. 233-240, decembrie 2011 (BDI EBSCO Host).
 11. F. A. Pinteă (Botezatu), D. L. Lacrama and V. Gui, "Automatic Evaluation of Psychological Quiz Tests", Annals of DAAAM & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium, Vienna, Austria, Vol. 22, Nr. 1, pp 1167-1168, ianuarie 2011 (BDI EBSCO Host).
 12. F. A. Pinteă (Botezatu), D. L. Lacrama, F. Alexa and A. Fortiș, "Using human features to obtain 3D effect in television", National Conference on Medical Informatics, RO-MEDINF 2010, Arad, Romania, pp.241-245, noiembrie 2010.

2. Testul Arborelui – Tree Drawing Test (TDT)

Acest capitol prezintă istoria testelor psihologice, tipuri de teste psihologice, tehnicile proiective și semnificația acestora în psihologie, semnificația Testului Arborelui și caracteristicile specifice acestuia.

2.1. Istoria testului psihologic

Testele s-au născut din dorința de autocunoaștere și o mai bună cunoaștere a altora. Testul psihologic este un instrument de măsură, altul decât judecata subiectivă, utilizat pentru evaluarea psihologică, dar și pentru evaluarea abilităților emoționale, cognitive sau comportamentale.

Prof.univ.dr. Horia Pitariu afirmă în prefața volumului [20] că „Testele psihologice reprezintă o aplicație sistematică a câtorva principii relativ simple în vederea măsurării unor atribute individuale considerate ca esențiale în descrierea sau înțelegerea comportamentului uman... De exemplu, psihologii școlari le utilizează în orientarea profesională, cei industriali în selecția și repartitia profesională, iar psihologii clinicienii în stabilirea mijloacelor de tratament și evaluarea efectului acestora asupra bolnavilor etc.”.

Domeniul testării psihologice are o majoră importanță practică, testele estimând însușiri ale personalității: inteligența, motivația, memoria, anxietatea, trasaturile de caracter, etc.

Studii importante au arătat că pe baza rezultatelor testelor, se pot structura diferite profiluri psihologice care sunt specifice unei anumite profesii, se pot găsi modalități de educare a personalității, este posibilă evaluarea bolnavilor. Rezultă astfel rolul important pe care îl are psihologia și psihodiagnosticul în viața omului.

Școala psihologică germană are o implicare majoră în dezvoltarea testului psihologic. Primul care s-a implicat în cercetarea psihologică a fost J. F. Herbart, care a aplicat matematica în studiul vieții psihice. Printre fondatorii școlii experimentaliste germane se numără filosoful G. T. Fechner și H. von Helmholtz (inventator a unor aparate de experimentare și metode de măsură). Studiul legat de psihologia experimentală a lui Fechner, în care este tratat raportul existent între lumea psihică și cea fizică, este apreciat de P. Fraisse în [35]. G. T. Fechner a fost preocupat să măsoare praguri diferențiale, dezvoltând metode de măsurare în cercetarea percepției (metoda erorii medii – metoda de ajustare, metoda constanței – metoda cazurilor adevărate sau false, metoda limitelor). La erorile de măsură în psihologie, G. Fechner aplică *legea Gauss – Laplace*, model de distribuție cu aplicabilitate în cercetare. Odată cu această lege apare ideea de probabilitate, cu aplicații foarte largi.

Primele laboratoare de psihologie experimentală sunt înființate în Germania de W. Wundt la Leipzig (1879) și G. E. Müller la Göttingen (1881), iar în decurs de câțiva ani numărul lor a crescut vertiginos, arătând astfel amploarea cercetării experimentale. W. Wundt este o personalitate importantă în psihologia științifică, el

recurgând în cercetare la experiment (sesizarea cauzei și efectului) și măsură (a măsura și a cântări sunt mijloace în cercetare cu ajutorul cărora ajungem la niște legi precise). Prin intermediul măsurilor efectuate asupra unor persoane se încearcă stabilirea unor legi care pot fi valabile pentru toți indivizii. Această psihologie experimentală a dus la *aparitia testelor psihologice*. R. Gregory afirmă în [45] că W. Wundt, J. M. Cattell și F. Galton au pus fundamentele testelor psihologice ale secolului XX.

Ideile și tehnicile experimentale au fost răspândite în toată lumea. La constituirea testului psihologic modern au contribuit E. Kraepelin, O. Külpe, E. Meumann (Germania), G. S. Hall, J. M. Cattell (SUA), E. B. Titchner (psiholog născut în Anglia și o figură reprezentativă a psihologiei experimentale în SUA), C. Spearman (Anglia), G. Bourdon (Franța), G. Thierry și A. Michotte (Belgia).

O contribuție importantă, de asemenea, în apariția testului psihologic o are și psihologia engleză, iar ca fondator al acesteia poate fi menționat F. Galton. Semnificația cuvântului „test” ca probă ce aparține unei metode, provine de la Galton. Probele se raportează la randament, dexteritate, activitate. Galton folosește probe ce seamănă cu testele psihologice și prezintă un bilanț al studiilor caracterului ereditar al funcțiilor mintale în [43]. În această carte, printre altele, se referă și la studiul gemenilor, găsind gemenii monoziagoți ca fiind foarte asemănători, iar cei dizigoți ca fiind disimilari, chiar dacă sunt crescuți împreună. Studiul gemenilor este de actualitate și în zilele noastre.

Școala psihologică engleză este cunoscută ca fiind psihometrică, având contribuții mari în statistică și teoria măsurării. La introducerea conceptului de corelație, F. Galton indică mediana ca o măsură pentru evidențierea tendinței centrale, utilizând scorul mediu cel mai bun al unei distribuții (mediana într-o distribuție). În statistici și teoria probabilității, mediana este valoarea numerică ce separă jumătatea superioară a unui eșantion de date, o populație, sau o distribuție de probabilitate, de jumătatea inferioară. Seria de date trebuie să fie ordonată crescător sau descrescător.

În prezenta cercetare, s-a folosit noțiunea de mediană la detecția direcției trunchiului (înclinare spre stânga sau înclinare spre dreapta).

Psihologia franceză are preocupări științifice în domeniul psihopatologiei. Studiul psihopatologiei ilustrează un mijloc pentru o înțelegere mai bună a funcționării psihologice normale. Printre reprezentanții școlii psihologice franceze se evidențiază R. Descartes (1596-1650), T. Ribot (1839-1916), P. Janet (1859-1947), G. Dumas (1866-1946).

Psihologia americană are oarecum rădăcini în psihologia franceză, iar fondatorul psihologiei americane este considerat W. James (1842-1910). După acesta, J. M. Cattell și S. Hall, în 1892, au contribuit la înființarea asociației „American Psychological Association” - APA, S. Hall fiind primul președinte al asociației. Una dintre problemele analizate de membrii acesteia era construcția testelor psihologice.

O importantă utilizare a testelor psihologice a fost cunoscută în primul război mondial, când R. M. Yerkes (1876-1956) a avut „o mare idee”, ca fiecare militar participant la război să fie examinat psihologic. O astfel de utilizare a fost realizată în majoritatea statelor europene angajate în conflict: Myers testează armata britanică, Moede utilizează testul psihologic în armata germană la selecția soferilor, Lahy în armata franceză, iar Gemelli, utilizează testarea psihologică a

militarilor din armata italiană, la selecția aviatorilor. Între anii 1901 și 1913, testele psihologice au fost folosite la emigranții ce veneau din Europa, suspectați de tulburări mintale. Pe baza rezultatelor, cei care erau etichetați ca deficienți mintal erau deportați.

Interesul pedagogic a fost dezvoltat mai apoi, de un grup de cercetători din care putem aminti pe J. M. Cattell și L. Farrand (1896), H. Ebbinghaus (1897), E. L. Thorndike (1903) și E. Meumann (1905).

În [54], [53], Cattell spune: *„Psihologia nu poate pretinde certitudinea și exactitatea științelor exacte, dacă nu se fondează pe experiment și măsurare. Un pas în această direcție poate fi făcut aplicând o serie de teste mintale și măsurători la un mare număr de indivizi. Rezultatele vor fi de o considerabilă valoare științifică în descoperirea constanței proceselor mintale, interdependenței și variației lor în diferite circumstanțe.”*

La începutul secolului XX se naște, se dezvoltă și se diversifică psihologia aplicată. Odată cu transformările culturale, sociale și economice se remarcă o importantă cerere de cunoștințe psihologice operatorii în numeroase domenii, cum ar fi: industrie, comerț, justiție, sănătate, politică, etc. Această cerere a venit din perspectiva problemelor de evaluare a persoanelor, de gestiune și organizare, de formare. Testele psihologice au început să fie folosite pe lângă instituțiile de asistență a bolnavilor mintali în școala primară și mediul industrial. A. Binet (1857-1911) a reușit să introducă testul în viața instituțiilor sociale și l-a făcut util pentru un mare număr de oameni. T. H. Wolf afirmă că Binet a fost tatăl psihologiei experimentale din Franța și a avut un important impact în psihologia din SUA, după moartea lui Wundt.

Psihologul și sociologul francez J. M. Lahy este inițiatorul unor teste psihologice specifice pentru selecția profesională.

Tehnicile de construcție a testelor psihologice vor cunoaște un sensibil progres, folosirea testelor de inteligență fiind introdusă pentru selecția și orientarea elevilor din licee sau din învățământul superior, odată cu apariția primelor versiuni ale testului „Scholastic Aptitude Test” (SAT). Testele SAT au fost realizate de C. C. Brigham în 1926, iar în prezent, testele SAT (SAT Reasoning Test și SAT Subject Tests) sunt folosite în multe universități din SUA, la examenul de admitere în anul I, [94]. Practica diagnosticului prin intermediul testelor individuale cunoaște o importantă dezvoltare în sectorul sănătății (spitale de psihiatrie, clinici de consultații pentru copii, etc.).

Dezvoltarea informaticii a avut efecte importante și benefice asupra testelor psihologice. Folosirea testelor psihologice computerizate a permis o mare economie de timp în tratarea testelor colective. Progresiv, procedurile informaticii încep să fie utilizate și exploatate la maxim. Printre primele aplicații informatice în psihologie au fost programele statistice. Cercetarea în domeniul psihologiei a cunoscut o largă dezvoltare în procedeele de testare psihologică și simulările pe calculator. S-au introdus testele computerizate și au fost dezvoltate sisteme de interpretare a rezultatelor. Aplicațiile în domeniul testului psihologic au luat amploare prin puterea de memorare a calculatoarelor și viteza de lucru.

În Germania, în anii 80, au fost dezvoltate sisteme diferite de teste automatizate ca: seria de teste pentru școala generală, seria de teste pentru bacalaureați și studenți, seria de teste pentru adulți. Cel mai utilizat sistem este EUB, cu care a fost examinat un număr foarte mare de elevi. Testarea aptitudinilor de admitere asistate de calculator se realizează la începutul anului 1983, pe un număr de candidați voluntari din Hanovra și München (CAT I). În 1985 se dezvoltă o

nouă versiune pentru software-ul de evaluare și apare CAT II. Din 1990 apare CAT III, folosind un algoritm adaptiv. CAT (Teste Computerizate Adaptive) oferă garanția că fiecare subiect este apreciat cu același grad de precizie. Sistemele CAT reduc lungimea unui test cu 50% și sunt utilizate în armata SUA și Serviciul pentru educație SUA. La Universitatea Humboldt din Berlin a fost dezvoltat un sistem de diagnosticare Leila (K. D. Hansgen, 1991). Sistemul poate depista parametrii de inteligență, aptitudinile specifice, memoria, atenția, personalitatea, chestionarele pentru înregistrarea durerilor. Majoritatea procedeele integrate sunt adaptări ale vechilor probe de forma creion-hârtie.

Evaluarea computerizată prin chestionare a fost introdusă în România de A. Mîrza și L. Matei în 1989. Ei au realizat o transpunere computerizată a chestionarului Eysenck (EPQ), [85]. A. Stan în colaborare cu C. Havârneanu au introdus și dezvoltat testele computerizate și în cadrul Laboratorului de psihologie rutieră IJTL Iași, [128].

2.2. Tipuri de teste psihologice

Testele psihologice au fost dezvoltate de-a lungul timpului pentru a studia comportamentul uman, putând determina tipuri de temperament, probleme deosebite privind tulburările de personalitate, funcționări mentale, stări de depresie, etc. Aceste teste sunt un instrument al metodei experimentale, utilizat în investigațiile cu caracter aplicativ ale psihologiei. Clasificarea testelor se poate face după caracteristicile construcției testului, materialele utilizate pentru realizarea testului, felul realizării unor modele de comportament, tipurile de reacție pretinse și modul de realizare a evaluării. Specialiștii clasifică testele psihologice în diverse moduri, după criterii diferite.

După standardizare și cuantificare, testele pot fi psihometrice (evaluarea psihologică a unei persoane – cunoștințe, abilități, deprinderi, inteligență – la angajare) și nepsihometrice (emiterea concluziilor la virtuțile clinice de exprimare). Cele mai utilizate teste psihometrice, sunt testele de aptitudini și chestionarele de personalitate. Testele nestandardizate (fără eșantioane de standardizare) sunt realizate pentru o singură administrare (test grilă de evaluare a cunoștințelor studenților).

După modul de a examina mai mulți subiecți se pot distinge teste individuale sau colective. Testul individual are avantajul observării reacțiilor particulare în timpul examinării, pe când testul colectiv are dezavantajul că observarea subiectului poate fi insuficientă, însă economisește timp de examinare. Majoritatea testelor individuale sunt teste de prelucrare a materialelor, în timp ce testele colective sunt de tip creion-hârtie. Din această categorie face parte și Testul Arborelui, test studiat în prezenta teză de doctorat.

În funcție de exprimare, deosebim teste verbale sau non-verbale. Testele verbale depind în general de nivelul de cultură al subiectului. Un exemplu de test de fluentă verbală este COWAT, test controlat de asociere a cuvintelor, variantă de test des utilizată la angajare [6]. Testele non-verbale testează raționamente sub formă de diagrame și imagini. Un test pentru măsurarea inteligenței non-verbale fluide este CFIT - Culture Fair Intelligence Test. Raționamentul non-verbal implică capacitatea de a înțelege și de a analiza informațiile vizuale și de a rezolva probleme folosind raționamentul vizual. De exemplu: identificarea relațiilor, asemănările și deosebirile dintre forme și modele, recunoscând secvențe vizuale și relațiile dintre obiecte. În 1920, Kohs propune testul cuburilor – probă ce se compune din 16

cupuri colorate diferit pe patru fețe. Proba cerea reproducerea unor figuri colorate. Un model de test non-verbal de actualitate este creația lui R. Pintner și D. Paterson – scala Pintner-Paterson, test prezentat în [114].

Testele de personalitate (testul Rorschach, testul Szondi, TAT – Thematic Apperception Test) sunt un instrument de studiu al personalității normale.

Un alt tip de teste psihologice sunt cele de inteligență, fiind cele mai perfecționate realizări ale testelor de aptitudini. Testele de aptitudini ca Cognitive Abilities Test – CogAT, sunt un instrument de investigație în testele școlare. Testul de aptitudini este folosit cu precădere în domeniul selecției și orientării profesionale. Aceste teste măsoară abilitățile umane într-o măsură mai amplă decât testele de inteligență. În [138], se spune că „*Testele de capacitate sau de cunoștințe achiziționate măsoară nivelul individului în funcția pentru care el este testat, precum și cunoștințele asupra acestei munci*”.

Testele educaționale reprezintă valorificarea rezultatelor evaluării elevilor sau studenților. În anii '90, CEEB (College Entrance Examination Board) construiește teste de aptitudini școlare pentru admiterea la facultate. O versiune modernă a testelor educaționale este folosită și în prezent la Standford (teste de achiziție – Stanford Achievement Test – SachT). Utilizarea testelor în mediul educațional are ca scop orientarea în carieră, diagnosticarea unor probleme de învățare, comportamentale sau emoționale, evaluarea clinică sau în scop de consiliere-psihoterapie, identificarea copiilor supradotați.

În funcție de limita de timp pentru executarea testului se deosebesc teste de rapiditate (speed tests) și teste de nivel (power tests).

Datorită tehnicilor de aplicare și ușurinței cu care se realizează, se disting Testele proiective (Testul Omului, Testul Familiei, Testul Arborelui, Testul Rorschach – tehnica petelor de cerneală).

Testele psihologice prezentate mai sus se pot întrepătrunde, astfel că un test de inteligență sau un test proiectiv, pot face parte și din categoria testelor non-verbale.

2.3. Tehnici proiective

Ideea de proiecție a fost introdusă pentru prima dată în psihologie de către S. Freud. El afirmă că proiecția este „*o operație prin care subiectul expulzează din sine și localizează în altul calități, sentimente, dorințe, chiar obiecte pe care nu le cunoaște sau le refuză în sine însuși*.” Vezi [76].

Prin imaginile proiectate, o persoană își transpune preocupările, obsesiile, viața sa interioară și deseori inconștientă. Tehnicile proiective au fost introduse cu scopul de a capta și a provoca aceste caracteristici ascunse ale personalității. Prin desen, persoana își dezvăluie fără să știe anumite caracteristici ale personalității sale și oferă psihologului informații obținute cu greu din alte surse. Subiectul nu cunoaște semnificația răspunsurilor sale și astfel se dezvăluie inconștient.

După J. E. Exner, psiholog american, „*proiecția este tendința oamenilor de a fi influențați de trebuințele, emoțiile și structura lor psihologică de ansamblu în interpretarea realității, ori de câte ori câmpul percetiv prezintă o anumită ambiguitate*.” Vezi [31].

Tehnicile proiective au avantajul că pot fi utilizate cu ușurință și aplicate la copii, persoane cu tulburări sau deficiențe mentale moderate, analfabeți, subiecți cu nivel redus de instruire.

Printre testele proiective se pot număra: *teste de proiecție grafică* (Testul Omului - în proiecția unei siluete umane, subiecții proiectează felul în care se percep ei înșiși, cu sentimentele sau problemele care țin de imaginea de sine, Testul Familiei - implică interpretarea tuturor figurilor desenate, amplasamentul acestora, relația între ele, **Testul Arborelui** - depistarea personalității intelectuale la copii); *teste de percepție* (testul Rorschach, testul Holtzmann); *teste cu proiecție tematică* (Children Apperception Test - C.A.T.); *fabulele Duss* (copilul trebuie să completeze povestirea neterminată).

2.4. Originea și semnificația testului TDT

După lungi studii asupra istoriei și miturilor, un consilier de orientare profesională din Zürich, Emile Jucker, a introdus folosirea desenului arborelui în psihodiagnostic. E. Jucker a aplicat și utilizat testul ani de zile fără a aduna însă prelucrări statistice. El s-a bazat doar pe observații empirice, strict intuitive, luând în considerare doar aspecte problematice ale subiectului, nu și profunzimea personalității. În [67] se spune că Jucker nu s-a oprit la tema arborelui din întâmplare „ci printr-o alegere bazată pe o matură reflecție și pe un studiu îndelungat al istoriei culturii și mai ales a miturilor.”

Primul care a etalonat și standardizat **Testul Arborelui** (în engleză Tree Drawing Test – TDT și în germană Baum Test), a fost *Charles Koch*, psiholog elvețian, publicând un manual cu date statistice, în 1937, unde este prezentat un capitol cu „cercetări experimentale” ce face referire la dezvoltarea expresiei grafice la copii, precum și tehnica de interpretare a desenului. Prima carte destinată în întregime Testului Arborelui a fost publicată în 1949 de către C. Koch și a fost ulterior retipărită, [67]. Koch consideră că arborele are o mare valoare simbolică și prezintă proiecția imagii de sine.

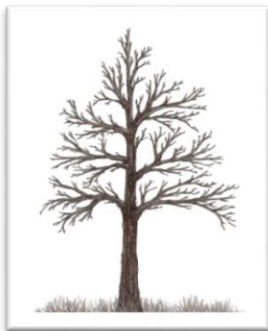


Fig. 2-1. Imaginea unui arbore

O mare contribuție la dezvoltarea testului psihologic Testul Arborelui, a avut-o și Renée Stora, psiholog și psihoterapeut francez, care a sistematizat și aprofundat legile stabilite de Koch în [129].

D. Castilla, psiholog francez, rezumă în [28] spusele lui C. Koch: „Este foarte îndoielnic faptul că omul pe de-antregul se poate manifesta într-o proiecție. Totuși, acest lucru rămâne, în mod evident, posibil. Arborele nu este nimic altceva decât suportul proiecției, obiect ce joacă același rol cu cel al oglinzii, care nu face decât să reflecte imaginea proiectată în ea... ”.

După aproximativ treizeci de ani de muncă, Denise de Castilla a făcut prin lucrarea sa un examen complet al personalității subiecților. După ce a tratat elemente de imaturitate, debilitate, anxietate, tendință depresivă, agresivitate, nevroze și psihoze, D. Castilla a ajuns la concluzia că Testul Arborelui poate să-i alerteze pe medic și psiholog în legătură cu o anumită problemă existențială sau poate detecta dezvoltări afective. Testul este foarte ușor de folosit și costul este foarte redus. În [28] se afirmă că „Oricine – sănătos sau bolnav, nu contează – va găsi în acest test o cale de acces către un inconștient adeseori plin de posibilități neexploatate.”

„Arată-mi ce arbore desenezi ca să-ți spun cine ești”, este mesajul Denisei de Castilla transmis prin cartea ei, *„Testul Arborelui. Relațiile interumane și alte probleme ale lumii contemporane”*.

Testul Arborelui, un cunoscut instrument de identificare a personalității, este ușor de aplicat, ne spune multe despre noi și scoate la iveală eventualele afecțiuni, probleme ale sufletului nostru, prea adesea mascate de aparențe. Specialiștii explică faptul că prin desen se pot afla multe lucruri despre trăirile noastre interioare, la care limbajul are mai puțin acces. Arborele a fost recunoscut ca entitate cu valoare de simbol. Platon a spus despre om că „este un arbore răsturnat, ale cărui ramuri mătură pământul, în timp ce rădăcinile se alungesc către infinit.”

Folosind Testul Arborelui, H. Städeli, psiholog elvețian, a analizat diferite probleme nevrotice și a ajuns la concluzia că rezultate obținute prin Testul Arborelui se completează foarte bine cu rezultate ale altui test cunoscut, testul lui Rorschach. Atât Koch cât și Städeli spuneau în [28] că „Această tehnică întrebuințată de una singură nu este suficientă pentru a garanta analiza completă a caracterului. Asociată însă cu alte teste, aduce la lumină fapte cât se poate de surprinzătoare, în măsură a contribui la înțelegerea conținutului altor teste.” Datorită lucrărilor de cercetare realizate de cei doi elvețieni, arborele a pătruns în medicină și în psihologie. Toate disciplinele care studiază omul au cunoscut un progres permanent.

Testul Arborelui este o proiecție grafică prin care subiectul testat poate să-și arate spontaneitatea, originalitatea și poate de asemenea să-și exprime profunda personalitate și să scoată la lumină gânduri și aspirații pe care nu și le-a exprimat până atunci.

TDT este un test proiectiv de tip „creion-hârtie”, astfel că utilizarea lui este foarte ușoară, fiind nevoie doar de un creion și o coală de hârtie A4 (format internațional A4=210 x 297 mm).



Fig. 2-2. Testul Arborelui, test de tip „creion - hârtie”

Cerându-i-se să deseneze pur și simplu un arbore, subiectul se bucură de o mare libertate. În ceea ce are de exprimat, desenatorul este determinat de câmpul în care desenează precum și de spațiul său mental. De obicei, foaia de desen se poziționează vertical, deoarece este ușor de observat că un copac este mai degrabă

lung decât lat și astfel se poziționează mai bine într-un dreptunghi. Unii subiecți plasează însă foaia invers, pe lățime, ceea ce arată un reflex spontan de a face lucrurile pe propriul plac, nerespectând cerința. De aici se pot trage concluzii referitoare la persoana ce a realizat desenul.

2.5. Caracteristici principale ale personalității în TDT

În [28] sunt prezentate câteva caracteristici principale de interpretare a diferitelor laturi ale personalității, caracteristici ce vor fi descrise în cele ce urmează.

O personalitate introvertită (absența capacității de a avea relații sociale, afectivitate redusă, dificultăți de comunicare) este o persoană ce nu-și arată viața interioară care poate să fie totuși bogată în diverse sentimente. Arborele desenat de o persoană introvertită are următoarele caracteristici principale: arbore foarte mic; situare în stânga paginii (agățare de trecut, teamă de contact); absența uneori a coroanei și frunzișului; baza trunchiului închisă ori încercuită; ramuri schițate dintr-o singură linie.

Extraversiunea (capacitatea de contact social, adaptare afectivă, spirit practic, om de acțiune, mare instabilitate emoțională) se poate caracteriza prin: arbore mare; frunziș des; obiecte diverse desenate în frunziș sau în jurul arborelui (nevoie de schimbare și contact).

O altă latură a personalității este maturitatea intelectuală, care este ușor de depistat însă maturitatea afectivă este mai complexă. Ca indici de apreciere se urmărește: dacă baza foii este luată ca bază a arborelui; există trunchi sudat – trunchi S (intră în frunziș); sunt prezente ramuri desenate dintr-o singură linie.

Debitatea (insuficiență intelectuală, de obicei congenitală și de natură genetică) este prezentată în [55], unde se spune că subiectul prezintă tulburări de caracter – opunere, este influențabil - lucru ce se poate depista prin câțiva indici principali: forme sărace și infantile; linii neregulate; absența liniei solului peste vârsta de doisprezece ani; trunchi conic; trunchi separat de frunziș printr-o linie.

Anxietatea (teamă de necunoscut, neîncredere în sine, vulnerabilitate la stres) se poate depista dacă în test sunt prezente următoarele caracteristici: înnegrire a liniei solului, rădăcinilor, trunchiului, ramurilor; arbore mic; arbore plasat în stânga foii; arbore foarte stufos; ramuri lipsite de frunze.

Nervozitatea (subiectul este agitat, tinde să obosească și nu se mai poate concentra) se poate aprecia dacă în desen există: frunziș neregulat cu linii confuze; linii ascuțite; baza trunchiului este înnegrită și barată; linii în zig-zag; linii necontrolate.

O stare mentală caracterizată prin lașitudine, descurajare, fatigabilitate și care se asociază frecvent cu o anxietate mai mult sau mai puțin marcată, duce la o tendință depresivă, [102]. Caracteristicile principale în depistarea acestei laturi de personalitate sunt: arbore mic, ramuri fără frunze; trunchi discontinuu, linii spasmodice; frunziș căzut tip salcie plângătoare.

Impulsivitatea (comportament spontan, poate fi ereditară sau poate rezulta din deviații afective/educative din copilărie, poate însoți stări anxioase) este o altă latură a personalității ce se poate depista prin: ramuri în formă de tub; linii spasmodice; înnegriri; linii trasate în direcții opuse.

Un subiect caracterizat „prin actul de a ataca, spre deosebire de refuzul luptei sau fuga din fața dificultăților” [102], are o personalitate *agresivă* – legată de conflicte inconștiente, frustrări afective (provenite de ex. din cauza unor părinți care nu și-au arătat dragostea). Ca și caracteristici se pot enumera: ramuri

tubulare; înnegriri; linii frânte sau unghiulare; trunchi înnegrit sau „zebră”; ramuri sau frunze ascuțite.

Nevrozele și psihozele sunt stări anxioase – teamă care poate duce la panică, paranoia (subiectul interpretează faptele în mod greșit). Principalele caracteristici în depistarea acestori laturi de personalitate sunt: arbore mic sau foarte mare (inferioritate sau exaltare imaginativă); îngustare a trunchiului; încrucișarea ramurilor; coroană căzută (tendințe de depresie); forme infantile (regresie); înnegriri (anxietate, angoasă); trunchi împărțit în două.

2.6. Schema de analiză a desenului în testul TDT

Schema de analiză a copacului desenat, descrisă în [118], este prezentată în Fig. 2-3, unde se poate vedea că desenul este reprezentat într-un cadru, printr-un sistem de coordonate și diagonale încrucișate în spațiul grafic. Rădăcinile sunt situate în afara cadrului deoarece baza de măsurare pornește de la baza trunchiului. Cu ajutorul crucii se poate măsura înălțimea arborelui, raportul de mărime trunchi – coroană, lățimea coroanei.

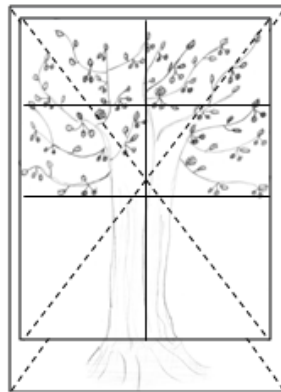


Fig. 2-3. Schema de analiză a desenului în TDT

Zona inferioară a desenului indică date despre inconștient care dețin informații primitive, iar partea superioară ne arată date despre conștient, date apărute ulterior. Marginea foii de desen reprezintă limita desenului, iar josul foii reprezintă solul.

2.7. Utilizarea testului psihologic TDT

Testul Arborelui [67], este utilizat în psihologia educațională, psihologia clinică, psihodiagnostic, resurse umane, etc. În psihologia educațională testul este folosit pentru a decoperi tendința generală a personalității și dezvoltarea intelectuală a copilului, adolescentului [8]. Psihologul L. M. Pruteanu a descris în teza de doctorat cu titlul „Locul afectivității în structura personalității adolescentului” [113], utilizarea Testului Arborelui împreună cu testul de personalitate pentru a stabili nivelul de dezvoltare a personalității adolescentului. În [27], M. D. Totolan a urmărit „criza adolescentină”, studiul fiind realizat pe categorii de adolescenți cu intelect

normal, care studiază într-un liceu cu performanțe școlare mai slabe și adolescenți cu deficiență ușoară de intelect, proveniți din școli speciale. Folosind testul s-au descoperit caracteristici ce indică anxietate, tensionare, întârziere în dezvoltare.

În [67] este prezentat cazul unei fete de clasa a V-a care a fost investigată de serviciul psihologic al școlii, iar în urma testării, rezultatele arătând un retard de un an, eleva a fost invitată să repete clasa, pe motiv de lipsă de aptitudini. Părinții au refuzat să accepte situația, dar testul a arătat că fetița compensa inferioritatea printr-un zel foarte mare, astfel riscând să ajungă la epuizare. Caracteristicile depistate în test au arătat că adaptarea intelectuală era insuficientă. Desenul ei prezenta un trunchi al arborelui cu contururi paralele, echidistante, de la linia solului până la coroană (vezi Fig. 2-4).

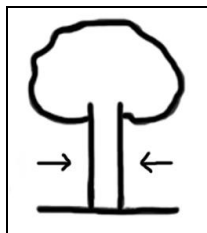


Fig. 2-4. Trunchi cu linii paralele
(imagine preluată din [67])

Diverse studii din literatura de specialitate arată că Testul Arborelui este o unealtă utilă în examinarea psihologică proiectivă, în psihanaliză, în schizofrenia cronică (vezi [58], [70], [84]). Studii anterioare, ca în [143], au analizat desenele copacilor pe baza impresiilor desenelor proiective, acestea fiind pozitive, negative sau normale. În [58] este sugerat faptul că raportul mare dintre trunchi – coroană și deschiderea mare din partea de jos a trunchiului sunt caracteristici ale schizofreniei. Unele studii arată că în examinarea caracteristicilor psihologice și psihopatologice ale pacienților se pot folosi teste de tip chestionare, metode proiective. Unii medici consideră că Testul Arborelui poate fi folosit în combinație cu teste de tip chestionare, completându-se reciproc, primul putând ilumina zone în care celelalte teste nu pot, [84].

Testul Arborelui este aplicat în mare parte pentru a identifica aspecte importante cu privire la starea afectivă a participantului la test, imaginea de sine și, în general, de dezvoltare emoțională. În [98] se arată că aplicarea testelor proiective a oferit informații noi cu privire la profilul psihologic, privind populația tânără, testul fiind aplicat la populația tânără din Timișoara, urmărindu-se apariția comportamentelor cu risc la elevii din gimnaziu, liceu precum și studenților din facultate.

În [63] se arată că Testul Arborelui este util în diagnosticarea schizofreniei, comparând diferențele morfologice ale copacilor desenați de pacienții sănătoși și pacienții cu schizofrenie. Testul Arborelui este un dispozitiv suplimentar în diagnosticare și are câteva avantaje: în primul rând, examinarea durează de obicei mai puțin de 30 de minute, în al doilea rând, examinații tind să creadă că testul va fi un test de abilități în desenare, ei fiind mult mai dispuși să accepte testul și în al treilea rând este foarte simplu. Rezultatele studiului arată că încadrarea copacului în pagină, lățimea trunchiului, baza trunchiului și ramurile arborilor desenați sunt considerate ca fiind asociate cu schizofrenia. Rezultatele sugerează că arborii desenați de schizofrenici au următoarele caracteristici: mărimea arborelui este mică,

trunchiul este foarte îngust și este deschis la bază, ramurile sunt formate dintr-o singură linie sau sunt deschise la capete.

În ultimii ani, Testul Arborelui este utilizat în depistarea tot mai multor afectivități psihologice. Într-un studiu recent, [51], se arată că testul este un instrument de ajutor în analiza caracteristicilor psihologice ale pacienților cu boli tiroidiene.

În [100] s-au urmărit desenele proiective expresive din copilărie până la adolescență, rezultatele au arătat că modul în care copiii descriu emoțiile în desenele lor reflectă dezvoltarea lor emoțională, artistică și cognitivă. În cartea [61], Jolley afirmă că desenele copiilor sunt un mijloc de comunicare. Bazându-se pe sugestia lui Jolley, doi cercetători francezi au examinat diferențele de sex în desene expresive. Studiul lor, [99], a fost realizat pe copii și adolescenți voluntari, care au fost puși să deseneze o casă sau un copac în trei versiuni diferite (normal, fericit și trist, vezi Fig. 2-5).

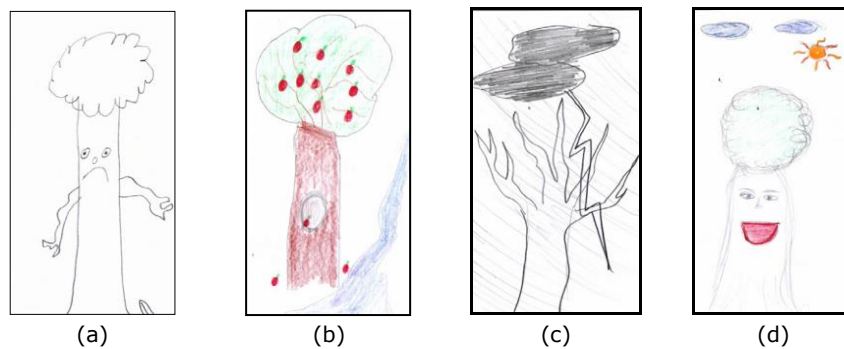


Fig. 2-5. Desene cu arbori expresivi - (a) Băiat - Copac trist, (b) Băiat - Copac vesel, (c) Fată - Copac trist, (d) Fată - Copac vesel [99]

Se observă că este o altă abordare a desenului arborelui. Autorii au găsit o relație liniară mică, dar semnificativă, între capacitatea de a desena expresiv, flexibilitate și elaborare. Aceste constatări sugerează faptul că gândirea divergentă sau capacitatea de a genera idei creative și de a le materializa într-un desen, ar putea fi una dintre componentele cheie ale capacității de a realiza un desen expresiv (vezi [99]).

2.8. Tehnica de interpretare a Testului Arborelui

Interpretarea desenului în cadrul acestui test începe cu o impresie globală realizată de către psiholog. Conform [118], modelul de interpretare a fost structurat în patru secvențe:

- I. Aprecierea imaginii de ansamblu;
- II. Schema procesului de proiecție;
- III. Semnificația componentelor copacului;
- IV. Particularități ale desenului.

În studiu sunt introduse unele dimensiuni – direcția trunchiului, centrarea ramurilor, direcția coroanei, expresia ramurilor – cu semnificații din [67].

Ca o anexă a modelului de interpretare a fost realizată o Foaie de protocol, structurată pentru fiecare subiect pe indicii de apreciere ai desenului, taxonomia parametrilor de interpretare, observații. Prin acest mijloc de interpretare a testului, eficient și operațional, se obține o cotare a parametrilor desenului arborelui, fiecare indice de apreciere fiind codificat: numărul secvenței este reprezentat prin numere romane (I-IV), indicele de apreciere al desenului este caracterizat prin litere majuscule ale alfabetului, categoriile taxonomice ale parametrilor sunt litere mici din alfabet. Acești indici ajută la găsirea rapidă a datelor în modelul de interpretare.

În aprecierea de ansamblu de către psiholog a desenului se face o analiză a detaliilor, acuratețea desenului, expresia grafică. În schema procesului de proiecție se analizează plasarea desenului în pagină (P), Mărimea desenului (M), Parametrii măsurabili și raporturile dintre ei (PM), Linia solului (LS).

La semnificația componentelor arborelui se analizează caracteristicile: Rădăcină (R), Trunchi (T), Coroană-Ramuri (CR). În literatură se spune că rădăcina indică trăsături de personalitate mai puțin detectabile. Rădăcina prezintă ceva durabil, stabilitate, fiind punctul de sprijin al arborelui. Baza trunchiului reprezintă stabilitate, tenacitate. La subiecții peste 12 ani, dacă este dreaptă și așezată pe margine, reprezintă intelect limitat, dotare psihică slabă.

Toate aceste caracteristici pot fi utile în depistarea multor semne clinice de personalitate a subiectului. În [58], [63], [70] s-au făcut studii pe pacienți cu shizofrenie, deficit de atenție și pacienți sănătoși. Comparând desenele pacienților bolnavi cu desenele pacienților sănătoși au fost descoperite diferențe mari între mărimea trunchiurilor și mărimea coroanelor. O altă caracteristică importantă a fost modul în care au fost încadrați copacii în spațiul de desen, lățimea trunchiului, mărimea coroanei. Astfel s-a ajuns la concluzia că aceste caracteristici sunt reprezentative în Testul Arborelui.

2.9. Concluzii

Se poate afirma că Testul Arborelui este un test utilizat frecvent în psihologia clinică și educațională, prin caracteristicile depistate putând evalua personalități individuale și tulburări de comportament (vezi [8], [15], [16], [30], [100]). În ultimii ani se observă o creștere a numărului copiilor cu tulburări de comportament în școli și prin utilizarea Testului Arborelui s-ar putea urmări evoluția tinerilor din școala primară până la terminarea liceului. Împreună cu psihologul școlar, învățătorii și profesorii pot depista din timp tulburări ale psihicului sau comportamentului unui copil și pot interveni ajutând copilul.

Deoarece se ia în calcul un număr foarte mare de desene în cadrul psihologie educaționale, s-a considerat că este utilă procesarea imaginilor, a desenelor grafice prezentând copaci, realizând o evaluare automată a unor caracteristici măsurabile din desen, care să contribuie la o evaluare cât mai corectă și calitativă. Prin evaluarea automată se realizează o analiză mai amănunțită a fiecărui desen, obținându-se mai ușor rapoarte despre înălțimea trunchiului, înălțimea coroanei, înălțimea arborelui, etc., precum și un timp mai scurt necesar prelucrării datelor.

După procesarea automată, rezultatele obținute - o opinie secundară în evaluare - vor fi returnate psihologului, care va pune diagnosticul final al testului.

3. Prelucrarea și analiza documentelor de text și imagini grafice

În acest capitol sunt prezentate fundamente teoretice ale prelucrării documentelor de tip text și imagini grafice. Aceste fundamente teoretice s-au utilizat în capitolul patru, pentru implementarea unor algoritmi de prelucrare și evaluare automată a desenelor provenite de la testul psihologic TDT. Capitolul prezintă aspecte importante în prelucrarea imaginilor grafice a testului psihologic TDT, imagini cu tonuri de gri și tratează în mod teoretic, spre final, tehnici robuste de estimare necesare în determinarea caracteristicii de înclinare a trunchiului. În paragraful final sunt sintetizate concluziile legate de prelucrarea imaginilor grafice.

3.1. Introducere

Prelucrarea imaginilor face parte din inteligența artificială și se ocupă cu modul reprezentare, recunoaștere, clasificare și analiză a imaginilor cu ajutorul calculatorului. Sursa de proveniență a imaginilor poate fi o cameră video, un scanner, captor radar, etc. Exemple de aplicații pentru procesarea și analiza imaginilor includ: recunoașterea amprentelor, recunoașterea caracterelor, prelucrarea imaginilor biomedicale, teledetecție, cartografie, etc. Pentru mai multe detalii se recomandă studierea: [3], [19], [22], [26], [29], [72], [73], [74], [81] și [120].

Prelucrarea imaginilor se folosește pentru îmbunătățirea calității unei imagini în vederea unei mai bune vizualizări (se recurge la reducerea zgomotului și a altor defecte ce pot să apară la achiziția imaginii, evidențierea unor regiuni de interes-ROI, accentuarea muchiilor) precum și pentru extragerea de informații, caracteristici dintr-o imagine.

Analiza imaginilor de tip document este un subdomeniu al prelucrării imaginilor digitale, care are drept scop transformarea imaginilor de document într-o formă simbolică pentru modificare, stocare, recuperare, re folosire și retransmisie. Aceasta ajută la tranziția către „rafturile și dulapurile” informatizate. Prin documentele electronice se face economie de hârtie și spațiu. Pentru procesarea imaginilor putem clasifica imaginile în două categorii: *naturale* și *simbolice*. Portretele, amprentele digitale, imaginile de satelit, raze X descriu scene naturale, iar adresele poștale, articolele printate, forme birocratice, partituri, desene tehnice, hărți topografice reprezintă obiecte simbolice. Prin urmare în [90] se propune următoarea definiție: „Analiza imaginilor document (DIA-Document Image Analysis) este teoria și practica de recuperare a structurii de tip simbol a imaginilor digitale scanate de pe hârtie și reproduse pe calculator.” Testul Arborelui este un desen tehnic proiectiv, deci se poate spune că face parte din categoria de obiecte simbolice.

La tranziția documentelor de pe hârtie pe calculator se întâlnesc o serie de obstacole tehnice care au un rol important în codificarea simbolică a documentelor, probleme studiate în analiza imaginilor de documente (DIA), aplicate în bibliotecile digitale (DLs-Digital Libraries) [11]. În [10] sunt prezentate dificultățile și

problemele care apar în analiza imaginilor document. În studiu sunt prezentate cercetări cu privire la sisteme de analiză automată a imaginilor document în fragmente de imagine (de ex. imagini de cuvinte), care să afișeze informații referitoare la dimensiunile arbitrare, adâncimea și raportul de aspect. Intenția este de a permite imaginilor document să fie citite la o rezoluție limitată, pentru a se îndepărta erorile și pierderile datorate OCR (Optical Character Recognition).

Obiectivul de analiză a imaginii document este de a recunoaște textul și componentele grafice în imagini de documente, precum și pentru a extrage informațiile propuse [64]. În analiza imaginii document se definesc două categorii de procesare (Fig. 3-1):

- *Procesare textuală*. Într-o imagine document, prelucrarea de text se ocupă cu componentele de text. Se urmărește determinarea înclinării la care documentul ar fi fost scanat în calculator, găsirea de coloane, paragrafe, linii de text și cuvinte, recunoașterea textului (eventual, atributele sale, cum ar fi dimensiunea, fontul etc.), recunoașterea optică a caracterelor (OCR).
- *Procesare grafică* - determinarea liniilor non-textuale și componentele de simboluri care alcătuiesc diagrame de linii, delimitarea de linii drepte între secțiunile de text, logo-urile companiei, etc. Desenele sunt o componentă majoră a documentelor, dar în afară de recunoașterea locației lor în pagină, analiza suplimentară a acestora este realizată de tehnici de prelucrare a imaginii.

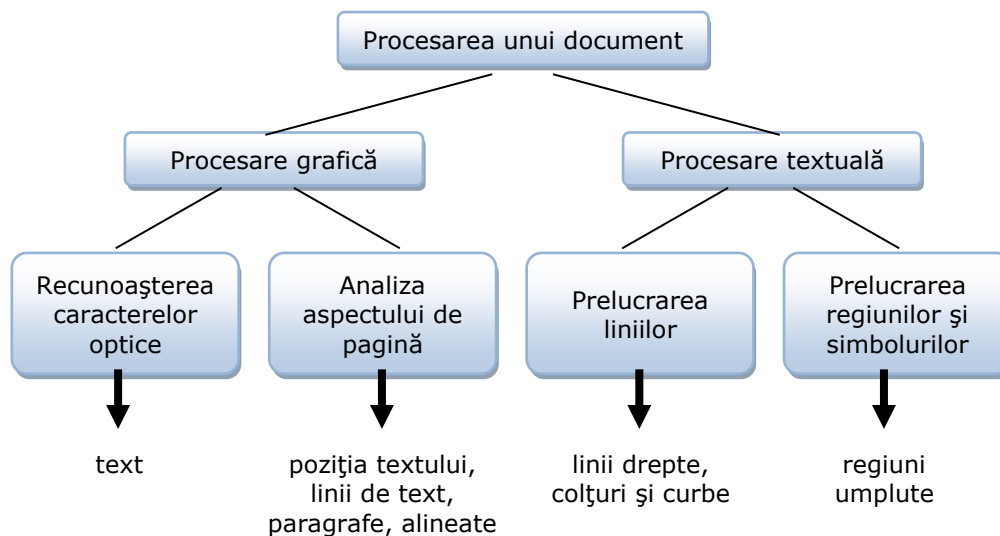


Fig. 3-1. Ierarhie de subzone dintr-un document, cu tipuri de componente tratate în fiecare subzonă

După captarea datelor, imaginea este supusă unei prelucrări la nivel de pixel, după care are loc analiza textuală și grafică pentru recunoașterea fiecărei caracteristici. În [64] sunt descriși pașii pentru analiza unui document în vederea prelucrării: obținerea datelor de intrare (fișier cu elementele imaginii obținute în urma scanării documentului), procesarea la nivel de pixel (binarizare, filtrarea imaginii pentru reducerea zgomotului, segmentare, obținerea zonei de interes),

analiza caracteristicilor (linii, curbe, detecția punctelor critice), analiza documentului (poziția textului în document), recunoașterea caracterelor optice (stă la baza disciplinei de recunoaștere a formelor în care obiectivul este de a interpreta o secvență de caractere extrase dintr-un alfabet – extragere de caracteristici, clasificare), analiza grafică a documentului.

Prelucrarea de documente într-un mod automat este o sarcină pentru aplicații variate prezentate în [4]. Pentru prelucrarea unui document, acesta este supus la următoarele etape: pre-procesare (reducerea unei imagini în tonuri de gri sau color la o imagine binară, reducerea zgomotului, segmentare - pentru a separa diferite componente în imagine și, în cele din urmă, detectarea muchiilor și liniilor în vederea extragerii caracteristicilor și obiectelor de interes), extragerea de caracteristici și clasificare.

3.2. Binarizarea imaginilor cu prag adaptiv

Metodele de binarizare cu prag dinamic adaptiv sunt metode de segmentare a unei imagini [142]. Transformând imaginea dobândită în format binar, obiectivul binarizării este de a alege în mod automat un prag care separă informațiile din prim plan (foreground) de informațiile de fond (background).

Această metodă compară nivelurile de gri de la fiecare locație din imagine cu un prag unic, permițând astfel separarea obiectelor luminoase de un fundal întunecat sau invers. Problema principală este selectarea corectă a pragului de binarizare, notat cu th . În acest scop se poate folosi foarte bine histograma imaginii [7]. Histograma prezintă două maxime locale: unul pentru obiecte și unul pentru fundal. Dacă pragul este ales bine și imaginea are o histogramă bimodală, se va obține o imagine cu valori de 0 pentru fundal și valori de 1 pentru obiecte. Binarizarea imaginii BW este dată de formula (3-1).

$$BW(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{pentru } Im(i, j) \geq th \\ 1, & \text{pentru } Im(i, j) < th \end{cases} \quad (3-1)$$

Metodele de binarizare adaptive au un rol important în procesul de prelucrare a imaginii documentelor. Utilizând metoda lui Otsu, se calculează un prag de binarizare local, pentru fiecare regiune în parte. Metoda lui Otsu caută pragul ce reduce la minimum varianța între două clase de pixeli, una pentru text (obiect) și alta pentru fundal, definit ca sumă ponderată a varianțelor celor două clase. (vezi [96])

$$\sigma_{\omega}^2(t) = \omega_1(t) * \sigma_1^2(t) + \omega_2(t) * \sigma_2^2(t) \quad (3-2)$$

unde ω_i sunt probabilitățile celor două clase separate de pragul t , și σ_i^2 arată varianțele acestor clase.

Otsu a arată de asemenea că minimizarea varianței între clase (intra-class) este același lucru cu maximizarea varianței extra claselor (inter-class):

$$\sigma_B^2(t) = \sigma^2 - \sigma_{\omega}^2(t) = \omega_1(t) * \omega_2(t) * [\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \quad (3-3)$$

care este exprimată prin termenii probabilităților celor două clase ω_i și mediile claselor μ_i , care pot fi actualizate iterativ. Pentru a obține pragul de binarizare dorit, se maximizează relația (3-3).

În Fig. 3-2 este prezentat rezultatul binarizării cu prag adaptiv pentru o imagine din testul TDT, imagine cu nivele de gri.

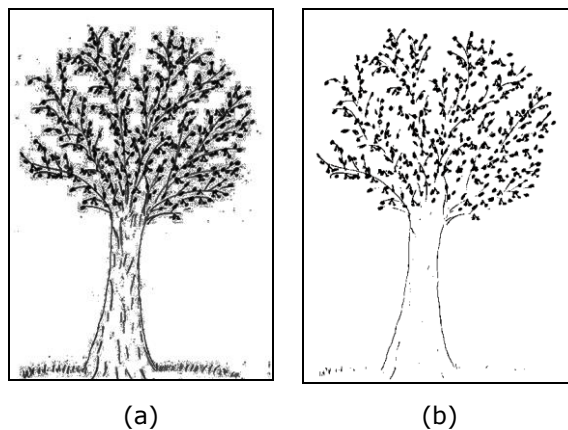


Fig. 3-2. Binarizare cu prag adaptiv - (a) imagine originală, (b) imagine binarizată

Conform [148], metoda Otsu poate fi descrisă după cum urmează:

- a. Se calculează histograma și probabilitățile fiecărei valori de intensitate;
- b. Se setează valorile inițiale $\omega_i=0$ și $\mu_i=0$;
- c. Se intră în buclă pentru toate pragurile de binarizare t posibile;
 - c.1. se actualizează $\omega_i(t)$ și $\mu_i(t)$;
 - c.2. se calculează $\sigma_B^2(t)$;
- d. Se alege t^* , pragul corespunzător pentru maximizarea varianței $\sigma_B^2(t)$;
- e. Imaginea binarizată este exprimată ca $I_B(x,y)=0$, pentru $I(x,y)<t^*$ și $I_B(x,y)=1$, pentru $I(x,y)\geq t^*$.
0 (negru) reprezintă textul și 1(alb) reprezintă fundalul.

În [87], pornind de la metoda lui Otsu, este prezentată o metodă AdOtsu, care se bazează pe o clasificare multi-level.

3.3. Transformări ale histogramei nivelurilor de gri

Histograma este o modalitate de reprezentare statică a unui set de date [46]. În procesarea imaginilor, histograma unei imagini în tonuri de gri reprezintă distribuția de pixeli în imagine pe scara de niveluri de gri. Acest lucru poate fi vizualizat ca și în cazul în care fiecare pixel este plasat într-un recipient corespunzător cu intensitatea culorii pixelului respectiv. Toți pixelii din fiecare recipient sunt adăugați pe verticală și afișați pe un grafic. Acest grafic este histograma imaginii.

Dacă luăm în considerare o imagine cu N nivele de intensitate (o imagine care are 8 biți/pixel $N=255$), histograma nivelurilor de gri este definită de o funcție $h(g)$, care are ca valoare, pentru fiecare nivel de gri $g \in [0, N]$, numărul pixelilor din imagine sau dintr-o regiune care are intensitatea egală cu g (vezi [44]).

$$h(g) = N_g \quad (3-4)$$

unde N_g reprezintă numărul de pixeli din imagine care intensitatea g .

Prin normalizare se obține probabilitatea de apariție pentru nivelul de gri g .

$$p(g) = \frac{h(g)}{M} \quad (3-5)$$

unde M este numărul total de pixeli din imagine.

$$\sum_{g=0}^L \frac{h(g)}{M} = \frac{M}{M} = 1 \quad (3-6)$$

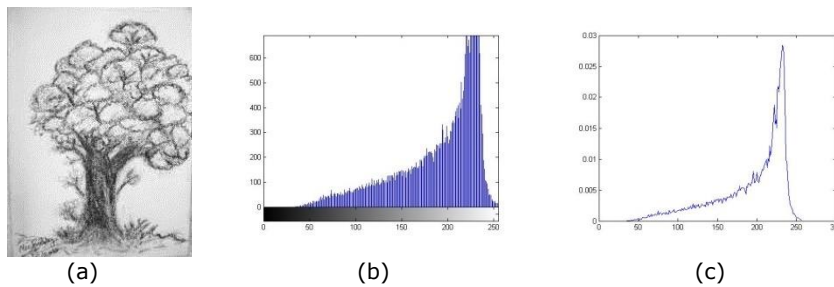


Fig. 3-3. Exemplu de histogramă în imagine TDT - (a) Imaginea inițială; (b) histograma imaginii de intrare; (c) histograma normalizată

Transformările nivelurilor de gri sunt utile pentru o mai bună vizualizare a imaginii. O astfel de tehnică este egalizarea histogramei prin care este posibilă accentuarea contrastului, ceea ce permite o mai clară observare a detaliilor.

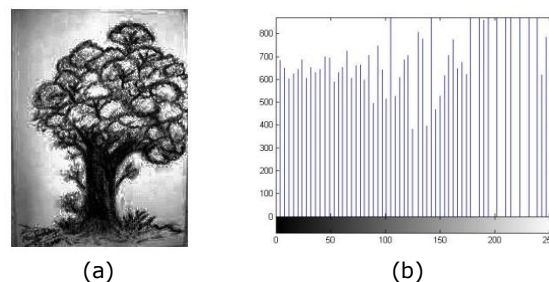


Fig. 3-4. Egalizarea histogramei - (a) Imaginea după egalizarea histogramei; (b) histograma după egalizare

K. Takemura și colectivul de la Departamentul Psihologic a Universității Waseda din Tokyo, au dezvoltat în studiul [133] analiza statistică pe imaginile de la

desenele proiective, folosind Testul Arborelui, pentru a facilita o evaluare mai precisă a testelor proiective.

Autorii studiului au relatat că analiza standard implică:

- desenarea unui copac,
- scanarea desenului pentru a obține imagini digitale,
- divizarea desenului (în patru părți) – Fig. 3-5,
- analiza histogramei nivelelor de gri (GLHM - gray level histogram moment – analiza histogramei pe fiecare regiune în parte),
- aplicarea unor metode asupra imaginii, precum SGLDM (Spatial Gray Level Dependence Method), GLDM (Gray Level Difference Method),
- interpretarea psihologică a desenului, folosind parametrii statistici obținuți după aplicarea histogramei propuse.

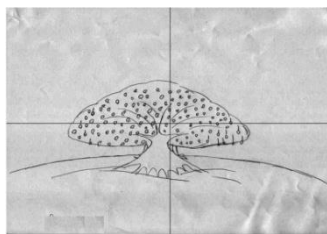


Fig. 3-5. Divizarea desenului copacului în patru părți, [133]

Pentru fiecare participant (trei adulți), au fost luate în calcul diferențele dintre parametrii obținuți după prelucrarea imaginilor. Acești parametri sunt media (mean), varianța (variance), lipsa de simetrie într-o distribuție a frecvenței (skewness), graficul de distribuție a frecvenței, în special în ceea ce privește concentrația de valori apropiate de medie în comparație cu distribuția normală (kurtosis).

Se definește histograma unei imagini, ca o funcție $p(i)$, pentru $i = [0, n]$, unde n este numărul total de niveluri de gri și i este o variabilă aleatoare care indică intensitatea imaginii. Fiecare punct în histograma este probabilitatea de apariție a nivelului de intensitate I . Pentru imaginea din Fig. 3-5, histograma nivelurilor de gri este prezentată în Fig. 3-6.

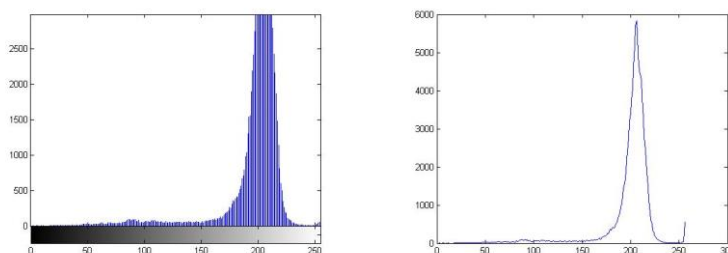


Fig. 3-6. Histograma nivelurilor de gri

Pentru extragerea caracteristicilor din desen, autorii au comparat indicii de medie și varianță în fiecare regiune în parte. Pentru desenul prezentat în Fig. 3-5, nivelul de gri obținut este mai mare în partea de jos a desenului, acest fapt indicând că participantul la studiu a desenat mai multă informație în partea de jos decât în

partea de sus. Aplicând histograma SGLDM, s-a constatat că desenul are valoarea indicelui de energie (uniformitatea texturii) mai mică în partea de jos. Aplicând histograma GLDM a rezultat că desenul are indicii de contrast mai mare în partea de jos, stânga și dreapta. În interpretarea psihologică convențională a testului se poate spune că participantul la studiu are indici care arată că desenul conține mai multă informație în partea de jos a imaginii, acest lucru sugerând că s-a concentrat mai mult asupra evenimentelor din trecut, decât asupra evenimentelor viitoare.

Analiza desenelor psihologice ale celor trei participanți la studiu a sugerat că depistarea contrastului în desenele psihologice (pentru interpretarea texturii desenului), utilizând Testul Arborelui, a fost eficientă. Studiul descris de K. Takemura prezintă restricții metodologice, sugerând în final nevoia aplicării testului pe mai mulți participanți și compararea rezultatelor participanților cu tulburări clinice cu rezultatele participanților normali.

În [132] este descrisă o altă metodă de analiză a imaginilor folosind histograma nivelurilor de gri pentru Testul Arborelui, metodă utilizată pentru a interpreta procesul psihologic al unor artiști și cel al unor studenți. Folosind histograma nivelurilor de gri și depistarea contrastului din [133], au fost analizate desenele a doi artiști și trei studenți. Rezultatele interpretărilor psihologice a desenelor ce aparțin studenților au fost comparate cu rezultatele interpretărilor psihologice ale artiștilor. S-a ajuns la concluzia că analiza bazată pe schema spațială este folosită ca un real ajutor în elaborarea interpretării psihologice. Studiul a fost realizat cu scopul de a rezolva probleme de analiză calitativă din desene, folosind tehnici de investigare non-verbale, pentru depistarea unor probleme sociale. Pentru aceasta s-a propus o metodă de analiză cantitativă a desenelor, bazată pe histograma de densitate, metodă de prelucrare a imaginilor prin care se extrag diferite caracteristici din imaginile cu nivele de gri.

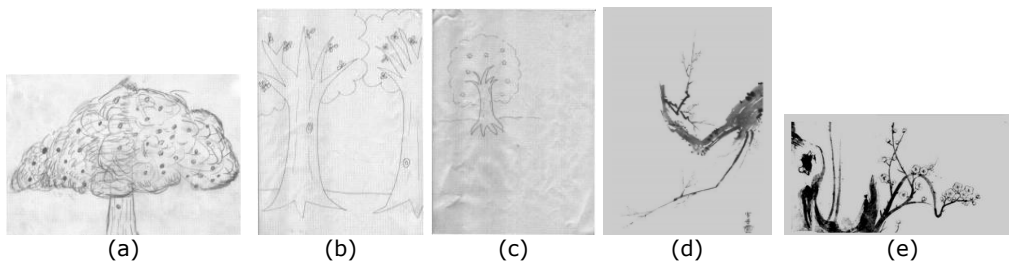


Fig. 3-7. Desene cu arbori - (a, b, c) imagini provenite de la studenți;
(d) imagini provenite de la artiști, [132]

Pornind de la studiile realizate de K. Takemura [133], I. Takasaki [132], H. Inadomi [57], [58], K. Yamaguchi [147], T. Fujiwara [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], T. Kura [71], H. Nakamura [91], Y. Iwamitsu [59], K. Kawahara [65] prin prezenta teză de doctorat s-au adus noi contribuții la evaluarea automată a Testului Arborelui folosind tehnici de prelucrare a imaginilor.

Conform [121] se consideră că menținerea muchiilor se face mult mai bine prin filtre de reconstrucție decât prin estimarea contrastului. Pentru localizarea informației din imagine prin estimarea contrastului nu se pot afla anumite caracteristici care sunt importante în interpretarea testului, cum ar fi mărimea desenului sau segmentarea componentelor arborelui (coroană, trunchi, rădăcină). Prin prezenta teză se dorește completarea interpretării automate a testului psihologic TDT, prin găsirea și prelucrarea acestor caracteristici.

3.4. Segmentarea cu prag a unei imagini

Segmentarea unei imagini este o etapă de prelucrare importantă și adesea dificilă în analiza și prelucrarea imaginii. Obiectivul segmentării îl constituie fragmentarea imaginii în părți constituente (obiecte) sau părți de sine stătătoare ale obiectelor prezente. Segmentarea este adesea un procedeu de extragere a informațiilor esențiale în vederea recunoașterii formelor în imagine [46].

Segmentarea cu prag (Thresholding) este cea mai simplă metodă de segmentare a imaginii. În multe aplicații de procesare a imaginii, nivelurile de gri a pixelilor care aparțin obiectului sunt destul de diferite de nivelurile de gri ale pixelilor aparținând fundalului. Thresholding devine atunci un instrument simplu, dar eficient pentru a separa obiectele din fundal.

Exemple de aplicații folosind segmentarea cu prag a unei imagini sunt: analiza imaginii documentelor [111], în cazul în care obiectivul este de a extrage caracterele imprimate [2], [62], logo-uri, conținut grafic: harta de procesare unde pot fi găsite linii, legende, și caractere [141], control de calitate a materialelor în cazul în care piesele defecte trebuie să fie delimitate [123], [124]. Alte aplicații pot fi enumerate după cum urmează: imagini de celule [119], [127] și reprezentarea cunoștințelor [12], aplicații în tomografie computerizată (CAT) [95], în imagini endoscopice [137], detectarea marginilor unui câmp [144], segmentarea imaginilor [68], [97], segmentarea spațio-temporală a imaginilor video [33], [87], etc.

Rezultatele segmentării cu prag (th) a unei imagini ce conține un arbore din testul TDT sunt prezentate în Fig. 3-8. (la (b) pragul $th=0.5$, iar la (c) pragul $th=0.6$).

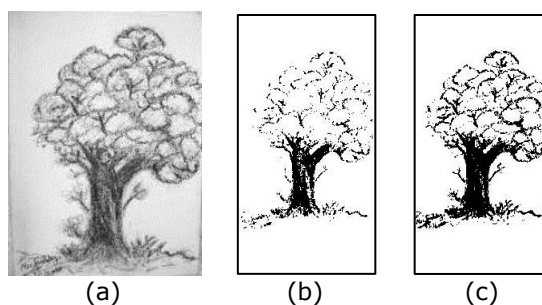


Fig. 3-8. Segmentare cu prag a unei imagini TDT – (a) imagine inițială, (b, c) imagini segmentate

3.5. Reducerea zgomotului

După binarizare, imaginile sunt de obicei filtrate pentru a reduce zgomotul și artefactele (o serie de imperfecțiuni rezultate în urma scanării). Zgomotul sare-și-piper (salt and pepper), denumit și zgomot pistrui, este un artefact răspândit în imagini de documente de calitate mai slabă (faxuri sau pagini prost fotocopyate). În acest tip de zgomot, pixelii din imagine sunt foarte diferiți în culoare sau intensitate de pixelii din jurul lor, caracteristică definitorie fiind faptul că valoarea unui pixel zgomotos nu are nicio legătură cu culoarea de pixeli din jur. În general, acest tip de zgomot va afecta doar un număr mic de pixeli de imagine [93].

3.5.1. Procesarea morfologică a imaginilor binare

Prelucrarea morfologică este o metodă de procesare prin care poate fi redus zgomotul [49], [50], [122]. Operațiile morfologice de bază sunt dilatarea și erodarea, metode de prelucrare eficiente în analiza formelor în imaginile binare [149]. Aceste operații sunt de obicei combinate și aplicate iterativ, să erodeze și să dilate mai multe straturi. Elementul structural (SE) folosit determină modul în care vor fi dilate sau erodate obiectele. Elementele structuratoare cele mai des folosite sunt $SE=[0,1,0; 1,1,1; 0,1,0]$ și $SE=[1,1,1; 1,1,1; 1,1,1]$.

Operația de dilatare se face prin suprapunerea unui element structurator B peste o imagine A și deplasarea lui peste imagine într-o manieră apropiată convoluției. Dacă un pixel din elementul structurator coincide cu un pixel alb din imagine, se trece la următorul pixel și dacă elementul structural coincide cu un pixel negru din imagine, atunci toți pixelii acoperiți de elementul structural devin negri [46]. Dilatarea imaginii A prin elementul structurator B, este definită prin relația:

$$A \oplus B = \{c \in Z^2 \mid c = a + b, a \in A, b \in B\} \quad (3-7)$$

Operația de dilatare fost introdusă de Minkovski, fiind numită și adunare Minkovski a mulțimilor.

Dilatarea este folosită pentru umplerea unor goluri din imagine, iar efectul produs de operația de dilatare este de a extinde obiectele, conducând la creșterea dimensiunilor obiectelor din imagine. În Fig. 3-9 este prezentat un exemplu de dilatare în care elementul structural folosit este $SE=[1,1,1; 1,1,1; 1,1,1]$.

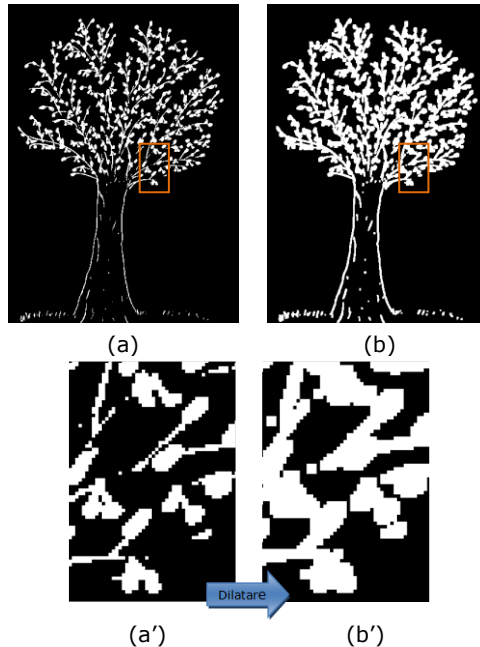


Fig. 3-9. Dilatarea imaginii TDT - (a, a') imagini inițiale, (b, b') imagini prelucrate

Erodarea este utilizată pentru a simplifica structura unui obiect din imagine. Anumiți pixeli de culoare neagră sunt transformați în pixeli albi, invers ca la dilatare. Matricea structuratoare se deplasează peste imagine și dacă originea elementului structural se suprapune peste un pixel alb, atunci se trece la următorul pixel și dacă originea elementului structural se suprapune peste un pixel negru și cel puțin un pixel negru al elementului structural se suprapune peste un pixel alb, atunci pixelul curent va fi transformat în alb.

Erodarea imaginii A prin elementul structurator B, este definită prin relația:

$$A \ominus B = \{a \in Z^2 \mid a + b \in A, \forall b \in B\} \quad (3-8)$$

În Fig. 3-10 este prezentat un exemplu de erodare în care elementul structural folosit este $SE=[1,1,1; 1,1,1; 1,1,1]$.

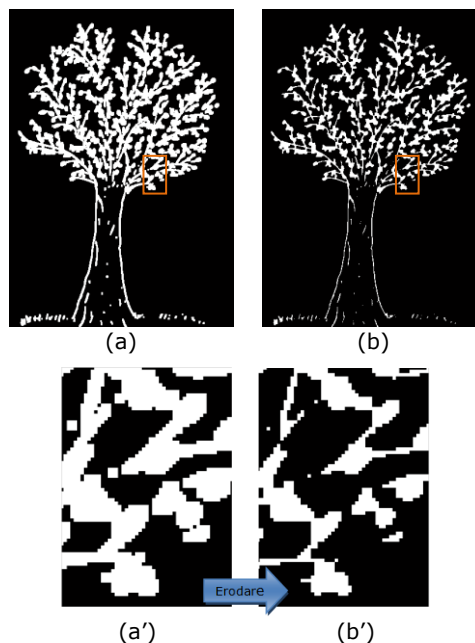


Fig. 3-10. Erodarea imaginii TDT - (a, a') imagini inițiale, (b, b') imagini prelucrate

Efectul produs de operația de erodare este de a subția obiectele din imagine. Dacă operația de dilatare este urmată de operația de erodare se obține operația de închidere a imaginii ($A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$), iar dacă operația de erodare este urmată de operația de dilatare se obține operația de deschidere a imaginii ($A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$).

3.5.2. Filtrarea zgomotului în text și grafică

Pentru zgomotul care depășește mai mult de un pixel se poate folosi filtrul kFill [92]. Operațiile de umplere se efectuează într-o fereastră de dimensiuni $k \times k$, centrată pe fiecare pixel a imaginii. Această fereastră cuprinde în interior două regiuni, una de $(k-2) \times (k-2)$ pixeli, numita nucleu, și alta de $4(k-1)$ pixeli (de pe perimetrul ferestrei), numită vecinătate.

Acest filtru este conceput în special pentru imagini de text, pentru a reduce zgomotul de tip sare și piper. Nu este adecvat pentru imagini binarizate. Cele mai multe sisteme de procesare a documentelor efectuează reducerea zgomotului rudimentar prin utilizarea unei măști de filtrare 3x3 pe imagine pentru a localiza pixelii de interes.

3.6. Detectorul de muchii Canny

O problemă importantă în procesarea imaginilor este detecția muchiilor din imagini cu nivele de gri. Muchiile (marginile) sunt caracteristici folosite în mod frecvent în analiza și prelucrarea imaginilor. Muchiile reprezintă granițe (limita dintre obiect și fundal) și sunt, prin urmare, o problemă de o importanță fundamentală în procesarea imaginilor. Scopul detectării muchiilor, în general, este de a reduce semnificativ cantitatea de date dintr-o imagine, filtrând informațiile inutile, păstrând în același timp proprietățile structurale importante ce vor fi utilizate pentru prelucrarea ulterioară a imaginii. Detectorul Canny (cunoscut în engleză sub denumirea „Canny edge detector”) este unul dintre instrumentele cele mai utilizate în procesarea imaginilor, detectarea marginilor realizându-se într-o manieră robustă [17]. În prezenta teză de doctorat, metoda de detectare a muchiilor utilizând detectorul Canny în desenele testului TDT va fi descrisă în capitolul următor.

În [79] sunt prezentate diferite metode pentru detecția muchiilor. Aproximările derivate au fost calculate direct pe pixeli folosind operatori ca: operatorul Robert’s [115], operatorul Sobel [82], operatorul Prewitt [112]. Algoritmii bazați pe gradient, cum ar fi Prewitt, chiar dacă au un mare avantaj prin simplitatea calculului, au dezavantajul major că, folosind un nucleu foarte mic, sunt foarte sensibili la zgomot. Un algoritm adaptiv de detecție a muchiilor este necesar să prevadă o soluție robustă care să fie adaptabilă la diferite nivele de zgomot ale unei imagini. S-a demonstrat că algoritmul de detectare al muchiilor, metoda propusă de Canny, se comportă mai bine decât ceilalți algoritmi în acest sens și chiar dacă este destul de vechi, a devenit una dintre metodele standard de detecție a muchiilor, fiind încă folosit în cercetare [9], [78]. El este socotit de mulți ca *detectorul optim de muchii*.

J. Canny a urmat o listă de criterii pentru a îmbunătăți metodele existente de detectare a muchiilor [17], [18], [131]:

1. *Detecția*. Probabilitatea de detectare a punctelor reale de margine ar fi maximizată în timp ce probabilitatea de a detecta puncte false non-margine trebuie să fie redusă la minimum. Acest lucru corespunde cu maximizarea raportului semnal-zgomot (SNR).
2. *Localizarea*. Muchiile detectate trebuie să fie cât mai aproape posibil de marginile reale. Cu alte cuvinte, distanța dintre pixelii muchiilor găsite de detector și muchia efectivă trebuie să fie minimă.
3. *Număr de răspunsuri*. Detectorul de muchii ar trebui să determine o singură muchie detectată. Acest criteriu este specific folosind un filtru care detectează muchia cu o lățime spațială mică.

Pe baza acestor criterii, detectorul de muchii Canny, netezește în primul rând imaginea, pentru a elimina zgomotul. Se găsește apoi gradientul de imagine pentru a evidenția regiuni cu derivații spațiale mari. Algoritmul urmărește apoi aceste regiuni și suprimă orice pixel care nu este maxim (suprimarea non-maximum). Detectorul de muchii Canny aproximează operatorul care optimizează

produsul dintre raportul semnal-zgomot și localizare. Este, în general, prima derivată a unui Gaussian.

Conform [125], netezirea este calculată ca $I[i, j]$, pentru a desemna imaginea. $G[i, j, \sigma]$ este un filtru de netezire gaussian unde σ este deviația standard care controlează gradul de netezire. Rezultatul de convoluție a imaginii $I[i, j]$ cu $G[i, j, \sigma]$ este mulțimea:

$$S(i, j) = G(i, j, \sigma) * I(i, j) \tag{3-9}$$

Algoritmul Canny constă în următorii pași:

1. Pentru filtrarea zgomotului se aplică un filtru Gaussian pe imaginea de intrare. Sensitivitatea detectorului la zgomot este mai mică cu cât lățimea măștii este mai mare, iar eroarea de localizare a fronturilor crește odată cu lățimea măștii Gaussiene.

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \tag{3-10}$$

2. După filtrarea Gaussiană se aplică operatorul gradient $\nabla g(x,y)$ și se calculează modulul și direcția gradientului. Gradientul de netezire este calculat pe un grid discret a coordonatelor din imagine. O muchie într-o imagine poate indica într-o varietate de direcții, astfel încât algoritmul Canny utilizează două filtre pentru a detecta muchiile orizontale, verticale și diagonale într-o imagine neclară. Operatorul de detectare a muchiilor (Roberts, Prewitt, Sobel de exemplu) returnează o valoare pentru prima derivată pe direcția orizontală (g_x) și pe direcția verticală (g_y).

Matricea amplitudinilor gradientului se obține prin aplicarea operatorului Sobel asupra imaginii rezultate după pasul 1. Operatorul Sobel folosește două măști de convoluție 3x3, una care estimează gradientul pe direcția x și una care estimează gradientul pe direcția y. Cele două măști de convoluție sunt:

-1	0	1	1	2	1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-1	-2	-1
D _x			D _y		

Amplitudinea frontului în fiecare pixel al imaginii de intrare este aproximată prin:

$$\sqrt{dx^2 + dy^2} \tag{3-11}$$

3. Se calculează direcția gradientului, obținându-se matricea gradientului.

$$\theta(x, y) = \begin{cases} \arctg(D_y / D_x), & \text{pentru } D_x \neq 0 \\ + / - 90, & \text{pentru } D_x = 0, D_y \neq 0 \\ 0, & \text{pentru } D_y = 0 \end{cases} \tag{3-12}$$

Când unghiul este zero, înseamnă că direcția contrastului maxim de la alb la negru în imagine este de la stânga la dreapta. Celelalte unghiuri sunt măsurate în sensul invers acelor de ceas față de unghiul zero.

4. Odată ce este cunoscută direcția gradientului, se ajustează θ la una dintre direcțiile din spațiul discret al imaginii, cea mai apropiată de valoarea lui θ .
5. Suprimarea non-maximelor modulului gradientului se realizează prin subțierea muchiilor, păstrându-se doar punctele de muchie care au modulul maxim al gradientului de-a lungul direcției gradientului.
6. Chiar dacă a fost realizată o filtrare a imaginii, după pasul cinci, matricea rezultată încă mai conține zgomot, reprezentat prin pixeli cu contrast mai mic. Se elimină pixelii falși de muchie (zgomotele) fără să se întrerupă conturul. Pentru aceasta se utilizează operația de „histerezis”, prin care se aplică imaginii rezultate de la pasul cinci, două praguri. Aceste praguri se aplică separat, rezultând două imagini binare. După ce se elimină răspunsurile false prin utilizarea operației de histerezis se obțin muchiile finale.

În Fig. 3-12 se prezintă exemple de detecția muchiilor, unde se poate vedea că detectorul de muchii Canny are rezultatele cele mai bune.



Fig. 3-11. Imagine utilizată în analiza detecției muchiilor, [79]

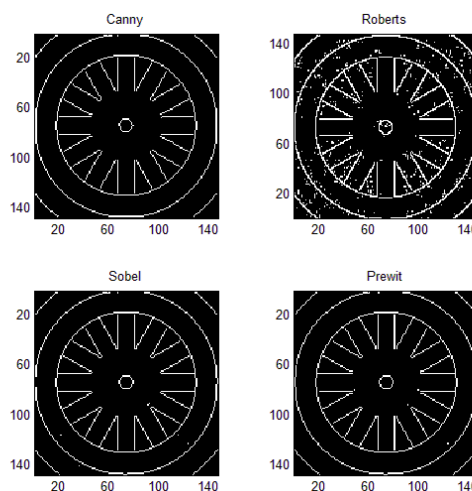


Fig. 3-12. Detecția muchiilor pe imaginea de la Fig. 3-11, Canny - cel mai bun rezultat

Fiind considerat detectorul optim de muchii, operatorul Canny a fost utilizat de autoare în prezenta teză de doctorat, pentru detectarea muchiilor în imaginile testului psihologic TDT. Acest lucru se poate observa și în Fig. 3-13, mai multe rezultate urmând a fi prezentate în capitolul patru.

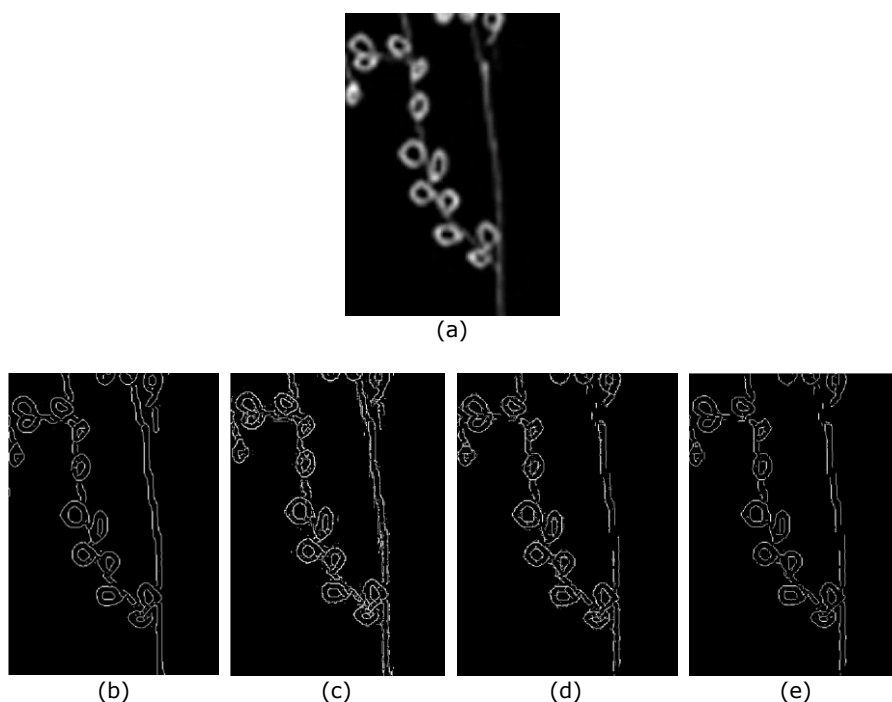


Fig. 3-13. Analiza detectării muchiilor pe imagine TDT - (a) imagine de intrare, (b) detectia muchiilor cu operatorul Canny, (c) detectia muchiilor cu operatorul Robert's, (d) detectia muchiilor cu operatorul Sobel, (e) detectia muchiilor cu operatorul Prewit

Se poate observa că, la detectia muchiilor cu operatorul Sobel și operatorul Prewit, imaginile au suferit pierdere de informație, iar la detectia muchiilor cu operatorul Robert's rămâne zgomot. Această analiză a detectării muchiilor pe imagini TDT, întărește faptul că operatorul Canny este optim în detectarea muchiilor. Dublarea liniei rezultate după aplicarea detectorului de muchii Canny se poate elimina prin tehnica de subțiere a conturului, însă acest lucru nu ar aduce îmbunătățiri obiectelor din imagine, ci dimpotrivă ar duce la pierderea de informație.

3.7. Tehnici de estimare robustă

Statisticile robuste sunt statistici cu performanțe bune pentru datele extrase dintr-o gamă largă de distribuții de probabilitate, mai ales pentru distribuțiile care nu sunt distribuite în mod normal. Metode statistice robuste au fost dezvoltate pentru multe probleme comune, cum ar fi estimarea parametrilor de localizare, la scară și de regresie. Estimarea robustă este folosită pentru a realiza metode statistice, care nu sunt afectate în mod nejustificat de valori extreme. Aceste

estimări robuste pot oferi rezultate bune atunci când sunt mici abateri de la distribuțiile parametrice.

Statisticile robuste urmăresc să ofere metode care emulează metode statistice populare, dar care nu sunt afectate în mod nejustificat de valorilor extreme sau alte mici abateri de la ipotezele modelului. În statistici, metodele de estimare clasice se bazează foarte mult pe presupuneri, care de multe ori nu sunt îndeplinite în practică. În particular, se presupune adesea că erorile de date sunt distribuite în mod normal, cel puțin aproximativ, sau că teorema limitei centrale poate fi invocată pentru a produce estimări distribuite în mod normal. Din păcate, atunci când există valorilor extreme în seturile de date, estimatorii clasici au adesea o performanță slabă și atunci este justificată folosirea unor măsuri robuste.

3.7.1. Caracteristici de bază ale estimatorilor robuști

Printre atributele ce caracterizează estimatorii robuști se numără punctul de frângere (în engleză *breakdown point*), funcția de influență (în engleză *influence function*), eficiența statistică.

Punctul de frângere reprezintă procentajul maxim de date greșite arbitrar de mult, fără ca soluția să fie deplasată arbitrar de mult, vezi [21], [117]. La metoda celor mai mici pătrate, punctul de frângere este 0, pentru că un singur punct greșit (neconform) poate compromite întreaga estimare [117]. LMedS (Least Median of Squares) are punctul maxim de frângere = 0.5 datorită faptului că 50% din date pot fi anormale față de restul datelor, fără ca aceasta să compromită întreaga eșantionare [116]. Cu cât punctul de ruptură al unui estimator este mai mare, cu atât el este mai robust. Putem înțelege că un punct de frângere nu poate depăși 50%, deoarece, dacă mai mult de jumătate din observații sunt contaminate, nu este posibil să se facă distincția între distribuția de bază și distribuția de contaminare. Prin urmare, punctul de frângere maximă este de 0,5 și există estimatori care realizează un astfel de punct de frângere. De exemplu, mediana are un punct de frângere de 0,5. „Trimmed mean” are punctul de ruptură de X% la nivelul ales de X, vezi [56], [80]. Nivelul și puterea punctelor de frângere a testelor sunt investigate în [52]. Statisticile cu puncte de frângere mare sunt numite uneori statistici rezistente.

Robustețea unui estimator se poate măsura utilizând *funcția de influență*, ce reprezintă variația unei estimate cauzată de inserarea unei funcții de distanță între un eșantion extrem și estimată, deci, în loc să ne bazăm exclusiv pe date, putem folosi o distribuție a variabilelor aleatoare [48], [56]. Funcția de influență este utilizată pentru a cuantifica efectul de contaminare a datelor la diferite statistici distributive. La metoda celor mai mici pătrate, funcția de influență a estimatorului este proporțională cu distanța dintre punct și estimată. În vederea obținerii unei metode robuste, funcția de influență trebuie să tindă către 0, pe măsură ce distanța crește.

Eficiența statistică a unui estimator robust se definește prin raportul dintre varianța unui estimator nedepășat optimal pentru un anumit model (uzual cel Gaussian) și varianța estimatorului robust în cauză. Avantajele estimatorilor robuști se obțin cu prețul sacrificării parțiale a eficienței, ceea ce înseamnă că în situațiile în care datele sunt Gaussiene, estimatorii robuști vor fi depășiți, mai mult sau mai puțin, de estimatorul CMMP.

3.7.2. Estimarea parametrilor prin metode robuste

Interesul pentru metodele robuste în analiza imaginilor a condus la exploatarea eficientă a metodelor din analiza statistică robustă și la dezvoltarea de metode robuste noi.

Problema estimării mediei pe baza unui eșantion de observații x_i , cu $i=[1, N]$, ilustrează simpla utilitate a estimatorilor robusți.

Media \bar{x} , se definește prin ecuația:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3-13)$$

Media eșantionului este media aritmetică a datelor și este de așteptat ca aceasta să dea o bună estimare despre centrul sau locația datelor (ceea ce nu este întotdeauna valabil). Dacă datele sunt coordonatele geometrice ale unor puncte cu mase egale, \bar{x} este centrul de greutate sau centroidul acelor puncte.

O problemă care se poate ridica este ce se întâmplă cu media, dacă eșantionul conține o singură dată eronată. Dacă acea dată eronată variază între $-\infty$ și $+\infty$, atunci și valoarea mediei variază astfel. Se poate spune că o singură dată eronată poate avea o influență mare asupra mediei estimată prin ecuația (3-13).

Pentru eliminarea unui set de valori extreme înregistrate, se poate folosi un estimator al poziției, **mediana** setului de date. Mediana este un estimator robust cu rezultate bune, deoarece mediana eșantionului de date nu este afectată de valorile extreme.

Mediana, fiind o metodă robustă cu punctul de frângere de 50%, s-a utilizat de către autoarea tezei pentru calcularea pantelor în trunchiul copacilor din TDT, pentru a detecta înclinarea trunchiului la stânga sau la dreapta, caracteristică de interpretare descrisă în capitolul patru. Mediana este utilizată în principal pentru distribuțiile denaturate, care se rezumă în mod diferit decât media aritmetică. De exemplu, dacă se ia în considerare vectorul $A = [1, 2, 2, 2, 3, 14]$, mediana vectorului A este 2, deci poate fi văzută ca un indicator mai bun al tendinței centrale (mai puțin susceptibilă la valori deosebit de mari în seturi de date) decât media aritmetică, care este 4.

Calculul medianei este o tehnică populară în statistici sumare și sintetizarea datelor statistice, deoarece este simplu de înțeles și ușor de calculat, oferind de asemenea, o măsură care este mai robustă în prezența unor valori extreme, decât este media. Dacă setul de date are un număr N impar de valori, atunci valoarea medianei este elementul de pe poziția $(N+1)/2$. Dacă setul de date are un număr N par de valori, atunci valoarea mediană este media elementelor de pe pozițiile $(N/2)$ și $(N/2+1)$, adică:

$$m = \begin{cases} x_{\left(\frac{N+1}{2}\right)}, & N \text{ impar}, N = 2k + 1, k \text{ nr. natural} \\ \frac{x_{\left(\frac{N}{2}\right)} + x_{\left(\frac{N+1}{2}\right)}}{2}, & N \text{ par}, N = 2k, k \text{ nr. natural} \end{cases} \quad (3-14)$$

Se poate spune că *mediana de selecție este rezistentă sau robustă* la existența unor valori extreme, în timp ce media de selecție nu are această proprietate (vezi [47]). În Fig. 3-14 se pot vedea parametrii de localizare a unui set de date x , media și mediana. Pentru setul de date x cu 25 de valori neomogene, $x=[1, 5, 99, 10, 7, 3, 2, 4, 6, 25, 100, 1, 4, 5, 4.8, 4.3, 7, 100, 50, 10, 11, 10.5, 88, 10, 2]$, se observă că media, cu valoarea 22.784, este influențată de valorile extreme, dar mediana, cu valoarea 7, este rezistentă la aceste valori.

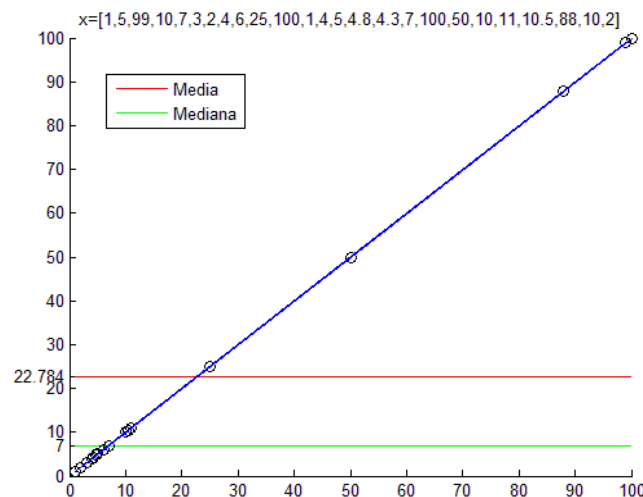


Fig. 3-14. Parametrii de localizare - Media și Mediana unui set de date x

O altă estimare a parametrilor prin metode robuste poate fi considerată **estimarea parametrilor prin regresie**, folosind metoda celor mai mici pătrate CMMP. Problema estimatorului CMMP (Least Squares - LS), constă în estimarea unui număr n de parametri pe baza unui număr de măsurători. Pentru o colecție de puncte (x_i, y_i) care aparțin unei linii drepte, valoarea coordonatei x_i a unui punct determină univoc valoarea coordonatei y_i corespunzătoare, pe baza ecuației drepte. Pentru o valoare cunoscută a parametrilor drepte, putem spune că valoarea coordonatei x_i a unui punct predictează valoarea coordonatei y_i . Eroarea de predicție sau reziduul asociat datei x_i , este:

$$\varepsilon_j = y_j - (mx_j + n) \quad (3-15)$$

Problema care trebuie rezolvată este determinarea parametrilor m și n , ce definesc dreapta căutată, astfel încât termenii de eroare să fie „cât mai mici posibil”. Metoda CMMP estimează parametrul m și n , suma pătratelor erorilor fiind minimă:

$$\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 \rightarrow \min \quad (3-16)$$

Variabila predictată, regresia liniară, poate depinde de mai multe variabile de intrare:

$$y_i = \sum_{j=1}^{p-1} m_j x_{i,j} + n \quad (3-17)$$

Regresia liniară este modul de prezentare a legăturii liniare dintre două variabile (în general numerice), o variabilă scalară dependentă y și una sau mai multe variabile explicative notate cu X .

Conform [89], se poate lua în considerare spațiul de date probabilistic ca un amestec de două sau mai multe distribuții. Una din distribuții poate aparține unei mulțimi de date A , iar cealaltă poate fi din afara mulțimii de date A . Se consideră dimensiunea distribuției de probabilitate a spațiului de date care conține un amestec de k distribuții ce se poate exprima prin ecuația 3-18.

$$p = \sum_{i=1}^k \mu_i p_i \quad (3-18)$$

unde p_i este probabilitatea de distribuție i , iar μ_i este coeficientul corespunzător amestecului de distribuții. Probabilitatea de distribuție trebuie apoi normalizată (ecuația 3-19).

$$\sum_{i=1}^k \mu_i p_i = 1 \quad (3-19)$$

Principiul estimării celor mai mici pătrate stă la baza metodei minimizării mediane pătratelor reziduurilor-abaterilor (LMedS – Least Median of Squares) [83], [116].

Între metodele de estimare de parametri se numără și **estimarea parametrilor prin regresie, folosind prin metoda verosimilității maxime** (în engleză Maximum Likelihood - ML). Estimatorul de verosimilitate maximă (VM) caută vectorul soluție al parametrilor care maximizează probabilitatea de a se obține datele de măsurare de care se dispune la momentul estimării.

Un estimator robust posedă proprietatea de a estima aproape optimal chiar și în situațiile în care modelul teoretic optimizat nu este valid pentru datele prelucrate. Estimatorii robusți se bazează pe reducerea eșantioanelor aberante ce produc reziduuri de aproximare mari. Printre estimatorii robusți pot fi amintiți estimatorii de probabilitate maximă (estimatorii M, [48], care sunt înrudiți cu estimatorul bazat pe metoda celor mai mici pătrate, dar cu robustețe îmbunătățită în prezența erorilor arbitrar de mari prezente în setul de date), estimatori de combinație liniară de ordine statistică (estimatorii L), estimatori derivați din testul de rang (estimatorii R). Mediana poate fi considerată un caz particular al estimatorilor M.

Un alt estimator robust utilizat frecvent în estimarea de parametri este estimatorul RANSAC (RANdom SAMple Consensus), conceput de Fischler și Bolles [34] pentru rezolvarea aplicațiilor de vedere artificială. Acest estimator generează multiple soluții ipoteză pentru valorile parametrilor căutați, pe baza unor submulțimi de dimensiuni minimale din setul de date care au fost extrase prin eșantionare

aleatoare. Este o metodă pentru a estima parametrii unui anumit model, pornind de la un set de date ce conține un număr mare de date eronate.

După cum au afirmat Fischler și Bolles în [34] "Procedura RANSAC este opusul tehnicilor convenționale de filtrare: în loc să folosim cât mai multe date posibile pentru a obține o soluție inițială și apoi să eliminăm punctele invalide, RANSAC folosește un set inițial de date cât mai mic posibil și apoi mărește acest set cu date valide atunci când este posibil."

3.8. Concluzii

În acest capitol au fost descrise metode de prelucrare a imaginilor de tip document ce conțin informație de tip text sau imagini grafice. Au fost prezentate fundamente teoretice privind metode de pre-procesare în analiza și prelucrarea imaginilor grafice a testului psihologic TDT.

Pre-prelucrarea imaginilor TDT constă în metode de reducere a zgomotului, apărut la scanarea desenelor pentru transformarea acestora în imagini digitale. După eliminarea zgomotului, au fost tratate metode de segmentare - pentru a separa diferite componente în imagine și metode de detecție a muchiiilor și liniilor în vederea extragerii caracteristicilor și obiectelor de interes.

Prezența datelor neconforme apărute după eliminarea zgomotului din imagine, poate duce la o acuratețe scăzută în interpretarea automată a direcției trunchiului în desenele testului psihologic utilizat în prezenta teză de doctorat. În acest scop, în acest capitol, sunt descrise metode de estimare robustă utilizate pentru extragerea caracteristicilor necesare în evaluarea asistată de calculator a Testului Arborelui.

4. Metode propuse în evaluarea asistată de calculator a Testului Arborelui folosind tehnici de prelucrarea a imaginilor

Prezentul capitol descrie rezultate ale activității autoarei pentru filtrarea zgomotului, în vederea generării unor imagini binare ale desenelor ce fac obiectul testului arborelui, precum și metodologia utilizată pentru construcția bazei de date.

4.1. Crearea bazei de date – colecție de desene

Luând în considerare faptul că nu există o bază de date publică cu imagini reprezentând Testul Arborelui, pentru evaluarea asistată de calculator propusă în prezenta lucrare, autoarea tezei a realizat o bază de date proprie cu desene obținute în urma executării testului TDT. După aplicarea testului la copii cu vârstă școlară mică (8-14 ani) a rezultat un număr de 152 de desene, care au fost interpretate de psiholog după modelul Foaie de protocol, model realizat de A. Rozorea și M. Sterian [118]. Modelul este considerat un mijloc eficient și operațional de cotare a „ecuației parametrilor individuali ai desenului”, deoarece fiecare indice de apreciere al desenului este codificat (vezi paragraful 2.8).

În metodele propuse în evaluarea asistată de calculator a TDT s-au folosit date din schema procesului de proiectie în funcție de parametrii desenului și semnificația componentelor arborelui. În Fig. 4-1 sunt prezentați indici de apreciere ai desenului și taxonomia parametrilor de interpretare, din Foaia de protocol.

Data:		Foaie de protocol	
Subiect:			
Varsta:			
Indici de apreciere a desenului	Taxonomia parametrilor de interpretare	Observații	
I. Aprecierea imaginii de ansamblu		I - OA	
...			
II. Schema procesului de proiectie		II - P	
P - Plasarea desenului în pagină	a. Poziție centrală	a	
	b. Deplasare în sus	b	
	c. Deplasare în jos	c	
	d. Deplasare la dreapta	d	
	e. Deplasare la stânga	e	
	f. Depășirea spațiului grafic	f	
M - Mărimea desenului	a. Normală, echilibrată	II - M a	
	b. Supradimensionată	b	
	c. Subdimensionată	c	
PM - Parametrii măsurabili	a. Înălțimea rădăcinii H_R	II - PM a	
	b. Înălțimea trunchiului H_T	b	
	c. Înălțimea coroanei H_C	c	
	d. Lățimea coroanei L_C	d	
	e. $H_R > (H_T + H_C)$	e	
	f. $H_T < H_C$	f	
...			

(a)

Data:	Foaie de protocol		
Subiect:			
Varsta:			
Indici de apreciere a desenului	Taxonomia parametrilor de interpretare	Observații	
...			
III. Semnificația componentelor R - Rădăcina		III - R	
P - Plasarea desenului în pagină	a, b, c, d, e, f	a, b, c, d, e, f	
...			
T - Trunchiul	a. Prezența trunchiului	III T a	
	b. Absența trunchiului	b	
CT - Conturul trunchiului	a, b, c, d, e	III CT a, b, c, d, e	
...			
ET - Expresia trunchiului	...	III - T-ET	
BT - Baza trunchiului	...	III - T-BT	
FT - Forma trunchiului	...	III - T-FT	
D - Direcția trunchiului		III - T-D	
	a. Înclinare spre stânga	a	
	b. Înclinare spre dreapta	b	
CR - Coroană Ramuri		III - CR-O	
O - Organizarea coroanei			
	a, b, c	a, b, c	
F - Forma Coroanei		III	
...	a ... f	a ... f	

(b)

Fig. 4-1. Indici de apreciere ai desenului (TDT) prezentați în Foaia de protocol - (a) Schema procesului de proiectie; (b) Semnificația componentelor

După ce desenele au fost interpretate de psiholog, pentru procesarea mai ușoară a caracteristicilor rezultate, fiecare set de indici a fost introdus într-o bază de date creată împreună cu psihologul, în care s-au folosit indicii de apreciere ai desenului și taxonomia parametrilor de interpretare. Prin realizarea acestei baze de date, informațiile sunt mult mai vizibile pentru prelucrare și comparare, atât pentru psiholog, cât și pentru prelucrarea datelor prin metodele propuse de autoare în acest capitol.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1 Model de interpretare (adaptat după "Testul Arborelui" de Charles Koch)-Foaie de protocol																	
2 INDICI	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
3 Aprecieria imaginii în ansamblu	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	b	a	a	
4 OA- observatia ansamblului	a	d	c	a	d	c	j	b	d	d	b	c	c	c	d	d	
5 IG- Impresia globala							c										
6 EG-R. Expresia grafica-Radacina	a	i	d	a	b	g	c	e	e	e	d	e	g		c	i	
7 EG-T. Expresia grafica-Trunchi	a	i	d	a	b	g	g	e	e	e	d	e	g		c	e	
8 EG-C. Expresia grafica-Coroana	a																
9 EG-AC. Expresia grafica-Alte Componente	a		d	a		g				a	a		i		e	b	
10 Schema procesului de Proiectie																	
11 P. Plasarea desenului în pagina	c	c	c	e	e	e	a	c	c	e	e	a	e		e,c	c	
12 M. Marimea desenului	b	a	b	a	b	a	b	a	a	a	a	a	b		a	h	
13 PM. Parametrii masurabili	f	f	g	g	g	g	g	f	g	f	g	f	g	f	g		
14 LS. Linia solului	b		b	b							c	b				b	
15 Semnificatia componentelor arborelui																	
16 R. Radacina	b	b	b	b	b	b	e	b	b	b	b	b	b			a	
17 T. Trunchiul	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b		a	e
18 T-CT. Conturul trunchiului	a	b	a	a	d	e	a	d			a	c	e		a	e	
19 T-ET. Expresia trunchiului																	
20 T-BT. Baza trunchiului		d	d	d	a	d	d	d	d	d	d	d	d		d	e	
21 T-T. Forma trunchiului			a,e	j			e		a		a	j	j		e	e	
22 T-EX. Extremitățile trunchiului	j	a					a	e	a		a	a	c				
23 T-D. Direcția trunchiului	a	a			a	a						b					
24 T-SC. Scoarta(Suprafata) trunchiului						c		c								c	
25 CR-O. Coroana-Organizare					b	b	a						b	a		b	h
26 CR-F. Coroana-Forma	b	k	c	a	h	b	a	c	c	k	a	a			l		
27 CR-CE. Coroana-centrarea ramurilor	a				c							b					
28 ramurilor	b	d										c				a	
29 CR-ER. Coroana-Expresia ramurilor	a																
30 CR-FR. Coroana-Forma ramurilor	a					n	n				lg	n	n		n		
31 CR-CO. Coroana-Coordonarea ramurilor					c	c			c		c	c	c			c	
32 FZ. Frunze	a	b	b	b	b	b	b	b	b	a	a					b	
33 FL. Flori	b	b	b	b	b	b	b	b	a	a						b	
34 FR. Fructe	a		c	c				f,g									

Fig. 4-2. Reprezentarea bazei de date ce conține indicii de apreciere ai desenului pentru fiecare test

Așa cum se arată și în paragraful 2.5, în prezenta lucrare sunt studiați doar câțiva parametri specifici testului TDT.

4.2. Crearea bazei de date – colecție de imagini digitale

Imaginile digitale pot fi create cu ajutorul unor dispozitive tehnice, cum ar fi aparate de filmat digitale, aparate de fotografiat digitale, scanere de imagine și altele. Forma și mărimea imaginilor este foarte variată, însă cel mai des utilizate sunt formele dreptunghiulare. Această formă dreptunghiulară se exprimă în pixeli, adică numărul de pixeli pe orizontală (sau lățime) și numărul de pixeli pe verticală (sau lungime). Raportul dintre numărul de pixeli pe orizontală și numărul de pixeli pe verticală se numește „formatul” imaginii digitale.

În vederea evaluării asistate de calculator a unor caracteristici psihologice, desenele obținute au fost scanate cu următoarele proprietăți: mod culoare: Grayscale, mărime document: A4, rezoluție: 300 DPI, 8 Bits/Channel.

Imaginile digitale obținute în urma scanării au fost salvate cu extensia .jpg, apoi au fost împărțite pe categorii astfel:

- imagini cu copaci în poziție centrală (Pa),
- imagini cu copaci cu deplasare în sus (Pb),
- imagini cu copaci cu deplasare în jos (Pc),
- imagini cu copaci poziționați în dreapta spațiului grafic (Pd),
- imagini cu copaci poziționați în stânga spațiului grafic (Pe),
- imagini cu arbori care depășesc spațiul grafic (Pf),
- imagini cu arbori de mărime normală (Ma),
- imagini cu arbori supradimensionați (Mb),
- imagini cu arbori subdimensionați (Mc),
- imagini cu arbori care au baza foii de desen drept baza trunchiului,
- imagini cu trunchiul înclinat spre stânga (DTa),
- imagini cu trunchiul înclinat spre dreapta (DTb),
- imagini cu trunchiul neînclinat.

În Fig. 4-3 - Fig. 4-11 sunt prezentate imagini cu copaci din baza de date. Imaginile în care foaia de desen este așezată în poziție verticală au dimensiunea de 2468 x 3484 pixeli, iar unde foaia de desen este așezată pe orizontală, dimensiunea imaginilor este de 3484 x 2468 pixeli.

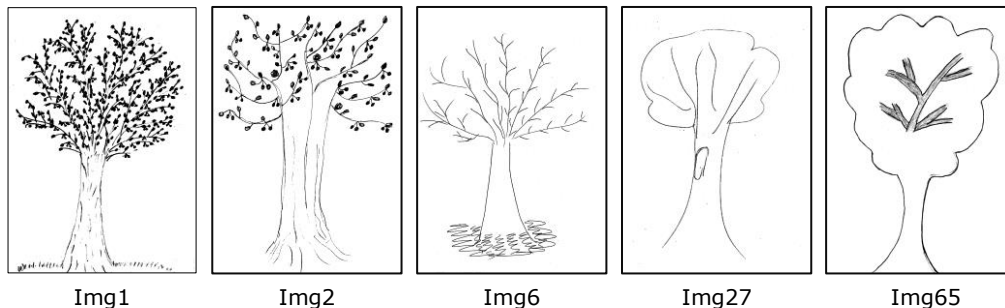


Fig. 4-3. Desene cu indicele de apreciere (Pa) „poziție centrală” în spațiul grafic

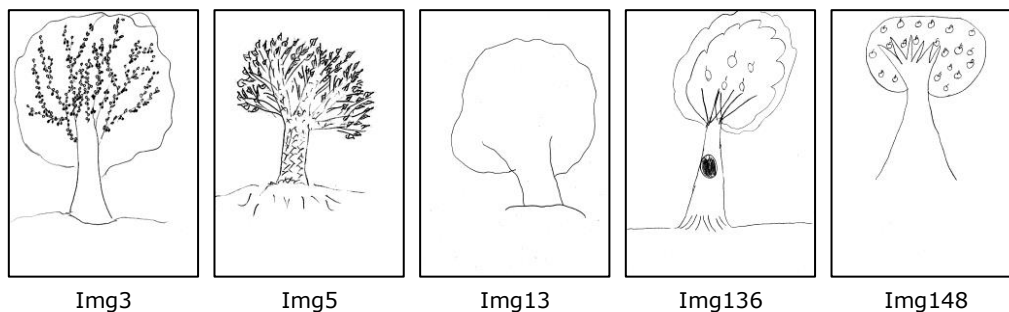


Fig. 4-4. Desene cu indicele de apreciere (Pb)
„deplasare în sus” în spațiul grafic

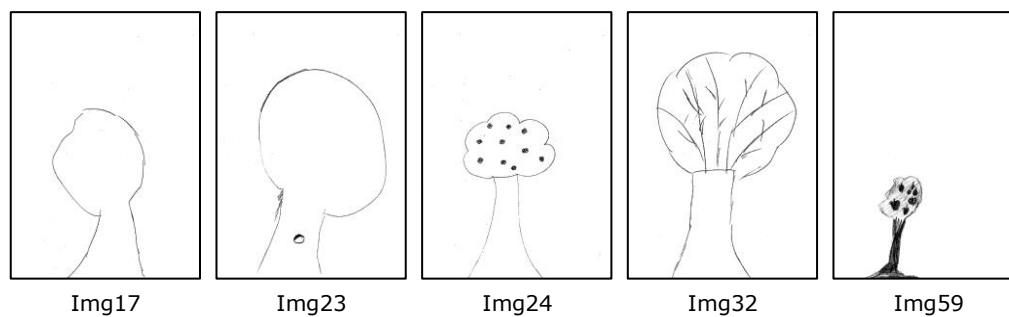


Fig. 4-5. Desene cu indicele de apreciere (Pc)
„deplasare în jos” în spațiul grafic

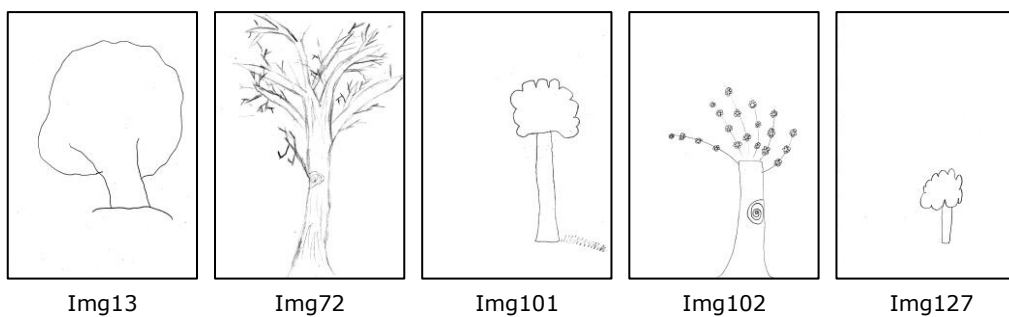


Fig. 4-6. Desene cu indicele de apreciere (Pd)
„deplasare la dreapta” în spațiul grafic

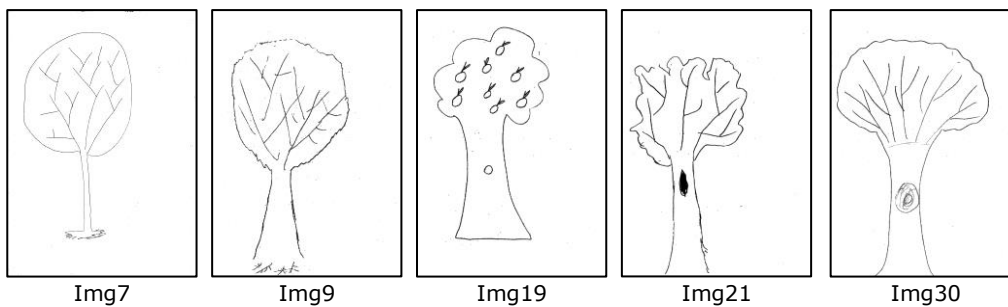


Fig. 4-7. Desene cu indicele de apreciere (Pe) „deplasare la stânga” în spațiul grafic

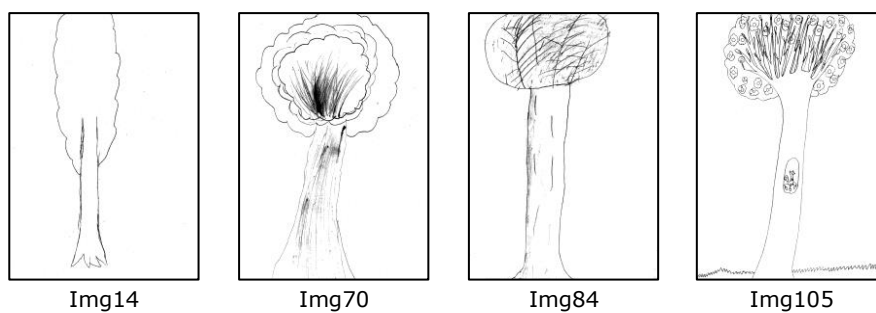


Fig. 4-8. Desene cu indicele de apreciere (Pf) „depășirea spațiului grafic”

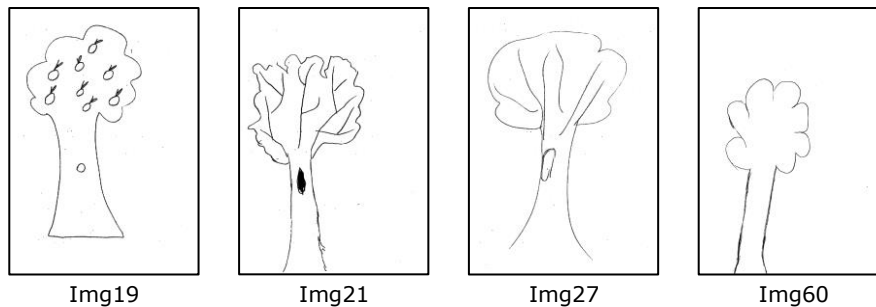


Fig. 4-9. Desene cu indicele de apreciere (Ma) „mărime normală”

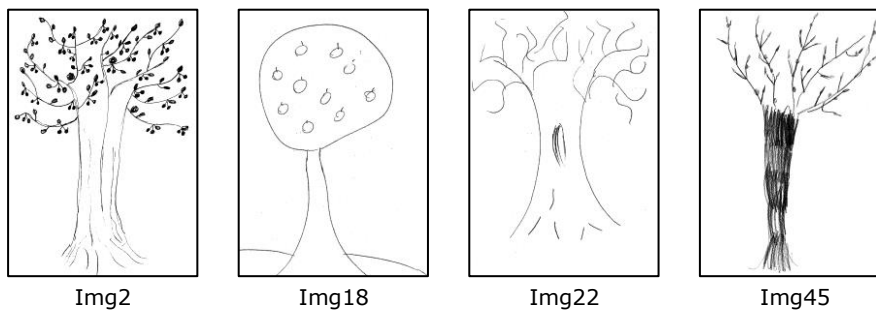


Fig. 4-10. Desene cu indicele de apreciere (Mb) „desen (arbore) supradimensionat”

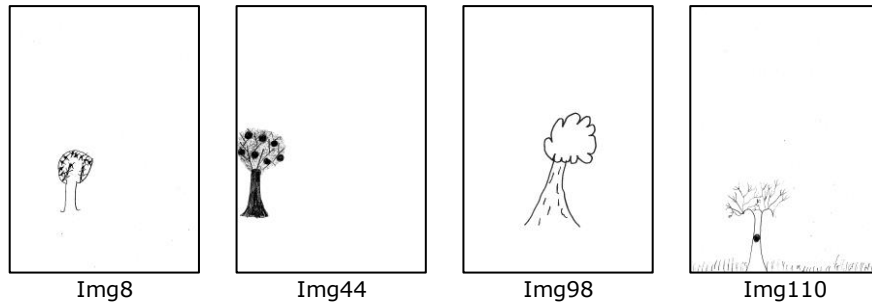


Fig. 4-11. Desene cu indicele de apreciere (Mc) „desen (arbore) subdimensionat”

După ce desenele au fost scanate și s-au obținut imaginile digitale, se pot extrage următoarele caracteristici: poziționarea copacului în imagine, mărimea copacului în raport cu foaia de desen, baza foii = baza arborelui, segmentarea manuală a trunchiului, direcția trunchiului, segmentarea copacului.

Pentru descrierea metodelor propuse în evaluarea asistată de calculator a testelor psihologice folosind tehnici de prelucrarea a imaginilor, în Fig. 4-12 se prezintă etapele parcurse în realizarea acestor metode.

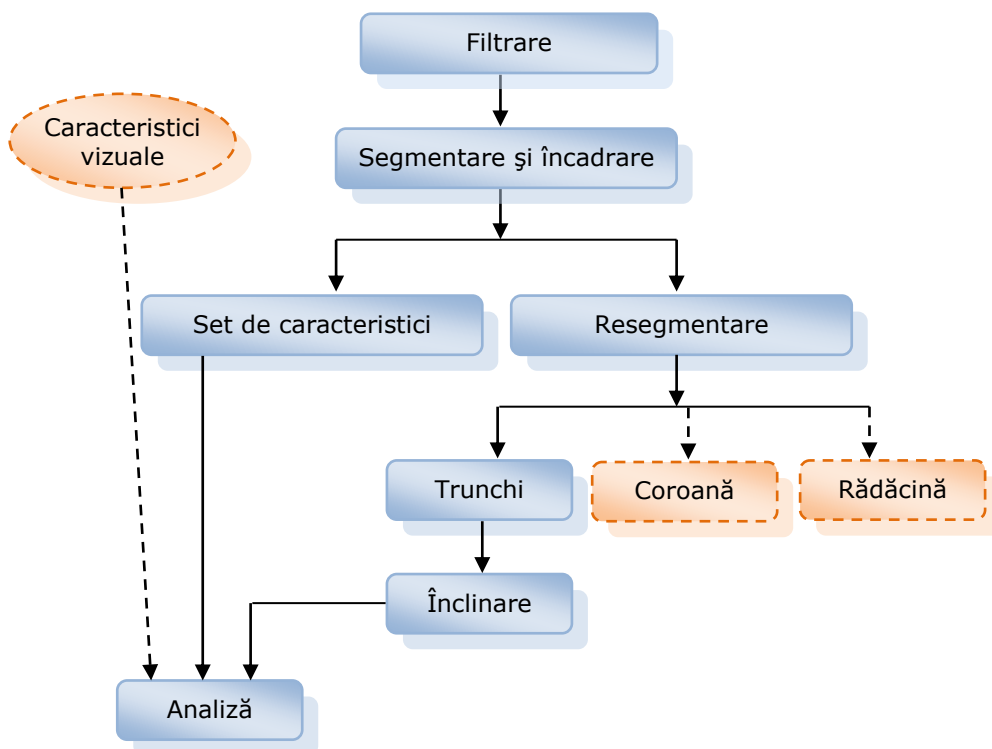


Fig. 4-12. Schema bloc a etapelor parcurse în evaluarea automată a Testului Arborelui

Caracteristicile reprezentate prin linie punctată, nu sunt analizate în cadrul acestei teze, ele urmând a fi dezvoltate în viitor.

4.3. Determinarea poziționării arborelui în spațiul grafic

Pentru determinarea poziționării copacului în imagine (spațiul grafic), se pot evidenția diverse semnificații psihologice, prezentate în Fig. 4-13.

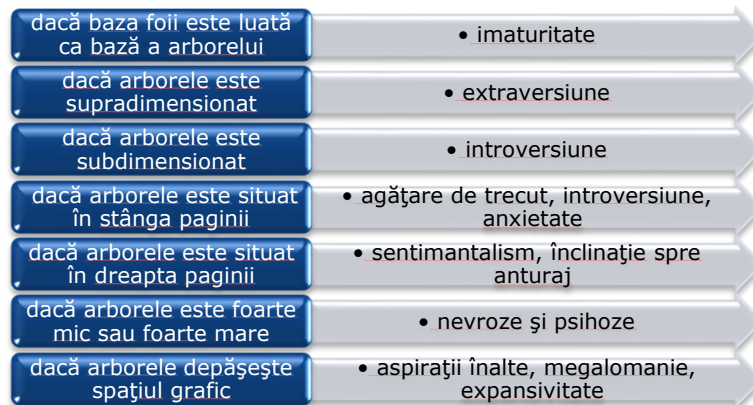


Fig. 4-13. Semnificații psihologice reprezentative pentru poziționarea arborelui în spațiul grafic

În realizarea algoritmului de determinare a parametrilor utilizați în stabilirea trăsăturilor psihologice specifice Testului Arborelui s-au parcurs etapele prezentate în Fig. 4-14.

În prima etapă s-a analizat poziționarea copacului în raport cu spațiul grafic, apoi mărimea copacului în raport cu foaia de desen. După determinarea acestor caracteristici, algoritmul verifică dacă baza arborelui pornește de la baza foi de desen. Datele finale sunt afișate într-un fișier cu caracteristicile prelucrate.

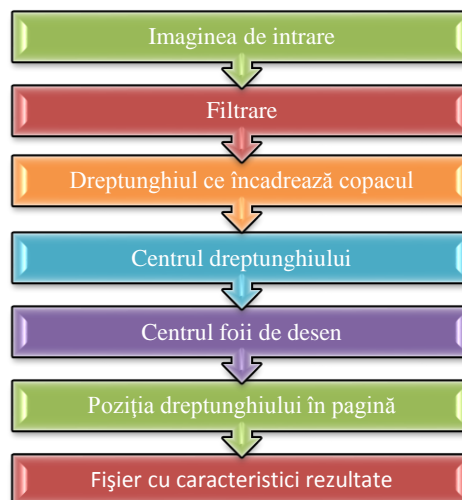


Fig. 4-14. Etapele parcurse în realizarea algoritmului de determinare a caracteristicilor extrase pentru aflarea poziției arborelui în spațiul grafic al foi de desen

4.3.1. Filtrarea imaginilor din testul TDT folosind analiza conectivității

După scanarea desenelor, în imaginile digitale au apărut imperfecțiuni tehnice de intrare, zgomot (o informație care afectează calitatea imaginii).



Fig. 4-15. Zgomotul din imagini (Imagine cu zgomot și detalii)

În [1] sunt descrise metode de eliminarea a zgomotului din imagine prin filtru liniar, filtru median și filtru adaptiv. La filtrarea liniară, pentru eliminarea zgomotului se pot folosi media sau filtrul Gauss. Aplicând această filtrare pe imaginile cu arbori, rezultatele nu sunt satisfăcătoare.

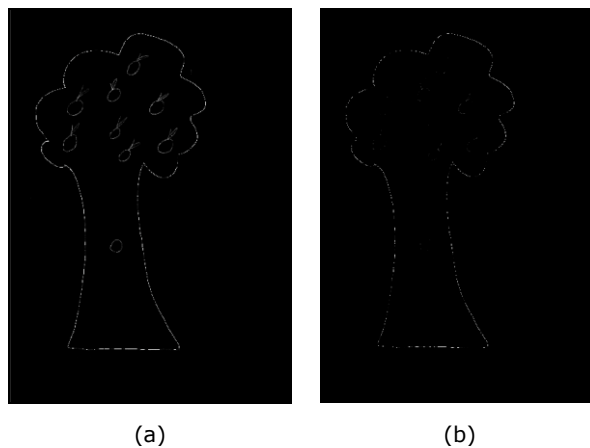


Fig. 4-16. Filtrare liniară - (a) Imaginea de intrare, (b) Imaginea filtrată

Filtrarea mediană este similară cu utilizarea unui filtru de mediere, care este cel mai simplu filtru de netezire. Toți coeficienții măștii de filtrare sunt egali, iar coeficienții unui filtru de mediere cu o mască de filtrare de $M \times M$ au valoare de $1/M^2$. Într-o fereastră de filtrare valoarea pixelului central reprezintă valoarea mediană a

valorilor pixelilor din acea fereastră. Se forțează apoi ca fiecare pixel din imagine să fie cât mai asemănător cu vecinii săi, în același timp și contururile fiind conservate. La filtrarea mediană, fiecare pixel este înlocuit cu valoarea mediană. Mediana este mult mai puțin sensibilă decât media la valori extreme (numite aberante).

În Fig. 4-17 este prezentat un exemplu de eliminare a zgomotului "sare și piper" din imaginea de intrare de la Fig. 4-16 (a). Mărimea vecinătății pentru filtrare este de 3×3 .

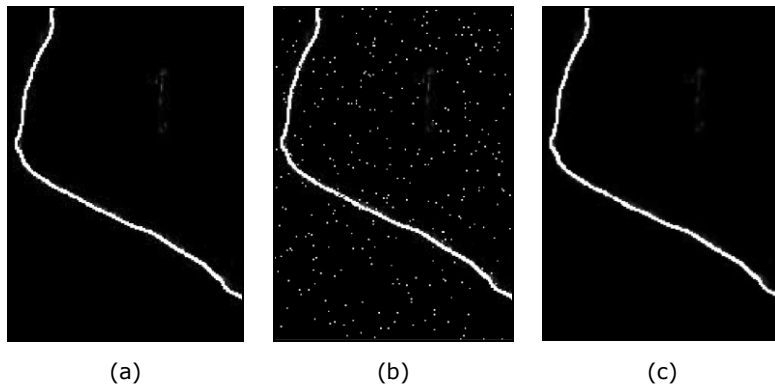


Fig. 4-17. Filtrare mediană-(a) imagine inițială, (b) imagine cu zgomot „sare și piper”, (c) imagine filtrată

Pentru filtrarea adaptivă, în [1] se aplică un filtru Wiener (filtru liniar) unei imagini în mod adaptiv, adaptându-se la variația locală a imaginii. În cazul în care variația este mare, se efectuează o mică netezire moderată. În cazul în care variația este mică, se efectuează o netezire mai mare. Această abordare produce adesea rezultate mai bune decât filtrarea liniară, însă are nevoie de mai mult timp de calcul decât filtrarea liniară.

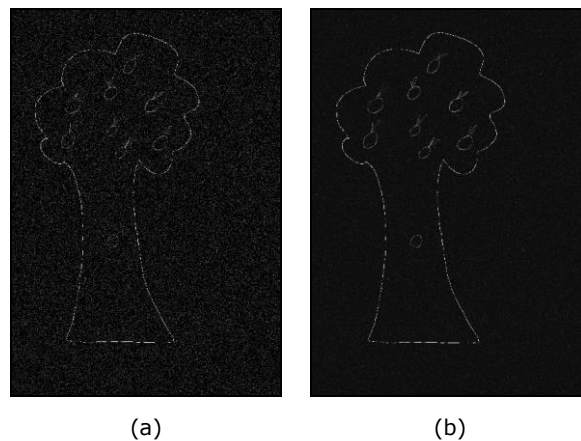


Fig. 4-18. Filtru adaptiv - (a) Imagine cu zgomot Gaussian, (b) Eliminare zgomot cu filtru adaptativ

După cum se poate vedea în figurile 4.16, 4.17 și 4.18, filtrările prezentate nu dau rezultate foarte bune, astfel că s-a ales o altă metodă pentru eliminarea

zgomotului din imaginile digitale. Pe imaginea rezultată în urma scanării s-a aplicat detectorul de muchii Canny, cu un prag de sensibilitate mare, astfel încât să nu se piardă detaliile din desen. Detectorul de muchii returnează o imagine binară de aceeași dimensiune, cu 1 în cazul în care funcția găsește muchie și 0 altfel.

Detectorul Canny este considerat detectorul optim de muchii, iar în filtrarea imaginilor cu copaci am obținut cele mai bune rezultate folosind acest detector de muchii.

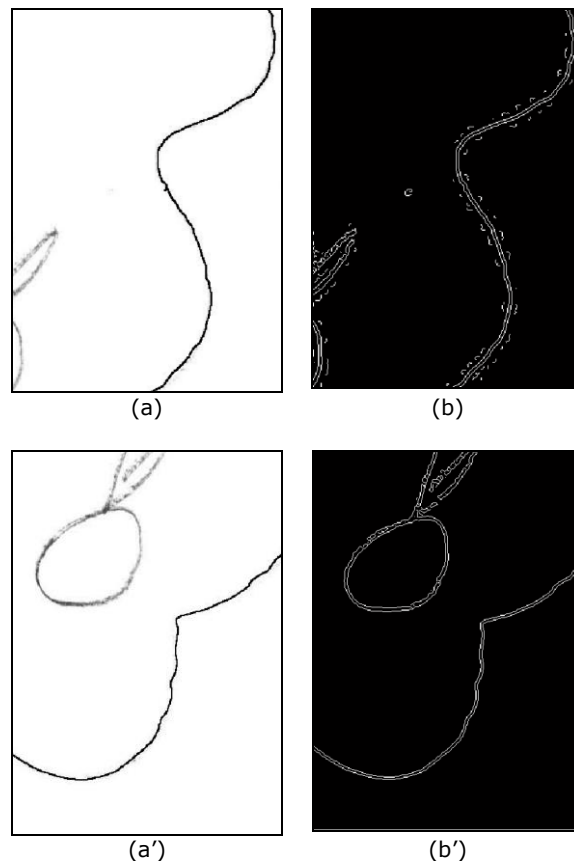


Fig. 4-19. Detectarea muchiiilor folosind detectorul Canny -
(a, a') Imagini de intrare, (b, b') Detectarea muchiiilor

Se poate observa că au fost detectate muchii false generate de zgomotul aflat încă în imagine. Muchiile false sunt izolate sau conectate doar cu câțiva pixeli falși, astfel se vor șterge aceste margini false cu algoritmul descris în cele ce urmează.

În procesarea imaginilor, conectivitatea pixelilor este modul în care fiecare pixel este în legătură cu pixelii din jurul său. Într-o imagine binară, imaginea are valori de 0 și 1, deci reducerea zgomotului în cazul de față se face prin medierea în interiorul vecinătății pixelului procesat [60].

Media valorilor pixelilor vecini înlocuiește fiecare pixel procesat. Acest lucru se poate face în două moduri:

- a. medierea quadro-vecinilor, folosind matricea h_4 din relația (4-1)
 b. medierea octo-vecinilor, folosind matricea h_8 din relația (4-2)

$$h_4 = \frac{1}{5} \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} \quad (4-1)$$

$$h_8 = \frac{1}{9} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \quad (4-2)$$

Matricele cele mai des utilizate sunt matricele de dimensiuni mici, 3x3 sau 5x5, deoarece acestea nu afectează în mare măsură claritatea imaginii, [139]. Expresia matematică generală a unui filtru de mediere descris mai sus este:

$$x(m,n) = \frac{1}{N} \sum_{k \in V} \sum_{l \in V} y(k,l) \quad (4-3)$$

unde $y(k,l)$ și $x(m,n)$ sunt nivelul de gri al pixelului procesat la intrare respectiv la ieșire, iar V este vecinătatea de N pixeli.

În [44] se arată că un pixel $p = f_{x,y}$ are 4 vecini pe orizontală și 4 vecini pe verticală $f_{x-1,y}$, $f_{x+1,y}$, $f_{x,y-1}$, $f_{x,y+1}$. Ei formează vecinătatea $V_4(p)$ a pixelului p și se numesc „4-vecini”. Toți cei 4 vecini sunt situați la distanță de 1 unitate față de pixelul p . Acest pixel p mai are și 4 vecini pe diagonală $f_{x-1,y-1}$, $f_{x+1,y-1}$, $f_{x-1,y+1}$, $f_{x+1,y+1}$, care împreună cu vecinii orizontali și verticali formează vecinătatea $V_8(p)$, desemnată de grupul de pixeli „8-vecini”. Cele două tipuri de vecinătăți se pot vedea în Fig. 4-20.

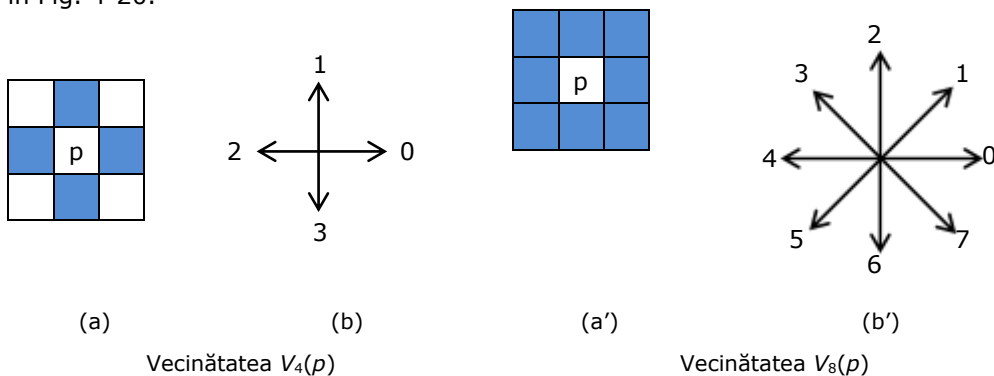


Fig. 4-20. Vecinătățile unui pixel - (a) Vecinătatea de 4, (b) Cele 4 direcții asociate, (a') Vecinătatea de 8, (b') Cele 8 direcții asociate

Pentru eliminarea completă a zgomotului s-a folosit o funcție care detectează obiectele din imagine, având un număr de pixeli conectați mai mare decât un anumit prag. Folosind această funcție, pixelii de pe fundal au fost eliminați

(vezi [110]). Pragul utilizat a fost obținut prin testarea mai multor exemple de valori pentru prag, folosind în final, pragul cel mai optim, astfel încât să nu se piardă informație importantă din imagine.

Filtrele de mediere cu fereastră de dimensiuni uzuale (3x3, 5x5, 7x7) nu reușesc să elimine eficient efectele zgomotului specific imaginilor ce intervin în testul arborelui. Creșterea dimensiunilor ferestrei în raport cu cele menționate, poate conduce la pierderi de rezoluție prea mari, cu influențe semnificative asupra rezultatelor extragerii de caracteristici relevante analizei imaginii. Filtrul median, deși are proprietatea de păstrare a muchiilor și este bazat pe estimare robustă, nu este adecvat, pentru că șterge liniile subțiri, care conțin informația de interes. Filtre mai recent elaborate, precum filtrul bilateral [140], mean shift [24], filtrul cu mediere non-local [14] sau filtrul ghidat [126] sunt, de asemenea, neeficiente. Motivul comun pentru care toate aceste filtre au rezultate dezamăgitoare este acela că sunt bazate doar pe statistici locale ale valorilor imaginii, ignorând intercorelațiile și relațiile de adiacență. Liniile de interes ocupă procentaje mici în ferestrele de filtrare și tind să fie tratate ca zgomot. Metoda de eliminare a efectelor zgomotului propusă în lucrare, exploatează exact aceste informații.

Metoda propusă acționează asupra imaginii obținute după binarizare. Pornind de la observația că, în imaginile binare, liniile conțin succesiuni de pixeli obiect, cu aceeași valoare logică, pe care, pentru conveniență o vom considera 1 logic (true), filtrul propus are la bază comparația între cardinalitatea mulțimii pixelilor interconectați cu pixelul current și un prag de referință.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & f(x, y) = 1 \ \& \ \#V(x, y) > Th \\ 0, & \text{în rest} \end{cases} \quad (4-4)$$

unde $V(x, y)$ este mulțimea pixelilor interconectați cu pixelul $f(x, y)$ și Th este pragul de referință. De remarcat este faptul că filtrul nu are o fereastră de mărime deninită. Subsetul pixelilor de prim plan conectați cu $f(x, y)$, $V(x, y)$ poate fi extras în timp real folosind dilatarea geodezică [145].

Pașii de implementare sunt:

1. segmentarea imaginii binare prin dilatare geodezică,
2. etichetarea pixelilor segmentați cu cardinalitatea segmentului,
3. discriminarea cu prag în imaginea etichetată (rebinarizare).

În Fig. 4-21 se prezintă un exemplu de dilatare geodezică.

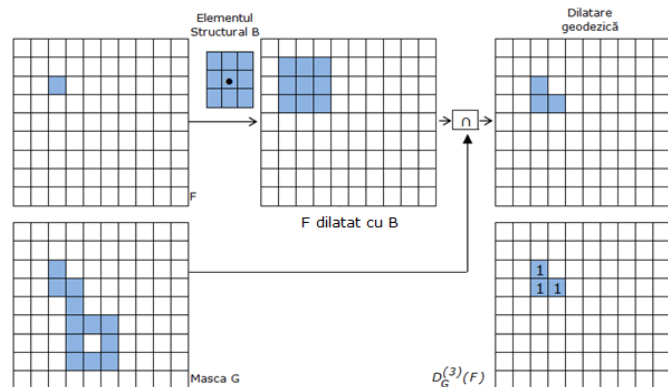


Fig. 4-21. Exemplu de dilatare geodezică

În Fig. 4-22 și Fig. 4-23 sunt prezentate câteva teste pentru găsirea pragului optim în eliminarea zgomotului din imaginile testului psihologic TDT, folosindu-se mai multe valori de prag.

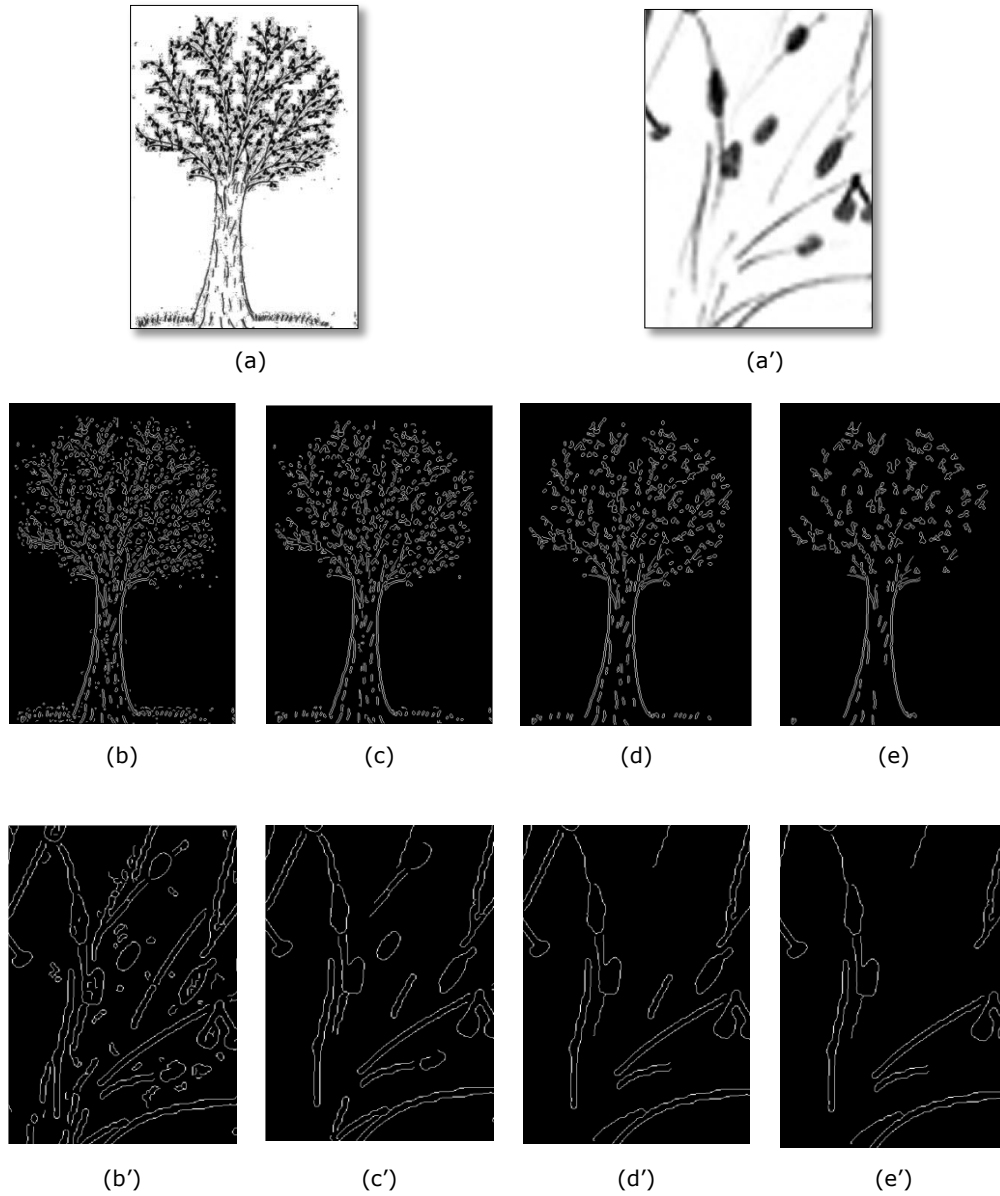


Fig. 4-22. Eliminarea zgomotului folosind conectivitatea pixelilor, cu diferite praguri - (a,a') imagini de intrare, (b,b') prag=30, (c,c') prag=50, (d,d') prag=90, (e,e') prag=150

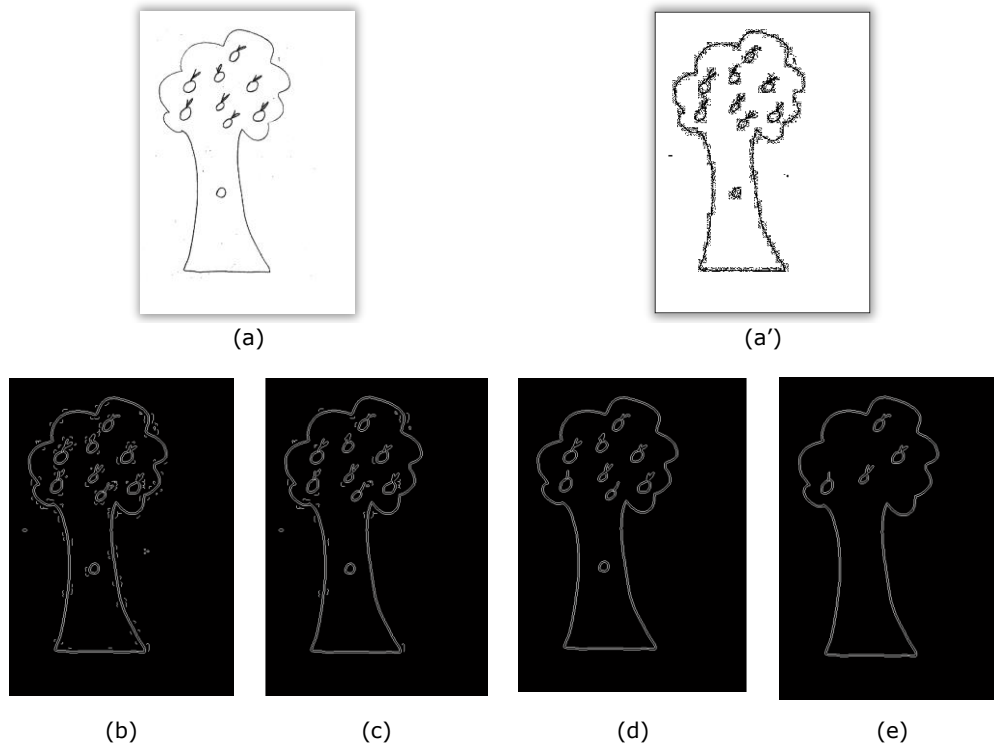


Fig. 4-23. Eliminarea zgomotului folosind conectivitatea pixelilor, cu diferite praguri - (a,a') imagini de intrare, (b) prag=40, (c) prag=70, (d) prag=90, (e) prag=120

Singurul parametru al metodei este pragul de referință. Efectele pragului asupra rezultatelor filtrării sunt exemplificate în Fig. 4-22 și Fig. 4-23. Pragul optim pentru eliminarea zgomotului din imaginile reprezentând TDT este redat în imaginile de la punctul d și d'. La punctele b, b', c, c' se poate observa că pragul este prea mic și rămâne zgomot în imagine, ceea ce ar afecta determinarea dreptunghiului ce încadrează pomul, dreptunghi necesar pentru determinarea poziției copacului în spațiul grafic. În imaginile de la punctele e și e' se vede că pragul este prea mare, astfel că se pierde prea multă informație din obiectul de interes (copacul) din imagine.

4.3.2. Generarea dreptunghiului ce încadrează copacul

După ce imaginea de intrare a fost filtrată adecvat, generarea dreptunghiului ce încadrează desenul (copacul) devine o sarcină ușoară. Dreptunghiul este complet definit de coordonatele extreme pe cele două direcții de referință a imaginii. Pentru a determina aceste coordonate, s-a calculat pe fiecare linie și coloană câte un x_{min} , y_{min} și câte un x_{max} , y_{max} . Se parcurge fiecare linie și coloană a imaginii. Primul pixel diferit de fundal pe linie este x_{min} și primul pixel diferit de fundal pe coloană este y_{min} . Ultimul pixel diferit de fundal, întâlnit pe linie este x_{max} și ultimul pixel diferit de fundal pe coloană este y_{max} .

X_{\min} și X_{\max} pe linie se pot calcula urmând pașii următori:

$$\begin{cases} \min(i) \leftarrow \sigma \\ \text{pentru } i = 1, n \text{ execută} \\ \text{dacă } \min > A_i \Rightarrow \min \leftarrow A_i \end{cases} \quad (4-5)$$

$$\begin{cases} \max(i) \leftarrow 0 \\ \text{pentru } i = 1, n \text{ execută} \\ \text{dacă } \max < A_i \Rightarrow \max \leftarrow A_i \end{cases} \quad (4-6)$$

Y_{\min} și Y_{\max} pe coloană se pot calcula urmând pașii următori:

$$\begin{cases} \min(j) \leftarrow \sigma \\ \text{pentru } j = 1, m \text{ execută} \\ \text{dacă } \min > A_j \Rightarrow \min \leftarrow A_j \end{cases} \quad (4-7)$$

$$\begin{cases} \max(i) \leftarrow 0 \\ \text{pentru } j = 1, m \text{ execută} \\ \text{dacă } \max < A_j \Rightarrow \max \leftarrow A_j \end{cases} \quad (4-8)$$

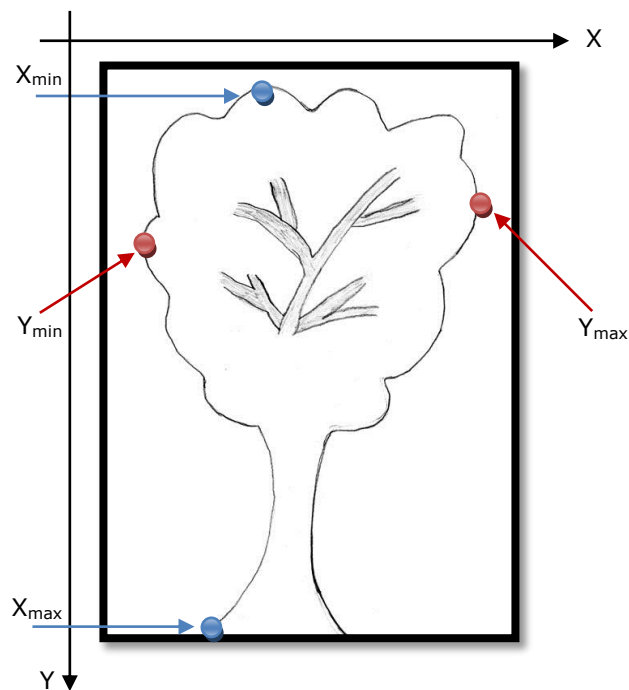


Fig. 4-24. Reprezentarea valorilor X_{\min} , X_{\max} , Y_{\min} , Y_{\max}

După obținerea celor patru coordonate se poate genera cu ușurință dreptunghiul ce încadrează desenul (Fig. 4-25).

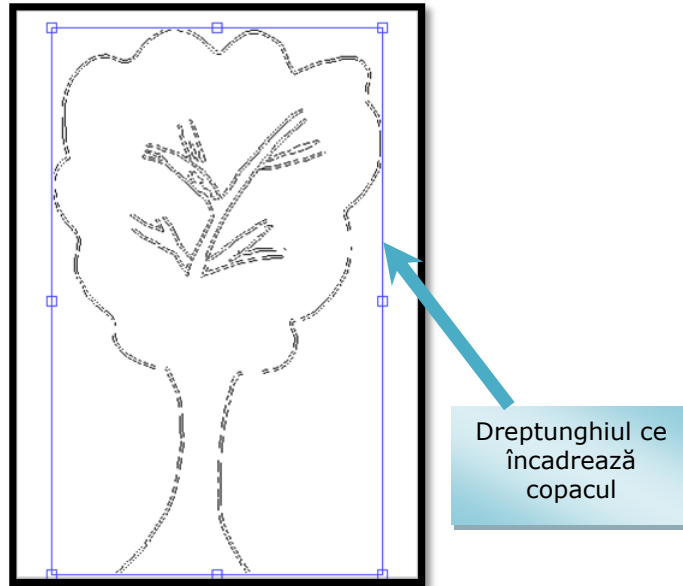


Fig. 4-25. Reprezentarea dreptunghiului ce încadrează copacul

Pentru determinarea poziționării copacului (desenului) în spațiul grafic este necesară determinarea a două caracteristici importante ce sunt prezentate în cele ce urmează, centrul geometric al dreptunghiului ce încadrează copacul - paragraful 4.3.3 și centrul de greutate al spațiului grafic - paragraful 4.3.4.

4.3.3. Determinarea centrului geometric al dreptunghiului ce încadrează copacul

Pentru a determina poziția copacului în spațiul grafic este necesar să se calculeze două puncte $A(X_{cd}, Y_{cd})$ - centrul geometric al dreptunghiului ce încadrează desenul (pomul) și $A(X_{Im}, Y_{Im})$ - centrul foii de desen (spațiul grafic), care vor fi ulterior comparate.

Centrul geometric al dreptunghiului se calculează folosind coordonatele X_1, X_n și Y_1, Y_m ale dreptunghiului și valorile lui $X_{min}, X_{max}, Y_{min}, Y_{max}$ calculate și prezentate anterior. Pe axa OX am calculat valoarea lui X_{cd} (ecuația 4-9), iar pe axa OY am calculat valoarea lui Y_{cd} (ecuația 4-10).

$$X_{cd} = \frac{X_{min} + X_{max}}{2} \quad (4-9)$$

$$Y_{cd} = \frac{Y_{min} + Y_{max}}{2} \quad (4-10)$$

Având aceste valori, se pot determina coordonatele punctului $A(X_{cd}, Y_{cd})$ – coordonate ce reprezintă centrul geometric al dreptunghiului.

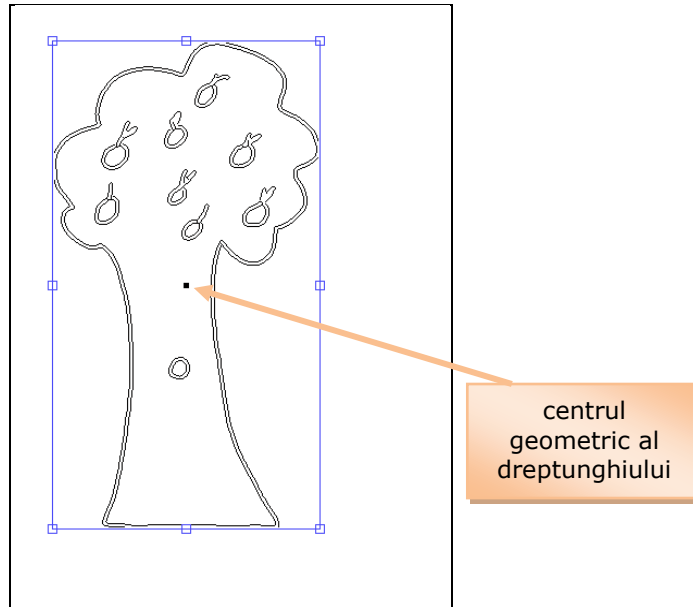


Fig. 4-26. Reprezentarea centrului geometric al dreptunghiului ce încadrează copacul

4.3.4. Determinarea centrului de greutate al spațiului grafic

O altă valoare necesară pentru aflarea poziției copacului în spațiul grafic este centrul de greutate al foii de desen. Cunoscând lățimea și înălțimea unei imagini, centrul imaginii se poate calcula, determinând mijlocul spațiului grafic, X_{IM} pe axa OX și mijlocul foii, Y_{IM} pe axa OY , utilizând formula (4-11).

$$A(X_{Im}, Y_{Im}) = \begin{cases} X_{Im} = \frac{n}{2}, \text{ pe axa } OX \\ Y_{Im} = \frac{m}{2}, \text{ pe axa } OY \end{cases} \quad (4-11)$$

$$\sum_x \sum_y x / N \mid (x, y) \in Fg \quad (4-12)$$

$$\sum_x \sum_y y / N \mid (x, y) \in Fg \quad (4-13)$$

unde x , y sunt coordonatele fiecărui pixel din Foreground – Fg (desen), iar N este numărul de pixeli ai desenului (regiunea de interes).

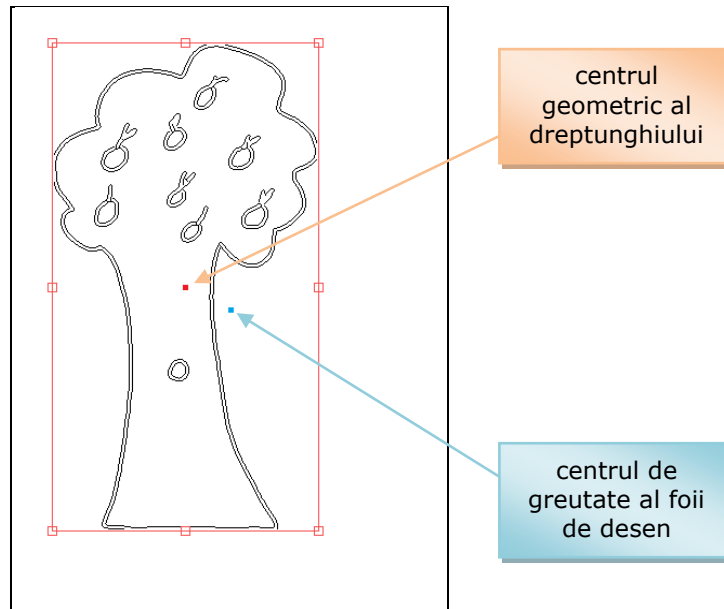


Fig. 4-27. Reprezentarea centrului de greutate al spațiului grafic (foaia de desen reprezentată prin imagine digitală)

4.3.5. Plasarea desenului în pagină (spațiul grafic)

Având calculate cele două puncte, centrul de greutate al foii și centrul geometric al dreptunghiului ce încadrează desenul, se pot găsi anumite caracteristici referitoare la poziția desenului în spațiul grafic, și anume:

- „poziție centrală”,
- „deplasare în sus”,
- „deplasare în jos”,
- „deplasare la dreapta”,
- „deplasare la stânga”,
- „depășirea spațiului grafic” (atunci când coroana copacului iese mult din spațiul grafic în partea de sus a foii).

Caracteristicile de mai sus se găsesc în schema procesului de proiecție, folosind parametrii desenului arborelui și organizarea câmpului grafic din Foaia de protocol prezentată în [118].

Folosind coordonatele celor două centre de greutate, se calculează distanța dif dintre cele două puncte pe orizontală și pe verticală (pe axa OX cât și pe axa OY), utilizând formulele (4-14, 4-15).

$$diff_x = X_{C_{Img}} - X_{cd} \quad (4-14)$$

$$diff_y = Y_{C_{Img}} - Y_{cd} \quad (4-15)$$

unde $X_{C_{img}}$ este centrul de greutate al foii de desen, X_{cd} este centrul geometric al dreptunghiului ce încadrează pomul pe axa OX. $Y_{C_{img}}$ este centrul de greutate al foii de desen, Y_{cd} este centrul geometric al dreptunghiului ce încadrează pomul pe axa OY.

Pentru „poziție centrală” se mai ia în calcul dacă desenul are o distanță de 15% față de marginea de sus și marginea de jos a spațiului grafic.

Pentru a se determina dacă arborele depășește spațiul grafic, s-a calculat diferența dintre max și min pe primele rânduri din partea de sus a imaginii. Dacă diferența este mai mare decât un anumit prag, atunci se ia decizia că desenul depășește spațiul grafic.

Folosind aceste valori și indicațiile primite de la psiholog, s-a putut lua decizia asupra plasării copacului în pagină (spațiul grafic) prezentată în Fig. 4-28.

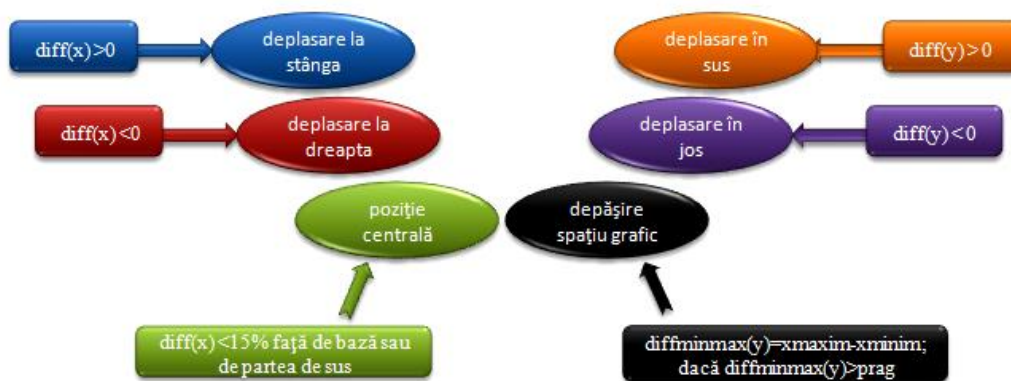


Fig. 4-28. Decizia asupra plasării copacului în pagină (spațiul grafic)

În figurile 4.29 - 4.34 se prezintă câte un exemplu de arbore prelucrat.

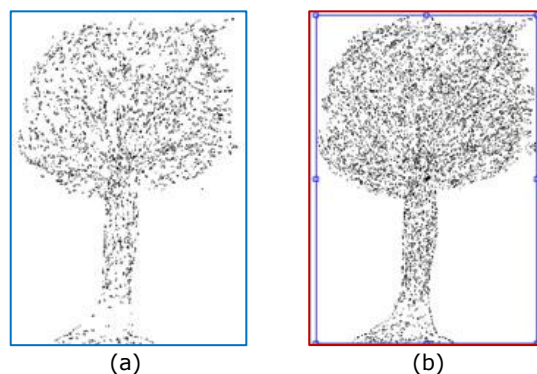


Fig. 4-29. Parametrul Pa al desenului - „Poziție centrală” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată

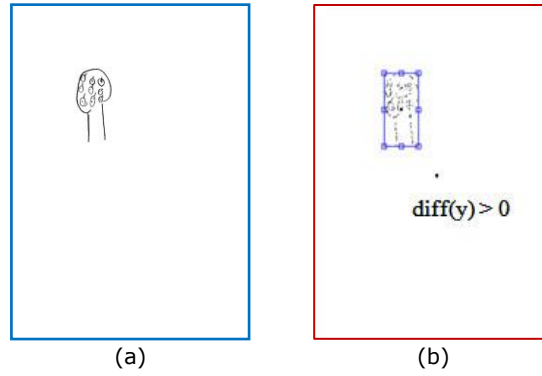


Fig. 4-30. Parametrul P_b al desenului - „Deplasare în sus” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată

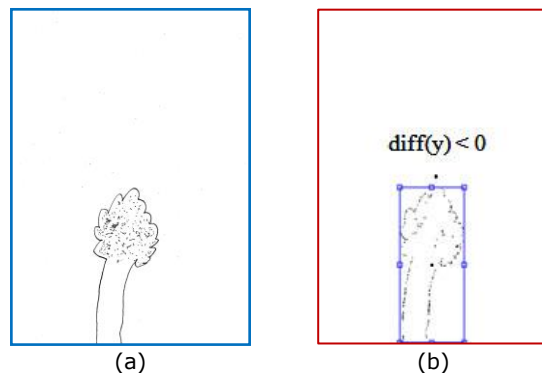


Fig. 4-31. Parametrul P_c al desenului - „Deplasare în jos” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată

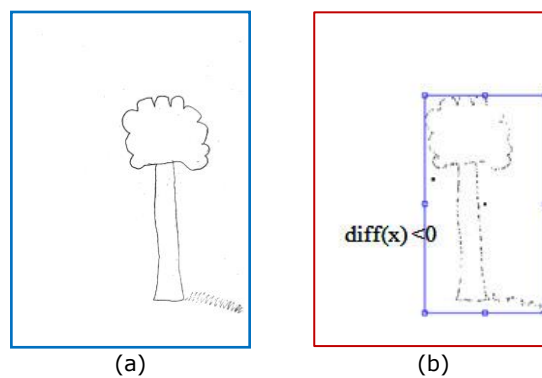


Fig. 4-32. Parametrul P_d al desenului - „Deplasare la dreapta” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată

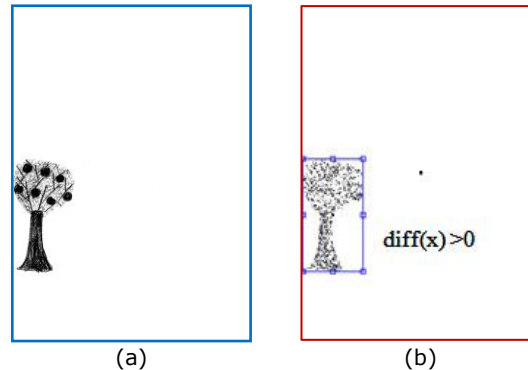


Fig. 4-33. Parametrul Pe al desenului - „Deplasare la stânga” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată

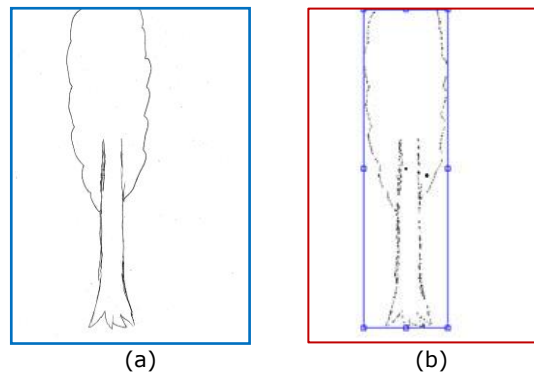


Fig. 4-34. Parametrul Pf al desenului - „Depășirea spațiului grafic” - (a) imagine de intrare, (b) imagine prelucrată

Aceste caracteristici sunt utile în prelucrarea testului TDT, așa cum se arată în [63], [84], în depistarea schizofreniei și a diferitelor tulburări de personalitate. În Fig. 4-29 este prezentată determinarea poziției centrale a copacului, parametru Pa, ce are următoarele semnificații psihologice: bogăție de sentimente, echilibru, stăpânire de sine, rezistență la influențe exterioare. În Fig. 4-30 este prezentată determinarea parametrului Pb - „Deplasare în sus”, ceea ce reprezintă în semnificația psihologică căutare și proiectare spre viitor, exaltare a imaginației, supraestimare. În Fig. 4-31 este prezentată determinarea parametrului Pc - „Deplasare în jos”, parametru ce reflectă un spirit prozaic, cu tendințe practice, frecvența lor fiind mai mare la copiii de până la 10 ani, apoi scade, echivalând cu expansiunea eului. În Fig. 4-32 este prezentat parametru Pd - „Deplasare la dreapta”, care denotă înclinație spre anturaj, sentimentalism, spirit pasional. Fig. 4-33 prezintă parametrul Pe - „Deplasare la stânga”, care în interpretarea psihologică ne conduce către dificultăți de adaptare, conflicte afective recente sau mai vechi. Fig. 4-34 reprezintă parametrul Pf - „Depășirea spațiului grafic” ceea ce în psihologie înseamnă aspirații înalte, expansivitate, megalomanie. Vezi [118].

Toate aceste caracteristici psihologice sunt mult mai ușor de urmărit odată cu obținerea lor prin evaluarea asistată de calculator folosind tehnici de prelucrare a imaginilor.

4.4. Fișierul de date cu indicii de apreciere ai desenului, parametrii de interpretare și semnificația psihologică

După ce s-au obținut caracteristicile prezentate în paragraful 4.3, s-a afișat indicii de apreciere al desenului (P - Plasarea desenului în pagină), parametrii de interpretare (a. Poziționare centrală, b. Deplasare în sus, c. Deplasare în jos, d. Deplasare la dreapta, e. deplasare la stânga și f. Depășirea spațiului grafic) și semnificația psihologică din Foaia de protocol descrisă în [118]. Alături de datele despre imaginea de intrare din baza de date cu imagini, aceste caracteristici au fost introduse într-un fișier text denumit "date.txt", prezentat în Fig. 4-35, pentru a compara rezultatele obținute prin evaluarea automată cu datele furnizate de către psiholog.

Acest fișier de date este un instrument de mare ajutor pentru psiholog, deoarece acesta găsește aici atât informația despre parametrii prelucrați în imagine, cât și semnificația psihologică. Având aceste informații afișate la fiecare parametru, psihologul va putea compara rezultatele mult mai ușor și poate vedea mult mai repede care sunt trăsăturile comune în parametrii de proiecție precum și a altor parametri care se pot calcula prin evaluarea automată a testului psihologic TDT.

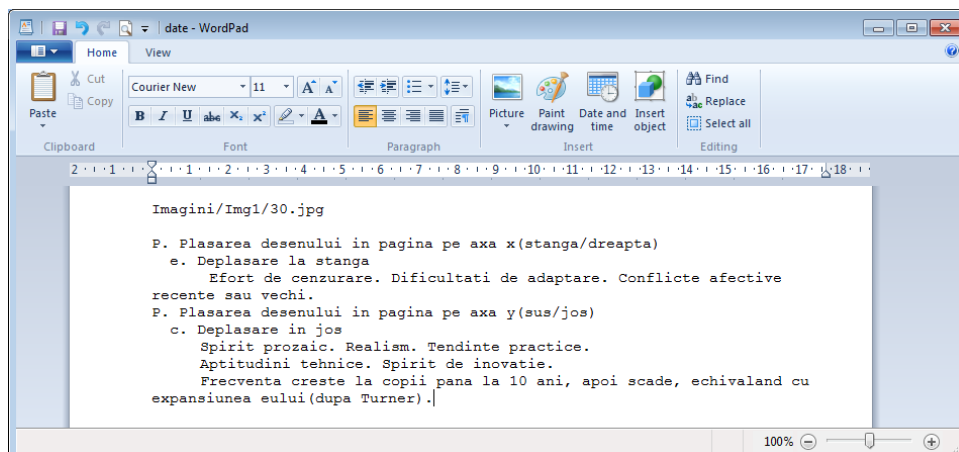


Fig. 4-35. Fișierul text cu parametrii desenului și semnificația psihologică preluată din Foaia de protocol prezentată în [118]

4.5. Determinarea mărimii desenului în imaginile testului TDT

Mărimea desenului (înălțimea arborelui - H_A) este un indice pentru aprecierea maturității psihice. În studiul [13] se compară desenele unor adolescenți cu deficiență mintală cu desenele unor adolescenți cu intelect normal, scoțându-se în evidență anumite trăsături de personalitate întâlnite la aceste categorii de adolescenți. Adolescenții au fost împărțiți în trei grupe (A – adolescenți cu deficiență mintală, B – adolescenți cu intelect normal, C – copii și adolescenți cu intelect normal dar cu vârsta mintală situată între limitele vârstelor mintale ale adolescenților din grupa A). La analizarea testelor s-a ținut cont de caracteristici ale analizei globale a desenelor precum și de analiza părților componente ale desenului.

În ce privește mărimea desenului, mărimile copacului au fost codificate astfel: mic, subdimensionat=1, mediu, normal=2, mare, supradimensionat=3, depășire spațiu grafic=4. Rezultatele găsite au arătat că foarte mulți tineri din grupa A au desenat copaci subdimensionați, ceea ce denotă faptul că acești tineri dau dovadă de imaturitate psihică. Un număr mare de copii din grupa C, cu vârste de până la 12 ani, au desenat arbori supradimensionați datorat faptului că până la această vârstă acest lucru corespunde cu stadiul eu-lui. Dintre tinerii cu deficiență mintală, un număr foarte mic de desene au fost de tipul 4, caracteristică ce indică expansivitate, aspirații înalte, pe când desenele tinerilor cu intelect normal au fost în număr mult mai mare.

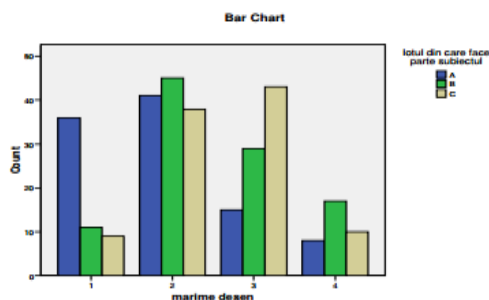


Fig. 4-36. Distribuția mărimii desenului [13]

Pornind de la [13] și [118] s-a considerat că mărimea desenului (înălțimea arborelui - H_A) este un indice relevant și în evaluarea psihologică a testului TDT, aplicat la copiii de vârstă școlară mică, deoarece poate indica stări ale maturității psihice, caracteristică importantă în psihologia școlară și educațională. Înălțimea arborelui este calculată utilizând formula 4-16.

$$H_A = H_R + H_T + H_C \quad (4-16)$$

unde H_R reprezintă înălțimea rădăcinii, H_T - înălțimea trunchiului și H_C - înălțimea coroanei.

Parametrii arborelui în normalitate sunt prezentați pe nivele de vârstă în Tabel 1. Desenele realizate în cadrul prezentei teze de doctorat, au fost preluate de la copiii cu vârsta școlară mică, deci s-au luat în considerare pragurile de discriminare $H_{TN} = 10.4$ cm și $H_{CN} = 10$ cm, conform [118].

Tabel 1. Parametrii arborelui în normalitate

Vârsta	H_T	H_C
Preșcolaritate (6-7 ani)	21.5	10
Vârsta școlară mică (8-14 ani)	10.4	10
Vârsta școlară mare (14-15 ani)	6.7	10

La desenele elevilor cu vârsta școlară mică s-a observat că majoritatea arborilor nu au rădăcină, deci acest aspect este irelevant analizei testului la această grupă de vârstă, astfel s-au luat în calcul doar cele două valori prezentate în tabel, suma cărora reprezintă chiar înălțimea dreptunghiului ce încadrează copacul

(paragraful 4.3.2). S-a comparat înălțimea copacului determinată din coordonatele dreptunghiului ce încadrează copacul, cu înălțimea imaginii.

Știind că 20.4 cm reprezintă cam 70% din înălțimea foii (A4 cu H=29.7 cm), s-a determinat mărimea desenului, astfel:

- Mărime normală (echilibrată) - Ma,
- Desen (arbore) supradimensionat - Mb,
- Desen (arbore) subdimensionat - Mc.

Valoarea pentru un copac normal C_N , se poate calcula folosind ecuația 4-17, iar valoarea pentru un copac supradimensionat C_{suprad} se poate calcula utilizând ecuația 4-18, ținând cont de spațiul de 15% dintre marginea spațiului grafic și desenul arborelui.

$$C_N = 70\% * H_{Img} \quad (4-17)$$

$$C_{suprad} = 85\% * H_{Img} \quad (4-18)$$

Analizând criteriile utilizate în practica evaluării testelor de către psihologi, prin metoda tradițională, s-a stabilit că mărimea unui copac poate fi clasificată conform relației 4-19.

$$MC = \begin{cases} M_N, & \text{dacă } H_A > C_N \text{ și } H_A < C_{suprad} \\ Des_{suprad}, & \text{dacă } H_A < C_{suprad} \\ Des_{subd}, & \text{altfel} \end{cases} \quad (4-19)$$

unde MC=Mărime Copac, M_N =Mărime normală, H_A =înălțimea arborelui.

În figurile următoare se prezintă exemple de copaci cu mărime normală – Ma (Fig. 4-37), exemple de desen (arbore) supradimensionat – Mb (Fig. 4-38) și exemple de desen (arbore) subdimensionat – Mc (Fig. 4-39).

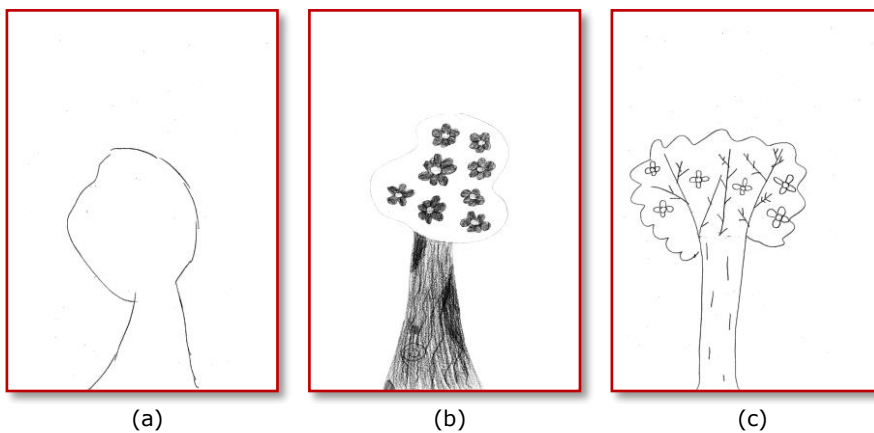


Fig. 4-37. Desene cu mărime normală - Ma

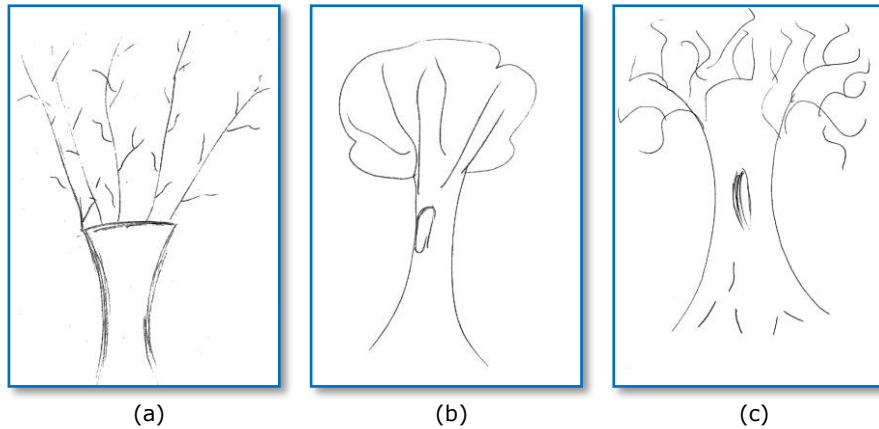


Fig. 4-38. Desen (arbore) supradimensionat - Mb

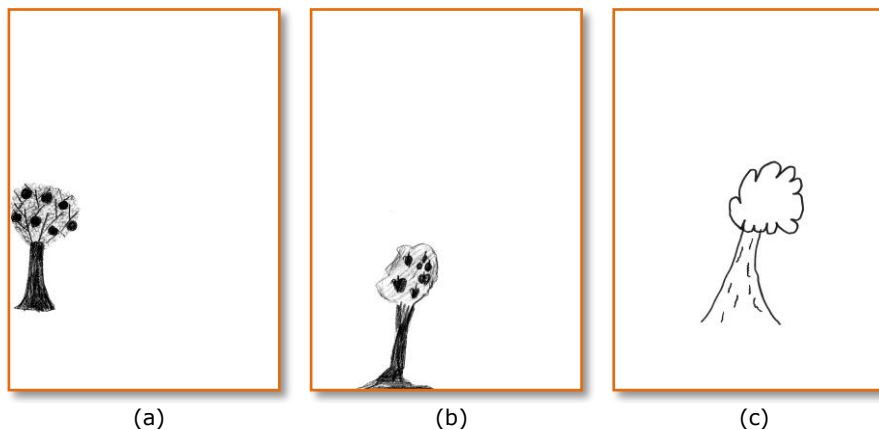


Fig. 4-39. Desen (arbore) subdimensionat - Mc

Împreună cu poziționarea desenului în spațiul grafic, mărimea copacului este un indice de apreciere studiat în [58], [70] și [84].

4.6. Determinarea poziției bazei trunchiului în raport cu marginea foii

Aplicând Testul Arborelui unei persoane, conform studiului [28], se poate găsi o anumită caracteristică ce indică o anumită lipsă de afectivitate sau o dezvoltare intelectuală redusă, și anume atunci când în desen baza trunchiului copacului este așezată pe baza foii de desen.

În [66] se spune că în general, copiii simt nevoia de a pune arborele pe o bază. La vârstele mici, copiii rareori trasează linia solului, astfel că baza foii devine baza trunchiului. După acest indiciu se poate realiza ușor distincția între un copil normal și un copil cu probleme psihice, deoarece un copil normal începe să simtă

linia solului cam după 11 ani, pe când un copil cu probleme psihice (debil) poate ajunge la această performanță abia pe la 17 ani.

Dacă baza trunchiului este așezată pe marginea foii este vizibil și cu ochiul liber, dar se poate foarte ușor calcula și în algoritmul de evaluare automată a TDT. La desenele cu arbori fără rădăcină, acest lucru a fost realizat prin calcularea sumei pixelilor diferiți de fundal pe ultimele rânduri din imagine (ecuația 4-20). Dacă valoarea sumei este mai mare ca zero rezultă că trunchiul pornește de pe margine foii și acest lucru este specificat în fișierul „date.txt”, fișier cu rezultatele evaluării automate prezentat în paragraful 4.4.

$$N = \sum_{i=m-\sigma}^m \sum_{j=1}^n A_{i,j} \quad (4-20)$$

unde m este înălțimea imaginii, σ este numărul de linii luat în considerare pentru baza foii de desen, iar n este lățimea imaginii.

În Fig. 4-40 se pot vedea rezultate ale evaluării automate a testului psihologic TDT și afișarea parametrilor de interpretare dacă rezultatul este pozitiv. (exemplu de copac cu baza trunchiului așezată pe baza foii de desen și exemplul de copac care nu are baza trunchiului pe marginea spațiului grafic)

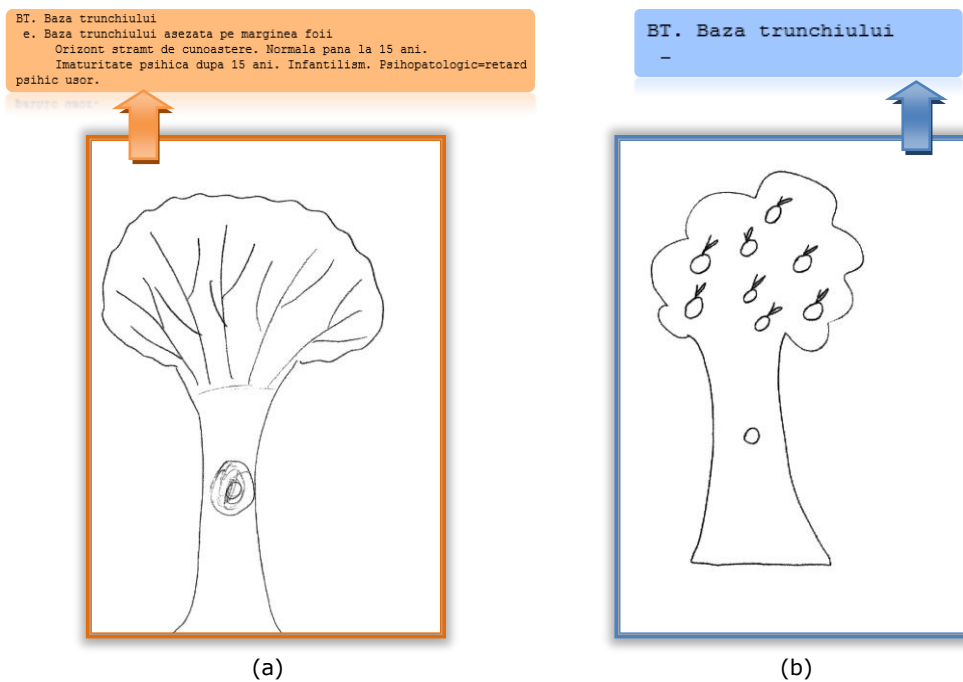


Fig. 4-40. Reprezentare copaci cu baza trunchiului așezată pe marginea spațiului grafic

4.7. Resegmentarea și încadrarea trunchiului

În general, segmentarea unei imagini urmărește extragerea, recunoașterea sau identificarea unui obiect anume dintr-o imagine. Scopul segmentării este de a reprezenta semnificațiile zonei de interes într-o formă care poate fi mai ușor de analizat. O imagine a testului TDT trebuie analizată din punct de vedere morfologic (calitate și detalii - Fig. 4-41) și structural (parametri măsurabili - Fig. 4-42).

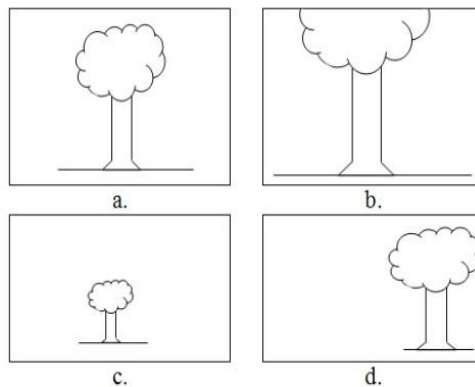


Fig. 4-41. Mărimea și poziția copacului în raport cu spațiul grafic –
a. Desen normal, b. Copac supradimensional și cu coroana ce iese
din spațiul grafic, c. Copac subdimensionat, d. Copac aflat în
dreapta spațiului de desen

În [63] sunt prezentate principalele caracteristici măsurabile pentru analiza structurală a unui copac, caracteristici redată în Fig. 4-42.

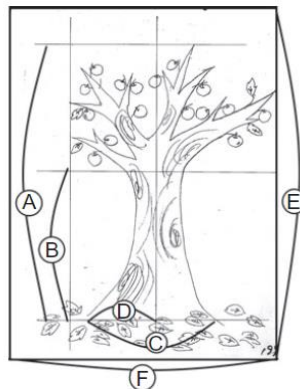


Fig. 4-42. Principalele caracteristici măsurabile în analiza
structurală a unui copac [63]

Caracteristicile măsurabile în analiza structurală a unui copac sunt: raportul trunchi-coroană (B / A), raportul dintre partea stângă și partea dreaptă (D / C), dimensiunea arborelui în raport cu spațiul grafic al desenului ($A * C / E * F$).

Pentru determinarea unei caracteristici importante din analiza psihologică a testului TDT, *direcția trunchiului*, este necesară segmentarea acestuia. Datorită faptului că trunchiul poate intra în coroană și nu este format doar din linii drepte, segmentarea se va face manual, deoarece este mai precisă decât segmentarea automată pentru evaluarea psihologică și extragerea caracteristicilor de interes. Această segmentare manuală este folosită pentru a crea unele segmente de referință utile în evaluarea tehnicilor de segmentare automate sau semi-automate, tehnici care se pot dezvolta ulterior (vezi [32]).

Utilizând această tehnică de segmentare manuală pe desenul din testul TDT, rezultă o zonă de interes (ROI) în care se poate extrage caracteristica denumită *direcția trunchiului*, semnificația „DT” din componentele arborelui din Foaia de protocol [118].

Utilizând algoritmul de segmentare manuală prezentat în [1], s-a obținut o imagine $I[\min, \max]$. Zona de interes se obține prin selectarea trunchiului cu mouse-ul în imaginea originală, ce va fi apoi segmentat și afișat în imaginea decupată (Fig. 4-43).

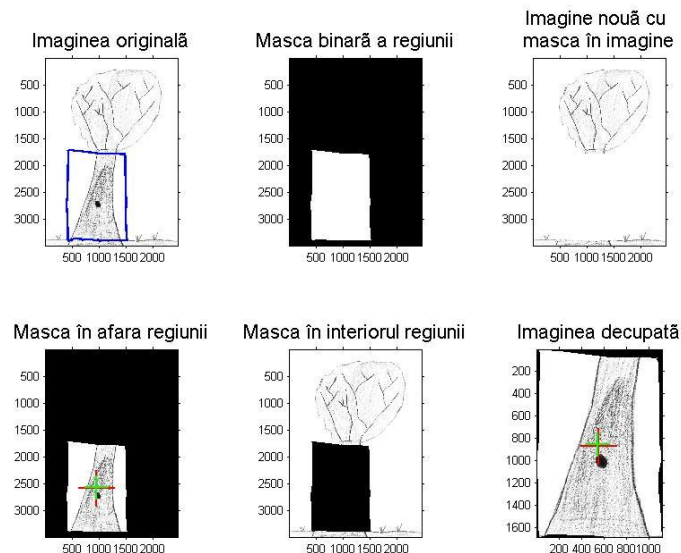


Fig. 4-43. Segmentarea manuală a unei zone de interes

Această metodă nu este însă foarte precisă, deoarece la decuparea cu mouse-ul a zonei de interes este foarte greu să se obțină linii drepte, după cum se vede și în Fig. 4-43.

În metoda propusă de autoare se determină x_{\min} , x_{\max} , y_{\min} și y_{\max} a dreptunghiului de încadrare, valori necesare pentru a se obține trunchiul copacului segmentat (Fig. 4-44.c).

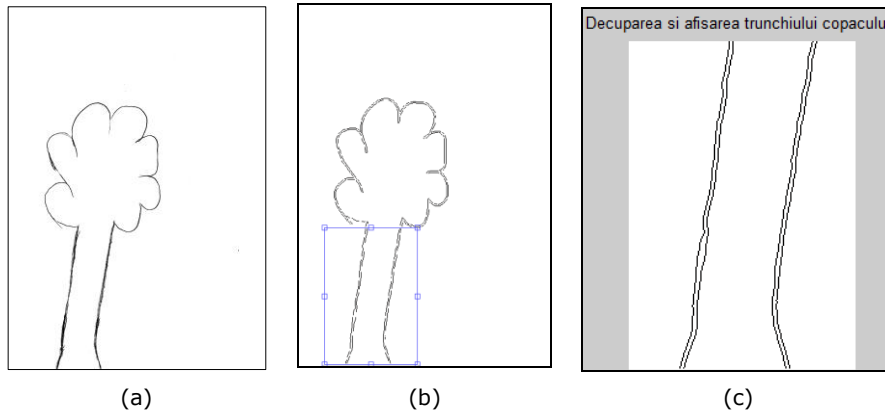


Fig. 4-44. Segmentarea manuală a trunchiului - (a) imaginea originală, (b) conturul obținut prin segmentare manuală, (c) imaginea segmentată

Având dreptunghiul cu zona de interes ce reprezintă trunchiul copacului, se poate calcula foarte ușor înălțimea trunchiului - H_T , știind coordonatele Y_{min} și Y_{max} prezentate în Fig. 4-45.

$$H_T = Y_{max} - Y_{min} \quad (4-21)$$

Această valoare este reprezentată în număr de pixeli, însă dacă se dorește calcularea înălțimii trunchiului în cm, se poate calcula ușor acest lucru, știind că înălțimea în pixeli a imaginii reprezintă 29,7 cm, deoarece imaginea originală a fost scanată A4. La imaginea originală prezentată în Fig. 4-44.a, înălțimea imaginii are o valoare de 3484 de pixeli, echivalentul lui 29,7 cm. De aici rezultă că H_T care are o înălțime în pixeli de 1587, ceea ce reprezintă 13,53 cm.

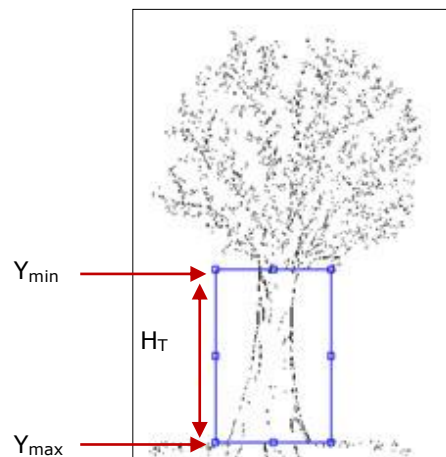


Fig. 4-45. Reprezentarea înălțimii copacului

Bazându-ne pe această caracteristică, se pot calcula ulterior alți parametri măsurabili și raporturile dintre aceștia, cum ar fi: $H_T < H_C$, $H_T < H_C/2$, $H_T > H_C$, $H_T = H_C$, fiecare dintre acești parametrii având o anumită semnificație psihologică. Aceste valori sunt mult mai ușor de calculat printr-o evaluare automată decât cu ochiul liber sau măsurând cu un liniar pe desenele TDT, așa cum ar face un evaluator psihologic uman.

4.8. Determinarea direcției trunchiului copacului în testul TDT folosind mediana pantelor

După ce trunchiul a fost segmentat prin determinarea manuală a dreptunghiului care reprezintă zona de interes și s-a găsit x_{min} (primul pixel diferit de fundal) și x_{max} (ultimul pixel diferit de fundal), pe fiecare linie, s-a putut determina axa de simetrie a dreptunghiului, reprezentată prin punctele ce reprezintă mijlocul M_L dintre x_{min} și x_{max} , pe fiecare linie din zona de interes. Acest punct poate fi calculat utilizând formula 4-22.

$$M_L = \frac{x_{max} - x_{min}}{2} \quad (4-22)$$

Pentru a evidenția punctele ce reprezintă mijlocul dintre x_{max} - x_{min} pe fiecare linie, pixelii ce aparțin trunchiului cu valoare 1 (de culoarea neagră) au fost schimbați cu un prag de referință (gri). (vezi. Fig. 4-46.c)

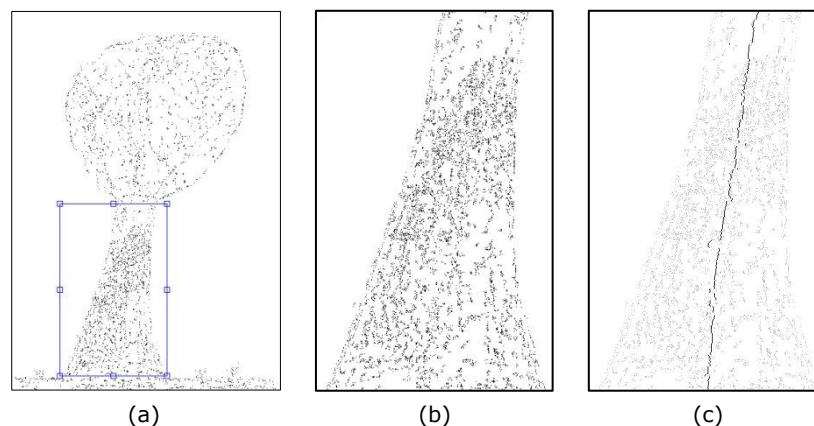


Fig. 4-46. Axa de simetrie a dreptunghiului ce reprezintă zona de interes în segmentarea trunchiului

După prelucrarea imaginii se observă că apar linii întrerupte, datorate operațiilor de filtrare și curățare a zgomotului (vezi Fig. 4-47). Acestea sunt prezente și în axa de simetrie a trunchiului, iar datele eronate vor afecta și estimarea setului de date ce reprezintă punctele de mijloc ale fiecărei linii, M_L . Pentru a obține un rezultat optim, a fost necesar să fie găsită cea mai bună metodă de a calcula panta de înclinare a trunchiului copacului.

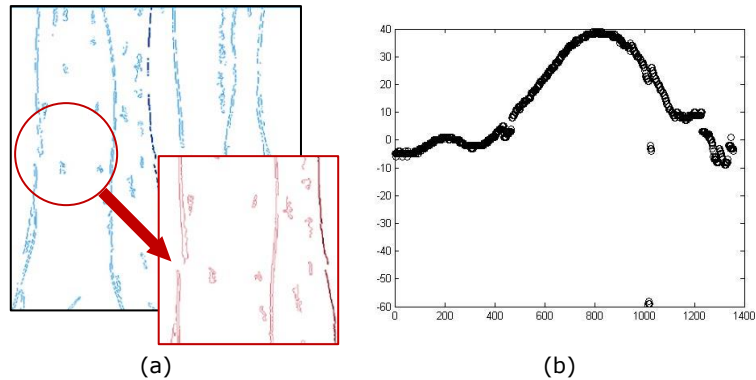


Fig. 4-47. Reprezentare unei linii întrerupte și diagrama împrăștierii punctelor ce reprezintă ML pe fiecare linie din trunchiul segmentat

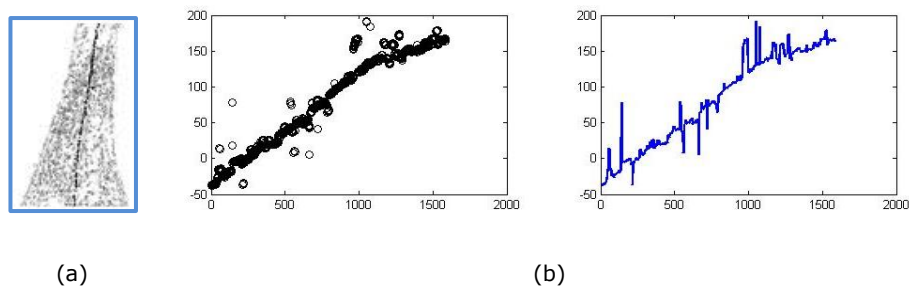


Fig. 4-48. Diagrama împrăștierii punctelor ce reprezintă ML pe fiecare linie din trunchiul segmentat

Pentru a determina direcția trunchiului, se iau în considerare trei parametri de interpretare, ca: „înclinare spre stânga”, „înclinare spre dreapta” și „neînclinare”. Pentru a calcula panta de înclinație, s-a folosit regresia liniară. Pentru a calcula panta axei de simetrie a dreptunghiului (trunchiului) s-a folosit mediana pantelor (s-a împărțit axa de simetrie în x segmente și s-a calculat panta pe fiecare segment, apoi s-a aplicat mediana) în locul mediei, deoarece mediana este un estimator robust inspirat din metoda de estimare robustă RANSAC (RANdom Samples Consensus), dezvoltat de Fischler și Bolles, [34]. Prin utilizarea medianei, lipsa unor părți din axa de simetrie nu influențează rezultatul final.

Pentru a calcula panta, s-a considerat o subeșantionare deterministă a spațiului soluțiilor, ilustrată în Fig. 4-49.

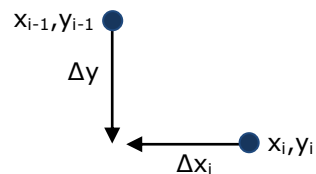


Fig. 4-49. Subeșantionarea spațiului soluțiilor

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y \quad (4-23)$$

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x_i \quad (4-24)$$

Punctele suport sunt selectate după coordonata y , decalată conform ecuației (4-25).

$$\Delta y = \frac{H}{10} \quad (4-25)$$

unde h este înălțimea trunchiului. Pentru fiecare punct nou, se calculează decalajul Δx_i și panta m_i , reprezentând tangenta unghiului cu axa verticală.

$$m_i = \frac{\Delta x_i}{\Delta y} \quad (4-26)$$

Avantajul definiției din (4-26) este că implică împărțirea cu o constantă ($\Delta y = \text{constantă}$) și se evită împărțirea cu zero aferentă definiției alternative ($\Delta y / \Delta x_i$). Pentru setul de date care reprezintă punctele m_i , panta este

$$p = \text{mediana}(m_i) \quad (4-27)$$

Pentru a afla în grade punctul de înclinare, se utilizează formula (4-28).

$$p_{gr} = \arctg \frac{1}{p} \quad (4-28)$$

Aceste valori sunt utile pentru clasificarea direcției trunchiului. Problema este să se stabilească intervalele de valori ale acestor pante, corespunzătoare claselor folosite de evaluarea psihologului. Trunchiul se împarte în trei părți, pentru fiecare aceeași procedură, apoi se clasifică astfel: „înclinare spre stânga”, „înclinare spre dreapta” și „neînclinat”. O problemă importantă este determinarea optimă a celor două praguri necesare, prin procedura de învățare, supervizată, în urma căreia se minimizează procentul de clasificare eronată, pe exemplele clasificate vizual de psiholog (Fig. 4-50).

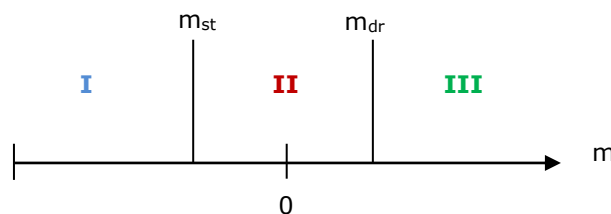


Fig. 4-50. Clasificarea direcției trunchiului

$$clasa = \begin{cases} I, & m < m_{st} \\ II, & m_{st} \leq m \leq m_{dr} \\ III, & m > m_{dr} \end{cases} \quad (4-29)$$

Având calculate valorile reprezentative pentru direcția trunchiului, se poate determina înclinația trunchiului pe imaginile testului TDT. Găsind parametrii DTa – *Direcția trunchiului, înclinare spre stânga* și DTb – *Direcția trunchiului, înclinare spre dreapta* din Foaia de protocol [118], se pot afișa în fișierul cu date, semnificația psihologică și psihanalitică reprezentativă pentru aceștia, iar la parametrul din clasa III, neînclinat, se afișează „-”. În Fig. 4-51, 4-52, 4-53 se pot vedea imagini reprezentative celor trei clase specifice înclinării trunchiului. Pentru o vizualizare mai bună, imaginile au fost pre-prelucrate.

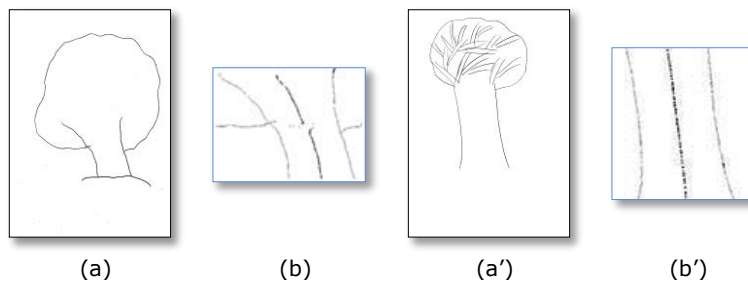


Fig. 4-51. Direcția trunchiului – (a, a') imagini originale, (b, b') Înclinare la stânga (pantă cu valori negative)

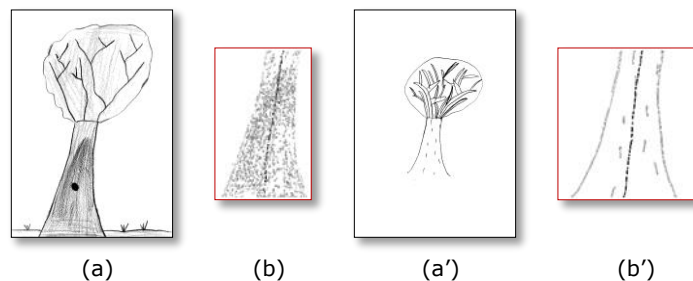


Fig. 4-52. Direcția trunchiului – (a, a') imagini originale, (b, b') Înclinare la dreapta (pantă cu valori pozitive)

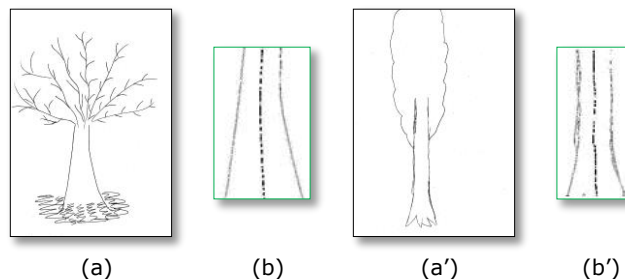


Fig. 4-53. Direcția trunchiului – (a, a') imagini originale, (b, b') Trunchi neînclinat

După compararea rezultatelor obținute în urma evaluării automate cu rezultatele evaluării de către psiholog, privind direcția trunchiului, s-au găsit diferențe de evaluare datorate unor trunchiuri ce conțin oscilații de înclinare. Unele desene prezintă trunchiuri care au la bază înclinare stânga, de exemplu, iar către partea de sus prezintă înclinare dreapta (vezi Fig. 4-54). Pentru o mai bună evaluare, s-a îmbunătățit metoda de detecție a înclinării, prin determinarea unor caracteristici complementare pantei de înclinație.

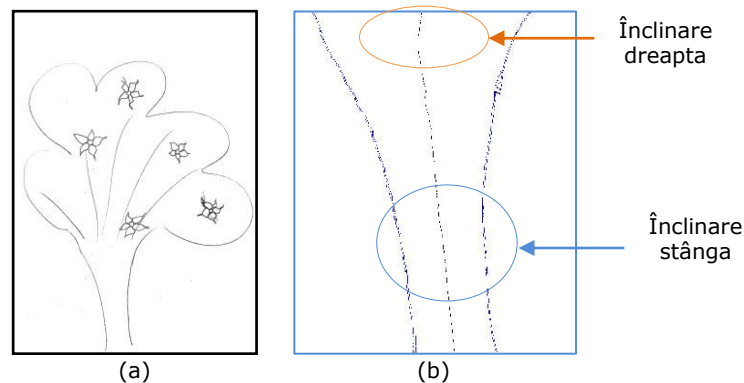


Fig. 4-54. Oscilație de direcție a trunchiului unui arbore

La evaluarea automată a trunchiului din Fig. 4-54 privind direcția acestuia, prin calcularea pantei, rezultă că trunchiul este înclinat la stânga, însă după compararea rezultatelor testului automat cu rezultatele interpretării psihologului, s-a ajuns la concluzia că trunchiurile care prezintă oscilații de direcție, nu sunt înclinate, chiar dacă predomină o anumită valoare de înclinație.

Pentru o clasificare corectă, complementar cu aprecierea pantei, s-au determinat coordonatele ce reprezintă mijlocul trunchiului, după care, din aceste puncte, s-au trasat perpendicularele în partea de sus și în partea de jos (vezi Fig. 4-55). Coordonatele ce reprezintă mijlocul trunchiului sunt reprezentate de punctele A și B. Punctele care reprezintă coordonatele punctului de întâlnire a perpendicularelor cu baza de sus a trunchiului sunt A' și B' și punctele care reprezintă coordonatele punctului de întâlnire a perpendicularelor cu baza de jos sunt A'' și B''. Punctele ce reprezintă coordonatele punctelor x_{\min} și x_{\max} la baza de sus a trunchiului sunt C și D, iar punctele ce reprezintă coordonatele punctelor x_{\min} și x_{\max} la baza de jos a trunchiului sunt E și F.

Având aceste coordonate, se pot calcula diferențele A'-C, B'-D, A''-E și B''-F. Dacă diferențele din partea de sus a trunchiului sunt pozitive, iar diferențele din partea de jos a trunchiului sunt negative, rezultă că direcția trunchiului este reprezentată de Dta - „înclinare spre stânga”.

Dacă diferențele din partea de sus a trunchiului sunt negative, iar diferențele din partea de jos a trunchiului sunt pozitive, rezultă că direcția trunchiului este reprezentată „înclinare spre dreapta”.

Dacă în partea de sus sau în partea de jos a trunchiului, diferențele nu sunt la fel, adică pozitive sau negative, rezultă că trunchiul este neînclinat.

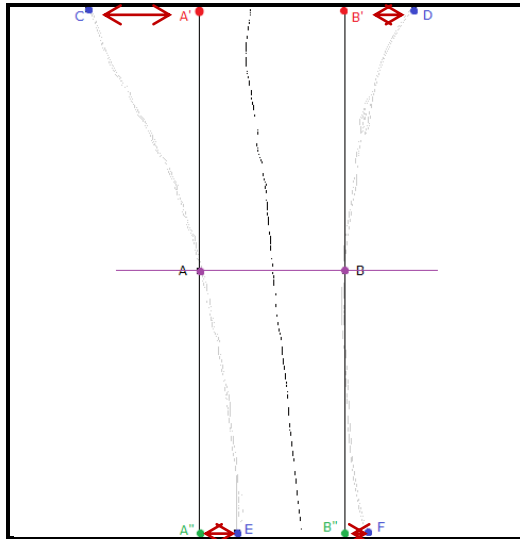


Fig. 4-55. Coordonatele ce reprezintă mijlocul trunchiului, coordonatele punctului de întâlnire a perpendicularelor cu baza de sus și baza de jos a trunchiului, coordonatele punctelor x_{min} și x_{max} pe liniile ce reprezintă baza de sus și baza de jos a trunchiului

În desenul din Fig. 4-55, indicele de apreciere a direcției trunchiului este „neînclinat”, deoarece diferența $A'-C$ este pozitivă, iar diferența $B'-D$ este negativă. Chiar dacă la baza trunchiului, diferențele $A''-E$ și $B''-F$ sunt pozitive, trunchiul este „neînclinat”, neîndeplinindu-se condiția ca ambele diferențe de sus și ambele diferențe de jos să fie pozitive sau negative. După testarea metodei îmbunătățite, rezultatele evaluării automate privind direcția trunchiului au fost mai bune.

4.9. Segmentarea copacului din imaginile testului TDT

Segmentarea este unul din cei mai importanși pași în prelucrarea unei imagini. Segmentarea imaginilor se referă la partiționarea unei imagini în diferite componente ale sale. În urma procesului de segmentare vor fi extrase din imagine obiecte distincte, regiuni ce satisfac anumite criterii de uniformitate sau alte elemente. Există o gamă largă de metode automate de segmentare a unui obiect din fundal (vezi [136], [146]), dar copacii desenați pentru TDT au nevoie de tehnici speciale de segmentare.

Pentru a ilustra conceptul de segmentare în imagini preluate din testul psihologic - Testul arborelui - s-a realizat un algoritm care prelucrează imagini binare. Aplicația de segmentare a copacilor cuprinde următoarele etape:

- Achiziția imaginilor;
- Pre-prelucrare;
- Suma pixelilor pe fiecare linie, valoarea de maxim și minim;
- Determinarea profilului;
- Segmentarea profilului.

Schema bloc a aplicației realizate pentru segmentarea unei imagini ce conține un arbore desenat în cadrul unui test psihologic este descrisă în Fig. 4-56.

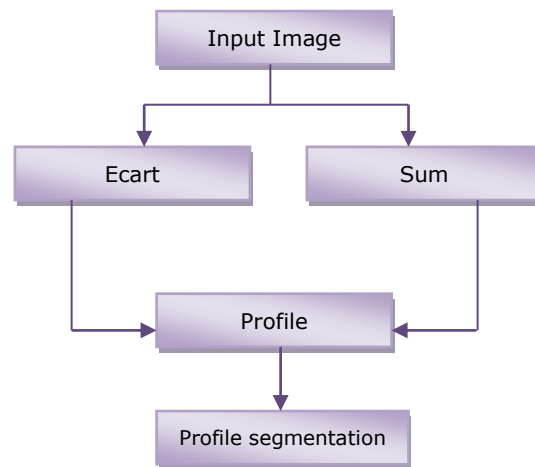


Fig. 4-56. Schema bloc pentru segmentarea profilului

După achiziția imaginii se trece la pre-pelucrarea acesteia pentru a curăța imaginea de zgomotul apărut la scanare, [108], [109]. Se calculează apoi suma pixelilor cu valoare nenulă de pe fiecare linie (ecuația 4-30), maximul și minimul de pe fiecare linie a imaginii prelucrate. După ce au fost calculate aceste valori, au fost salvate fiecare într-un vector reprezentativ.

$$\sum_{i=1}^N x_i \quad (4-30)$$

După salvarea acestor valori, se trece la calcularea diferenței dintre maxim și minim, utilizând ecuația (4-31).

$$\begin{cases} profile[i] = p_x[i] - p_n[i], \text{ dacă } p_x[i] \gg p_n[i] \\ profile[i] = \sigma, \text{ altfel} \end{cases} \quad (4-31)$$

de unde rezultă profilul copacului. (vezi Fig. 4-57, [105], [108], [109]).

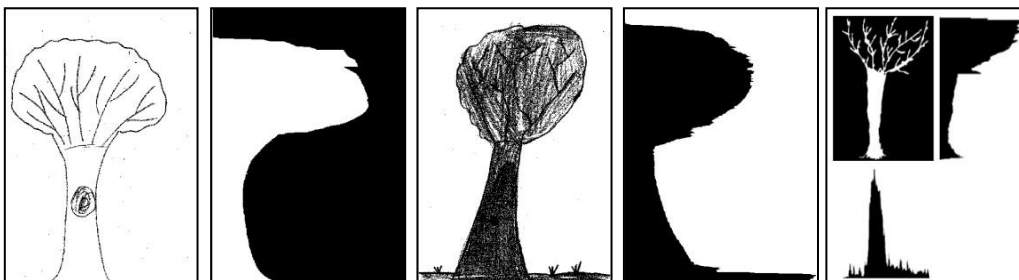


Fig. 4-57. Profilul copacului

Având profilul copacului, se pot determina cele trei părți importante ale unui arbore, și anume: coroană, trunchi, rădăcină. Segmentarea automată a coroanei și a rădăcinii, sunt direcții viitoare de cercetare.

4.10. Concluzii

În acest capitol au fost prezentate metode în evaluarea asistată de calculator a testelor psihologice – Testul Arborelui – folosind tehnici de prelucrare a imaginilor. Prin metodele descrise, în evaluarea automată a testului, se obțin câteva caracteristici importante în interpretarea psihologică a testului, iar rezultatele obținute sunt de un real ajutor pentru psiholog.

În teză s-au propus, prezentat și elaborat câteva metode de apreciere a unor caracteristici importante din desenul testului psihologic TDT: încadrarea desenului în pagină, mărimea desenului, baza trunchiului în raport cu marginea foii de desen, înclinația trunchiului. Pe lângă aceste caracteristici au fost prezentați și extrași anumiți parametri de interpretare pentru fiecare caracteristică amintită.

Rezultatele evaluării asistate de calculator a Testului Arborelui, utilizând metodele descrise în acest capitol au fost introduse într-un fișier pentru a fi accesate cu ușurință de către psiholog în evaluarea finală.

Prezenta teză de doctorat are drept scop identificarea utilității și aplicabilității cercetării propuse, ce a conturat nevoia psihologilor de a beneficia de facilitățile oferite de tehnicile informaticii, utilizând calculatorul în prelucrarea automată a testului psihologic, TDT, folosind tehnici de prelucrare a imaginilor.

Rezultatele de analiză obținute utilizând metodele de prelucrare automată a Testului Arborelui descrise în acest capitol, au o precizie și exactitate mai mare decât cele realizate de psiholog în modul de analiză uzual. Desprinderea semnificațiilor psihologice induse de plasarea desenului în pagină, mărimea desenului și comparația între dimensiunile arborelui desenat și parametrii arborelui în normalitate, oferă psihologului practician informații referitoare la stadiul de dezvoltare în care se află elevul și informații referitoare la modalitatea în care elevul se raportează la mediul social. Sunt informații deosebit de prețioase pentru că ele conturează direcția sau direcțiile de evaluare pe care psihologul le va aprofunda prin folosirea altor teste sau chestionare, complementare Testului Arborelui.

5. Rezultate experimentale

În aceste capitole se prezintă rezultatele experimentelor realizate pentru evaluarea automată a Testului Arborelui, utilizând tehnici de prelucrare a imaginilor, prin metodele propuse în capitolul precedent.

Pentru a testa performanța metodelor propuse în capitolul 4, se utilizează imagini cu desene TDT din baza de date realizată și prezentată în paragraful 4.1, pag. 50. Imaginile din setul de date utilizat pentru studiu experimental, au fost folosite în metodele de evaluare automată a Testului Arborelui. Pentru a se putea testa metodele prezentate și discutate în capitolele anterioare, s-a implementat o aplicație în Matlab, aplicație ce conține algoritmi de prelucrare a imaginilor testului TDT.

5.1. Utilizarea metodei de determinare a poziționării copacului pe imagini din testul TDT

Metoda de evaluare automată a Testului Arborelui utilizând algoritmul de detecție a poziționării copacului în raport cu foaia de desen și mărimea desenului a fost prezentată în articolele „*Automatic Pre-processing of Images for Tree Drawing Test*”, [108] și „*Automatic Evaluation of Tree Drawing Test using Computer Vision*”, [110].

Pentru a testa metoda de determinare a poziționării copacului s-au folosit imagini din testul TDT, aparținând unor elevi de vârstă școlară mică, din grupa de vârstă 8-14 ani, imagini de mărime 2468 pixeli x 3484 pixeli. Pentru fiecare desen în parte a fost completat, de către psiholog, un formular – Foaie de protocol din [118] – ce conține indicii de apreciere ai desenului, taxonomia parametrilor de interpretare și semnificația psihologică. Printre aceste caracteristici se găsesc și caracteristicile predominante ale poziționării copacului în spațiul grafic. Tabel 3 prezintă rezultatele determinării acestor caracteristici prin rata de recunoaștere pentru fiecare caracteristică de poziționare a copacului.

În literatura de specialitate [67], [118] se indică plasarea desenului în pagină pe 6 poziții:

- „Poziție centrală”,
- „Deplasare în sus”,
- „Deplasare în jos”,
- „Deplasare la dreapta”,
- „Deplasare la stânga” și
- „Depășirea spațiului grafic”.

Pentru testarea metodei de determinare a poziționării copacului în spațiul grafic, au fost utilizate în total 100 de imagini din baza de date care au fost clasificate inițial, de către psiholog, astfel: 19 cu poziție centrală, 4 cu deplasare în sus, 36 cu deplasare în jos, 5 cu deplasare la dreapta, 33 cu deplasare la stânga și 3 cu depășirea spațiului grafic. După interpretarea automată au rezultat inițial 20 desene cu poziție centrală, 4 cu deplasare în sus, 41 cu deplasare în jos, 7 cu

deplasare la dreapta, 25 cu deplasare la stânga și 3 cu depășirea spațiului grafic (vezi 2).

Tabel 2. Rezultatele interpretării psihologice și rezultatele interpretării prin evaluarea automată în determinarea poziționării desenului în spațiul grafic

Poziționarea copacului	Interpretare psiholog inițială	Interpretare Automată inițială	Interpretare corectă	Interpretare psiholog	Interpretare automată
				după compararea rezultatelor	
Poziție centrală	19	20	18	16	16
Deplasare în sus	4	4	4	3	4
Deplasare în jos	36	41	40	35	40
Deplasare la dreapta	5	7	5	5	4
Deplasare la stânga	33	25	30	29	25
Depășirea spațiului grafic	3	3	3	3	3
Total	100	100	100	91	92

Tabel 3. Rata de recunoaștere pentru fiecare caracteristică predominantă de poziționare a arborelui în spațiul grafic pe un set de 100 de imagini

Poziționarea copacului	Rata de recunoaștere
Poziție centrală	88,88%
Deplasare în sus	100%
Deplasare în jos	100%
Deplasare la dreapta	80%
Deplasare la stânga	83.33%
Depășirea spațiului grafic	100%
Total rata de recunoaștere	92.035%

Rezultatele celor două interpretări, interpretarea psihologică și interpretarea automată, au fost comparate și s-a ajuns la concluzia că s-au găsit următoarele **erori umane**: doi copaci evaluați greșit în „poziție centrală”, un copac evaluat greșit la „depășirea spațiului grafic”, cinci copaci evaluați greșit la „deplasare în jos” și un copac evaluat greșit la „deplasare la stânga”, un total de **9 interpretări eronate**. **Erorile în evaluarea automată** au fost: doi copaci evaluați greșit în „poziție centrală”, un copac evaluat greșit la „deplasare la dreapta” și cinci copaci evaluați greșit la „deplasare la stânga”, deci un total de **8 evaluări eronate**.

În Fig. 5-1 sunt prezentate rezultatele experimentale pentru poziționarea copacului în foaia de desen (spațiul grafic).

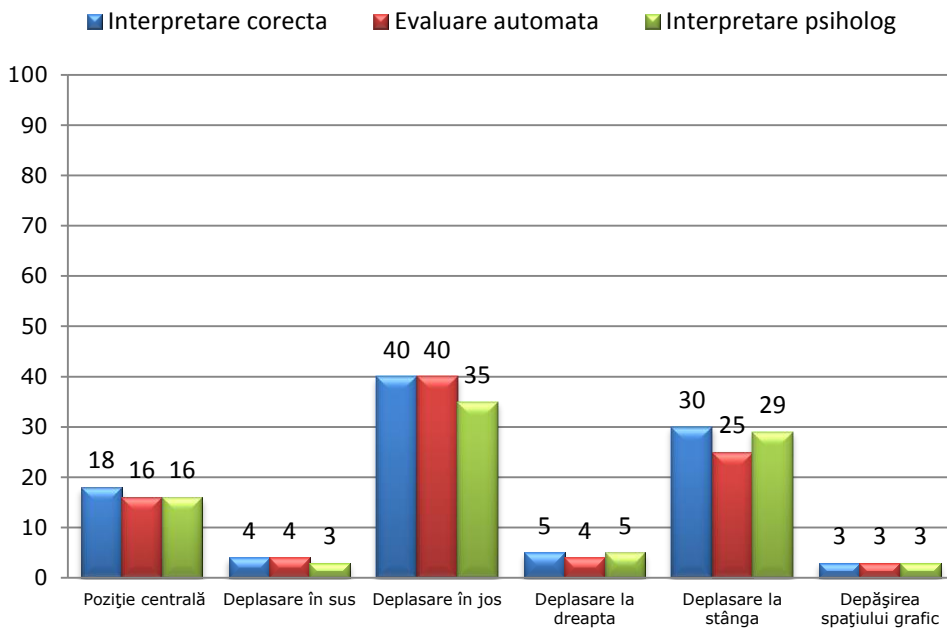


Fig. 5-1. Rezultate experimentale pentru poziționarea desenului (copacului) în spațiul grafic

În Tabel 4. se prezintă matricea de confuzie pentru fiecare caracteristică predominantă de poziționare a arborelui în spațiul grafic.

Tabel 4. Matricea de confuzie pentru fiecare caracteristică predominantă de poziționare a arborelui în spațiul grafic

Poziționarea copacului	Poziție centrală	Deplasare în sus	Deplasare în jos	Deplasare la dreapta	Deplasare la stânga	Depășirea spațiului grafic
Poziție centrală	88.88	0	5.56	5.56	0	0
Deplasare în sus	0	100	0	0	0	0
Deplasare în jos	0	0	100	0	0	0
Deplasare la dreapta	20	0	0	80	0	0
Deplasare la stânga	10	0	0	6.67	83.33	0
Depășirea spațiului grafic	0	0	0	0	0	100

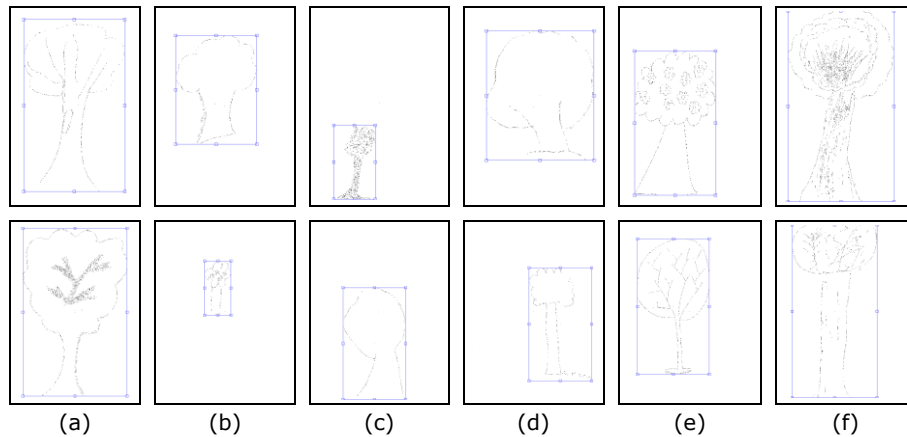


Fig. 5-2. Rezultate experimentale pentru poziționarea desenului - (a) „poziție centrală”, (b) „deplasare în sus”, (c) „deplasare în jos”, (d) „deplasare la dreapta”, (e) „deplasare la stânga”, (f) „depășirea spațiului grafic”

La interpretarea automată a testului s-au găsit anumite greșeli de interpretare care se datorează faptului că în unele imagini, pe lângă copac, se observă un alt element grafic, linia solului (vezi Fig. 5-2.d), caracteristică ce nu este evaluată și prelucrată cu algoritmul prezentat în teza de doctorat, urmând ca această problemă să fie rezolvată ulterior, printr-un algoritm care poate să determine linii și curbe.

Din cele opt evaluări greșite în metoda de evaluare automată a testului TDT, șapte sunt din cauza prezenței liniei solului. Odată cu detectarea automată a acestei caracteristici, rezultatele vor fi mai bune.

Chiar și așa se poate observa că algoritmul de evaluare automată a testului TDT este mai precis în poziționare, psihologul nemăsurând milimetric fiecare desen. Rata totală de recunoaștere pentru plasarea desenului în pagină este de **92.035%**.

5.2. Utilizarea metodei de determinare a mărimii desenului (înălțimea arborelui)

Pentru a testa metoda de determinare a mărimii copacului s-au folosit imagini din setul de desene a testului TDT, aparținând unor elevi de vârstă școlară mică, din grupa de vârstă 8-14 ani.

Dintre caracteristicile utilizate în evaluarea psihologică a TDT se numără și „Mărimea desenului”. Conform [118] există trei tipuri de indici de apreciere determinate de această caracteristică, și anume:

- „Mărime normală” (echilibrată) a arborelui - Ma,
- „Desen (arbore) supradimensionat” - Mb,
- „Desen (arbore) subdimensionat” -Mc.

Pentru determinarea mărimii desenului s-au utilizat în total 100 de imagini din baza de date, imagini de mărime 2468 pixeli x 3484 pixeli. În Tabel 5 se pot

vedea rezultatele interpretării psihologice și rezultatele interpretării prin evaluarea automată.

Tabel 5. Rezultatele interpretării psihologice și rezultatele interpretării prin evaluarea automată în determinarea mărimii desenului

Mărimea desenului	Interpretare inițială psiholog	Interpretare automată	Interpretare corectă	Interpretare psiholog	Interpretare automată
				după compararea rezultatelor	
Mărime normală	36	37	37	31	36
Desen supradimensionat	33	36	35	31	35
Desen subdimensionat	31	27	28	27	27
Total	100	100	100	89	98

După compararea celor două seturi de rezultate obținute în urma evaluării psihologului și în urma evaluării automate a testelor s-a ajuns la concluzia că s-au găsit următoarele **erori umane**: două interpretări greșite la „desen supradimensionat” – cei doi copaci au fost evaluați de psiholog ca „mărime normală”, patru copaci au fost interpretați greșit ca „mărime normală”, ei fiind „desen subdimensionat”, patru interpretări greșite ca „desen supradimensionat” au fost de fapt de „mărime normală” și o interpretare de „desen subdimensionat” era de fapt un desen de „mărime normală”, rezultând astfel **11 interpretări greșite** de către psiholog. **Erorile apărute la evaluarea automată au fost 2**, un copac de „mărime normală” a fost interpretat ca „desen supradimensionat” și un „desen subdimensionat” a fost interpretat ca fiind de „mărime normală”. Aceste erori în evaluarea automată se datorează prezenței liniei solului în desen.

Tabel 6 prezintă rezultatele determinării acestor caracteristici prin rata de recunoaștere pentru fiecare caracteristică de mărime a copacului. Rata totală de recunoaștere pentru mărimea copacului pe setul de 100 de imagini TDT este **97.91%**.

Tabel 6. Rata de recunoaștere pentru mărimea copacului pe un set de 100 de imagini

Mărimea copacului	Rata de recunoaștere
Mărime normală	97.30%
Desen supradimensionat	100%
Desen subdimensionat	96.43%
Total rata de recunoaștere	97.91%

La interpretarea testului automat, au rezultat două greșeli care se datorează faptului că în unele imagini este prezentă și linia solului, caracteristică prezentată în

paragraful anterior. Rezultatele experimentale pentru mărimea copacului sunt prezentate în graficul de la Fig. 5-3.

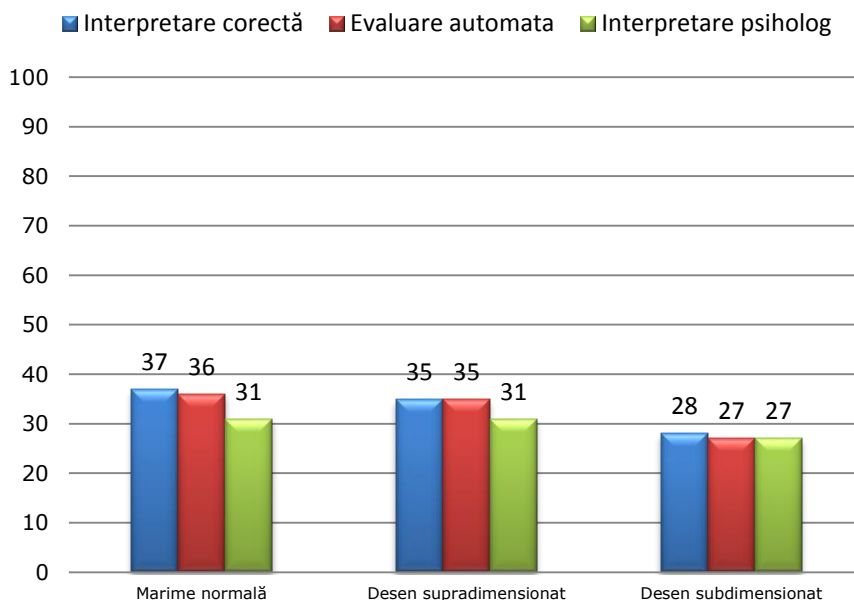


Fig. 5-3. Rezultate experimentale pentru mărimea copacului

Matricea de confuzie pentru fiecare caracteristică predominantă de poziționare a mărimii arborelui este prezentată în Tabel 7.

Tabel 7. Matricea de confuzie pentru fiecare caracteristică predominantă a mărimii arborelui

Mărimea copacului	Mărime normală	Desen supradimensionat	Desen subdimensionat
Mărime normală	97.30	2.70	0
Desen supradimensionat	0	100	0
Desen subdimensionat	3.57	0	96.43

În Fig. 5-4 se pot vedea imagini cu rezultate privind metoda de determinare a mărimii copacului, imagini ce reprezintă desene evaluate automat pentru cei trei parametri de interpretare.

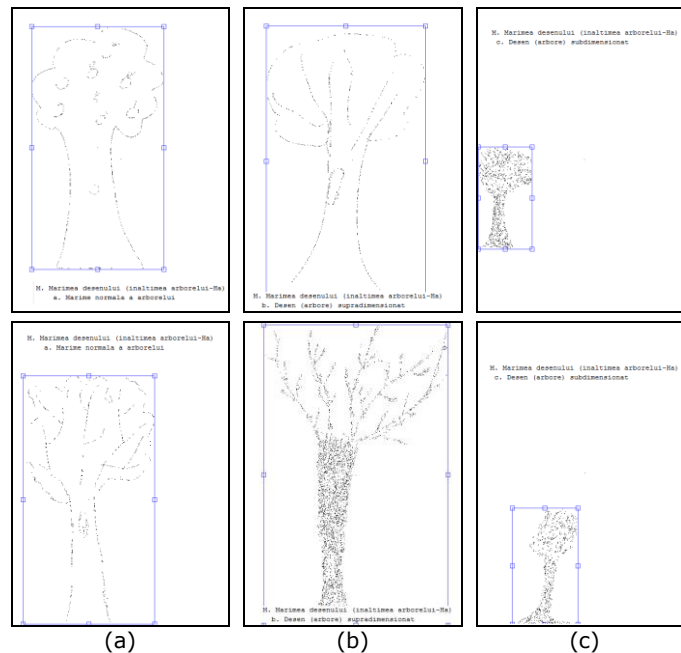


Fig. 5-4. Rezultate experimentale pentru mărimea desenului - (a) „mărime normală”, (b) „desen supradimensionat”, (c) „desen subdimensionat”

5.3. Utilizarea metodei de determinare a direcției trunchiului copacului

Metoda de detecție a direcției trunchiului este prezentată în paragraful 4.8, pag. 79. Conform studiului [118], direcția trunchiului poate avea două caracteristici: „Înclinare spre stânga” și „Înclinare spre dreapta”. În metoda automată de evaluare, rezultatele au fost determinate utilizând trei caracteristici, și anume: (a) „Înclinare spre stânga”, (b) „Înclinare spre dreapta” și (-) „Neînclinare” sau drept.

Pentru a testa metoda de determinare a direcției trunchiului copacului s-au utilizat 109 imagini din testul TDT a bazei de date, imagini de mărime 2468 pixeli x 3484 pixeli, aparținând unor elevi de vârstă școlară mică, din grupa de vârstă 8-14 ani. Aceste desene au fost inițial interpretate de psiholog astfel: 11 desene au fost clasificate având trunchiul cu „Înclinare spre stânga”, 29 desene au fost clasificate având trunchiul cu „Înclinare spre dreapta” și 69 de desene au fost clasificate având indicele de apreciere al trunchiului, „Neînclinare”. După evaluarea automată au rezultat 13 trunchiuri cu „Înclinare spre stânga”, 44 trunchiuri cu „Înclinare spre dreapta” și 52 trunchiuri cu indicele de apreciere „Neînclinare”.

La fel ca și în metodele descrise anterior în acest capitol și în evaluarea automată a testului TDT privind direcția trunchiului, rezultatele obținute în urma evaluării automate au fost comparate cu interpretările psihologului, pentru a găsi interpretările corecte și erorile. În Tabel 8 sunt prezentate rezultatele interpretării psihologice și rezultatele interpretării prin evaluarea automată, atât rezultatele interpretărilor inițiale, cât și rezultatele interpretărilor după compararea rezultatelor.

Tabel 8. Rezultatele interpretării psihologice și rezultatele interpretării prin evaluarea automată în determinarea direcției trunchiului copacului

Direcția trunchiului	Interpretare inițială psiholog	Interpretare automată	Interpretare corectă	Interpretare psiholog	Interpretare automată
				după compararea rezultatelor	
a. Înclinare spre stânga	11	13	10	6	10
b. Înclinare spre dreapta	29	44	40	29	40
-. Neînclinare	69	52	59	58	52
Total	109	109	109	93	102

După compararea rezultatelor obținute, s-a ajuns la concluzia că interpretările eronate ale psihologului au fost mai multe decât interpretările eronate ale evaluării automate privind direcția de înclinare a trunchiului. La evaluarea automată s-au obținut rezultate foarte bune la indicii de apreciere a și b, iar la cel de al treilea indice s-a obținut o rată de recunoaștere mai mică.

Tabel 9 prezintă rezultatele determinării caracteristicilor prin rata de recunoaștere pentru fiecare caracteristică a direcției trunchiului copacului.

Tabel 9. Rata de recunoaștere pentru direcția trunchiului pe un set de 109 de imagini

Direcția trunchiului	Rata de recunoaștere
a. Înclinare spre stânga	100%
b. Înclinare spre dreapta	100%
-. Neînclinare	88.14%
Total rata de recunoaștere	96.04%

În Fig. 5-5, se pot vedea rezultatele experimentale pentru mărimea copacului. Sunt prezentate interpretările inițiale ale psihologului, rezultatele interpretării automate și rezultatele interpretărilor corecte, stabilite după compararea primelor rezultate.

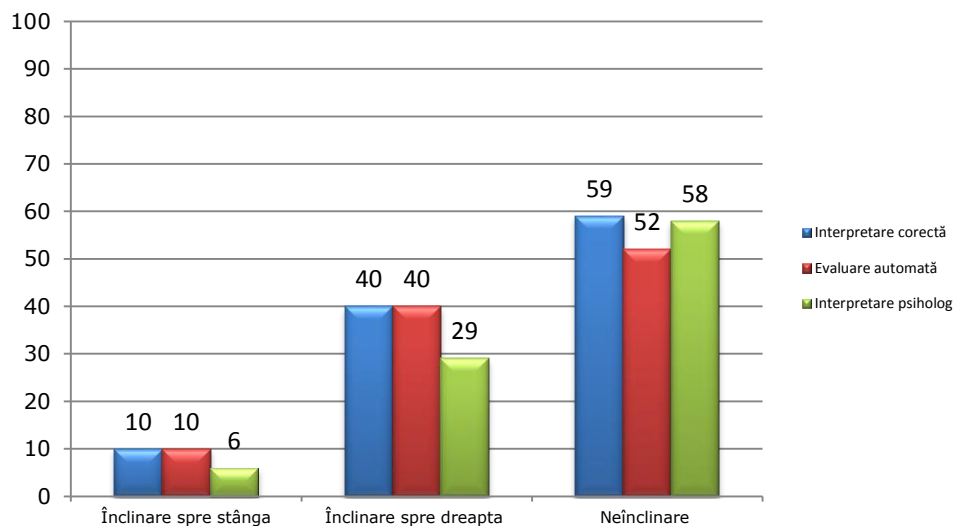


Fig. 5-5. Rezultate experimentale pentru direcția trunchiului

Matricea de confuzie pentru direcția trunchiului este prezentată în Tabel 10. La indicii de interpretare „înclinare spre stânga” și „înclinare spre dreapta”, algoritmul de evaluare automată a acestor caracteristici, a funcționat foarte bine, însă la copacii pe care psihologul i-a interpretat ca având trunchi neînclinat, algoritmul a întâmpinat câteva probleme, deoarece unele trunchiuri prezintă oscilații de direcție, pornind de la bază către partea de sus a trunchiului, probleme descrise în paragraful 4.8.

Tabel 10. Matricea de confuzie pentru direcția trunchiului

Direcția trunchiului	a. Înclinare spre stânga	b. Înclinare spre dreapta	- Neînclinare
a. Înclinare spre stânga	100	0	0
b. Înclinare spre dreapta	0	100	0
- Neînclinare	5.08	6.78	88.14

Rata de recunoaștere a acestui indice de apreciere „Neînclinare”, este de numai 88.14% însă per total, rata de recunoaștere pentru direcția trunchiului este de **96.04%**.

Pentru a rezolva problema oscilației de direcție în trunchiurile copacilor, s-a îmbunătățit metoda de evaluare automată prezentată în paragraful 4.8, iar rezultatele privind indicii de apreciere „Neînclinare”, au crescut de la 52 de copaci la 56 de copaci. Rata de recunoaștere pentru trunchi neînclinat a crescut de la 88.14 % la 94.91 %, iar rata totală de recunoaștere pentru direcția trunchiului a crescut de la 96.04% la 98.30%.

Imagini cu rezultate privind direcția trunchiului sunt prezentate în Fig. 5-6, unde se pot vedea rezultate cu imagini reprezentând înclinare spre stânga, înclinare spre dreapta și neînclinare.

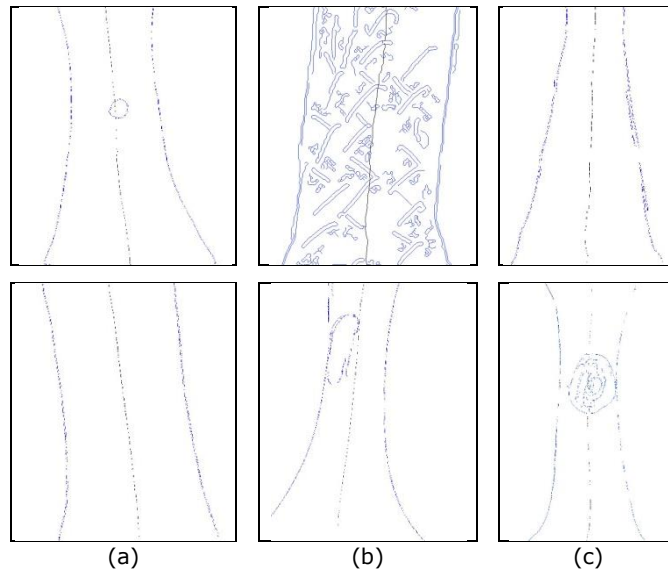


Fig. 5-6. Rezultate experimentale pentru direcția trunchiului - (a) „încilinare spre stânga”, (b) „încilinare spre dreapta”, (c) „neîncilinare-drept”

După detectarea caracteristicilor și indicii de interpretare pentru fiecare caracteristică prezentate în acest capitol, rezultatele interpretărilor prin evaluarea automată, au fost introduse în fișierul de date (vezi Fig. 5-7), fișier ce este descris în paragraful 4.4 al prezentei teze de doctorat.

```

EA\Doctorat\Teza in lucru\data.txt
File Edit Text Go Tools Debug Desktop Window Help
+ - 1.0 + ÷ 11 × % % % % %
1  Imagini/Img2/59.jpg
2
3  P. Plasarea desenului in pagina pe axa x(stanga/dreapta)
4  e. Deplasare la stanga
5  Efort de cenzurare. Dificultati de adaptare. Conflicte afective recente sau vechi.
6  P. Plasarea desenului in pagina pe axa y(sus/jos)
7  c. Deplasare in jos
8  Spirit prozaic. Realism. Tendinte practice.
9  Aptitudini tehnice. Spirit de inovatie.
10 Frecventa creste la copii pana la 10 ani, apoi scade, echivaland cu expansiunea eului(dupa Turner).
11
12 M. Marimea desenului (inaltimea arborelui-Ha)
13 c. Desen (arbore) subdimensionat
14 Imaturitate psihica. Severitate in afirmare de sine. intransigenta
15 Principii severe. Simt critic. Oboseala. Epuizare. Finete intelectuala si spirituala.
16
17 BT. Baza trunchiului
18 e. Baza trunchiului asezata pe marginea foi
19 Orizont stramt de cunoastere. Normala pana la 15 ani.
20 Imaturitate psihica dupa 15 ani. Infantilism. Psihopatologic=retard psihic usor.
21
plain text file Ln 3 Col 57 OVR ...
  
```

Fig. 5-7. Exemplu de fișier ce conține informațiile imaginii prelucrate

5.4. Concluzii

S-a demonstrat experimental că metoda de evaluare a testului TDT se poate folosi cu succes în interpretarea Testului Arborelui. Prin rezultatele obținute, aplicând metodele de evaluare descrise în capitolul 4, s-au determinat câteva caracteristici impotante (poziționarea desenului în spațiul grafic, mărimea copacului, direcția trunchiului, poziția bazei trunchiului în raport cu foaia de desen) în interpretarea psihologică a testului psihologic proiectiv, TDT.

Metodele descrise, reprezintă o unealtă utilă, atât pentru cadre didactice care doresc să-i cunoască mai bine pe copiii cu care interacționează și să determine anumite caracteristici de personalitate a copiilor, fără a avea foarte multe cunoștințe în analiza psihologică a testului, cât și pentru psihologi, care în procesul de evaluare al testului pot avea erori de interpretare, datorate oboselii sau rutinei.

Rezultatele de interpretare obținute prin evaluarea automată sunt afișate pentru fiecare desen în parte într-un fișier de date la îndemâna evaluatorului, care conține informații despre indicii de apreciere al desenului, taxonomia parametrilor de interpretare, cât și semnificația psihologică pentru fiecare parametru în parte.

6. Concluzii generale și contribuții

6.1. Concluzii

În prezent există multe teste aplicate subiectului evaluat, mai ales de aptitudini și de inteligență, la care rezultatele sunt prelucrate folosind calculatorul, însă pentru analiza desenelor realizate de subiectul evaluat în cadrul aplicării testelor proiective nu sunt multe aplicații pe calculator care să faciliteze analiza acestor desene, tema de cercetare fiind de actualitate și de mare interes.

O concluzie care se desprinde în urma realizării studiului propus în această teză de doctorat este aceea că imaginea atât de complexă a desenului unui copac poate fi analizată sub aspectul parametrilor desenului și al organizării câmpului grafic cu ajutorul tehnicilor de prelucrare a imaginilor.

Rezultatele obținute prin acest mod de analiză au o precizie și exactitate mai mare decât cele realizate de psiholog în modul de analiză uzual, propus de autorii testului.

Desprinderea semnificațiilor psihologice induse de plasarea desenului în pagină, mărimea desenului și comparația între dimensiunile arborelui desenat și parametrii arborelui în normalitate oferă psihologului practician informații referitoare la stadiul de dezvoltare în care se află elevul și informații referitoare la modalitatea în care elevul se raportează la mediul social. Sunt informații deosebit de prețioase pentru că ele conturează direcția sau direcțiile de evaluare pe care psihologul le va aprofunda prin folosirea altor teste sau chestionare, complementare Testului Arborelui.

Folosirea testelor proiective în școli, deși este deosebit de productivă și deopotrivă în beneficiul elevului și practicianului, nu este o constantă. Lucrarea de față face primii pași în schimbarea acestui fapt, mai concret, în cazul utilizării Testului Arborelui. Simplificarea și scurtarea duratei procesului de analiză și interpretare din punct de vedere psihologic a desenului arborelui, ca și obținerea garanției că erorile de analiză și interpretare sunt minime vor conduce înspre folosirea pe scară largă a Testului Arborelui în cabinetele de psihologie și psihodiagnostic din școlile de masă sau speciale, indiferent de cunoștințele și abilitățile psihologului, psihopedagogului, consilierului sau profesorului.

Analizând metodele existente în literatura de specialitate privind evaluarea asistată de calculator a Testului Arborelui, s-a ajuns la concluzia că este utilă completarea acestora, pentru extragerea mai multor caracteristici din schema procesului de proiecție în funcție de parametrii desenului arborelui și de organizarea câmpului grafic. În prezenta teză s-au adăugat noi metode de apreciere a unor parametri ai desenului, care au adus un real progres în utilizarea și interpretarea Testului Arborelui.

Un alt aspect important în cadrul acestei teze îl constituie munca depusă prin interacțiunea cu psihologul. Testele inițiale au fost clasificate de către psiholog, conform cu Foaia de protocol descrisă în paragraful 50. Metodele propuse au fost testate pe imaginile obținute în urma scanării testului și rezultatele au fost comparate cu cele ale psihologului. Ulterior a avut loc o nouă întreprindere cu psihologul și rezultatele obținute atât cu algoritmul de evaluare asistată de

calculator, cât și cele ale psihologului au fost reevaluate. Concluzia la care s-a ajuns, reflectă că eroarea umană este inevitabilă și o parte din interpretările inițiale au fost eronate. Un alt aspect îl reprezintă reevaluarea metodei de interpretare a unor parametri caracteristici, psihologul fiind determinat să prezinte atenție deosebită unor indici de interpretare care în evaluarea de ansamblu au avut o influență mare, iar în urma procesului de evaluare asistată de calculator a Testului Arborelui rezultând aprecieri de interpretare cu o mai mare precizie și acuratețe.

6.2. Contribuții

În cercetarea efectuată, doctoranda și-a adus următoarele contribuții semnificative la procesul de automatizare a unor teste psihologice, Testul Arborelui în cazul de față, pe care l-a dezvoltat în cadrul Departamentului de Comunicații de la Facultatea de Electronică și Telecomunicații a Universității „Politehnica” din Timișoara:

- Eliminarea efectelor zgomotului, prin analiza de conectivitate a imaginilor binare, obținute prin segmentarea imaginilor ce conțin desene efectuate în cadrul Testului Arborelui. Pentru eliminarea zgomotului din imaginile reprezentând Testul Arborelui au fost testate o serie de metode de filtrare a imaginilor. Prin această comparație calitativă a rezultat că detectorul optim de muchii, detectorul Canny, a dat cele mai bune rezultate. Pentru curățarea completă a imaginilor de zgomot, s-a folosit o funcție care detectează obiectele din imagine, având un număr de pixeli conectați mai mare decât un prag. Folosind această funcție, pixelii de pe fundal au fost eliminați. Pragul utilizat a fost obținut prin testarea mai multor exemple de valori pentru prag, folosind în final, pragul cel mai optim, astfel încât să nu se piardă informație importantă din imagine.
- Propunerea și implementarea unei metode pentru aprecierea direcției trunchiului, caracteristică ce este reprezentată prin trei parametri de interpretare: înclinare la stânga și înclinare la dreapta și drept (neînclinat). Implementarea a fost realizată folosind mediana pantelor de înclinație, o tehnică de estimare robustă bazată pe estimatorul RANSAC (RANdom SAmple Consensus). Prin această metodă s-a avut în vedere resegmentarea arborelui folosind estimare robustă.
- Propunerea unei metode de segmentare și încadrare. Această metodă are în vedere caracteristici ale desenului arborelui provenit în urma testului psihologic TDT ce permit determinarea nivelului intelectual în funcție de anumiți factori (indici).
 - Aprecierea încadrării desenului spațiul grafic (foaia de desen), cu următorii parametri de interpretare: „poziție centrală”, „deplasare în sus”, „deplasare în jos”, „deplasare la dreapta”, „deplasare la stânga”, „depășirea spațiului grafic”. Caracteristica de poziționare a desenului în pagină se găsește în schema procesului de proiecție, folosind parametrii desenului arborelui și organizarea câmpului grafic din Foaia de protocol.

- Aprecierea mărimii desenului reprezentată prin următorii parametri de interpretare: „Mărime normală (echilibrată)”, „Desen (arbore) supradimensionat”, „Desen (arbore) subdimensionat”. Parametrii ce caracterizează mărimea copacului reprezintă aprecierea maturității psihice a subiectului evaluat. Rezultatele obținute în urma evaluării automate folosind algoritmul de apreciere a mărimii desenului au fost mai bune decât rezultatele inițiale ale psihologului, aceasta demonstrând că evaluarea automată reprezintă o unealtă utilă în interpretarea psihologică a Testului Arborelui.
- Aprecierea bazei trunchiului în raport cu marginea spațiului grafic, caracteristică reprezentativă pentru depistarea imaturității.
- Implementarea unui soft care oferă ajutor alternativ în evaluarea psihologică. În teză s-a demonstrat că utilizarea softului oferă simplificarea și scurtarea duratei procesului de analiză și interpretare din punct de vedere psihologic a desenului arborelui, cât și obținerea garanției că erorile de analiză și interpretare sunt minime.
- Realizarea unei baze de date cu desene colectate de la elevi de vârstă școlară mică (8-14 ani), ce conține 152 de desene interpretate de psiholog cu următoarele caracteristici: plasarea desenului în pagină, mărimea desenului, parametrii măsurabili, direcția trunchiului.
- Crearea unei baze de date cu 152 de imagini digitale reprezentând Testul Arborelui. Imaginile digitale au fost obținute prin scanarea fiecărui desen în parte. La metoda de scanare s-a avut în vedere ca imaginile rezultate să fie cât mai puțin afectate de zgomot. Baza de date este foarte utilă pentru continuarea cercetării în evaluarea automată a Testului Arborelui, concept axat pe un număr important de caracteristici de interpretare.
- Realizarea unui fișier de date ce conține indicii de apreciere ai desenului, taxonomia parametrilor de interpretare și semnificația psihologică pentru fiecare indice de apreciere.

6.3. Direcții viitoare de cercetare

Rezultatele teoretice și experimentale obținute și dezvoltate în prezenta teză de doctorat indică faptul că tema de cercetare prezentată deschide noi orizonturi în evaluarea asistată de calculator a Testului Arborelui, acești pași ducând la exemplificarea și scurtarea duratei procesului de analiză și de interpretare din punct de vedere psihologic a desenului arborelui.

Autoarea își propune câteva posibile direcții viitoare de cercetare:

- Prelucrarea și evaluarea automată a indicelui de apreciere a parametrilor măsurabili și raporturile dintre ei. Pe lângă calcularea înălțimii trunchiului, se va lua în calcul și înălțimea coroanei, indice necesar pentru găsirea parametrilor $H_T < H_C$, $H_T > H_C$, $H_T = H_C$.

- Detectarea automată a prezenței sau absenței rădăcinii, una din cele trei componente ale unui arbore.
- Detectarea automată a prezenței solului pentru îmbunătățirea metodei de apreciere a încadrării desenului în pagină și a mărimii copacului unde au fost detectate erori în interpretare din cauza acestui indice de apreciere.
- Utilizarea unui dispozitiv dotat cu touch-screen sub foaia de hârtie, astfel încât să se obțină preluarea directă în format electronic a schiței executate de subiect. Această metodă are și avantajul suplimentar al păstrării unor informații despre desen (cronologia schițării arborelui, gradul de presiune exercitat asupra instrumentului de desenare, eliminarea din start a zgomotelor etc.).

Bibliografie

- [1] (2013), *Image Processing Toolbox™ User's Guide R2013b*, The MathWorks, Inc., http://www.mathworks.com/help/pdf_doc/images/images_tb.pdf
- [2] A. T. Abak, U. Baris, and B. Sankur, "The Performance Evaluation of Thresholding Algorithms for Optical character Recognition", in *Document Analysis and Recognition ICDAR 1997*, Published by the IEEE Computer Society, pp. 697-700, 1997.
- [3] A. Ackerman and R. Ostrovsky, "Fingerprint Recognition", *UCLA Computer Science Department*, vol. 2012.
- [4] S. Akram, D.M.U.D. Dar, and A. Quayoum, "Document Image Processing - A Review", *International Journal of Computer Applications*, vol. 10 (5), pp. 35-40, 2010.
- [5] M. Albu, *Construirea și utilizarea testelor psihologice*, Editura Clusium, Cluj-Napoca, 1998.
- [6] A. Ardila, F. Ostrosky-Solís, and B. Bernal, "Cognitive testing toward the future: The example of Semantic Verbal Fluency (ANIMALS)", *International Journal of Psychology* vol. 41 (5), pp. 324-332, 2006.
- [7] A. Z. Arifin and A. Asano, "Image segmentation by histogram thresholding using hierarchical cluster analysis", *Journal on Pattern Recognition Letters*, vol. 27 (13), pp. 1515-1521, 2006.
- [8] S. Arsene and F. Constantin, *Educă prin iubire cu înțelepciune*, Editura Înger drag, 2013.
- [9] S. Azernikov, "Sweeping solids on manifolds", *Proceeding of the 2008 ACM Symposium on Solid and physical modeling*, Stony Brook, New York, pp. 249-255, 2008.
- [10] H. S. Baird, "Difficult and urgent open problems in document image analysis for libraries", *IEEE Proceedings First International Workshop on Document Image Analysis for Libraries*, pp. 25-32, 2004.
- [11] H. S. Baird, "Digital libraries and document image analysis", *IEEE Proceedings Seventh on International Conference on Document Analysis and Recognition, 2003*, pp. 2-14, 2003.
- [12] P. Bock, R. Klinnert, R. Kober, et al., "Gray-scale ALIAS", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 4 (2), pp. 109-122, 1992.

- [13] M. Bratu, "Features of pubescent' and adolescents' with mental deficiencies personality, evidenced through the Tree test", *Journal of Psychology*, vol. 2 pp. 57-70, 2009.
- [14] A. Buades, B. Coll, and J. M. Morel, "A non-local algorithm for image denoising", in *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - CVPR 2005*, pp. 60-65, 2005.
- [15] E. Burkitt, M. Barrett, and A. Davis, "The effect of affective characterizations on the use of size and colour in drawings produced by children in the absence of a model", *Educational Psychology*, vol. 24 (3), pp. 315-343, 2004.
- [16] E. Burkitt, D. Watling, and L. Murray, "Children's drawings of significant figures for a peer or an adult audience", *Infant and Child Development*, vol. 20 (6), pp. 466-473, 2011.
- [17] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 8 (6), pp. 679-698, 1986.
- [18] J. Canny, "Finding Edges and Lines in Images," *Technical Report. Massachusetts Institute of Technology*, 1983.
- [19] L. Caponetti, C. Castiello, and P. Górecki, "Document page segmentation using neuro-fuzzy approach", *Journal on Applied Soft Computing*, vol. 8 (1), pp. 118-126, 2008.
- [20] A. Chelcea, *Psihoteste [Cunoaște-te pe tine însuși!]*, vol. 1, Societatea Știință și Tehnică, București, 1994.
- [21] C. Chen, "Robust Regression and Outlier Detection with the ROBUSTREG Procedure", *SAS Institute Inc., Proceedings of the Twenty-Seventh Annual SAS® Users Group International Conference, SUGI 27*, vol. pp. 265-270, 2002.
- [22] Y. L. Chen, Z. W. Hong, and C. H. Chuang, "A knowledge-based system for extracting text-lines from mixed and overlapping text/graphics compound document images", *Expert Systems with Applications*, vol. 39 (1), pp. 494-507, 2012.
- [23] R. J. Cohen and M. E. Swerdlik, *Psychological Testing and Assessment. An Introduction to Tests and Measurement*, 7th edition, McGraw-Hill New York, 2010, pp. 592.
- [24] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean shift: A robust approach toward feature space analysis", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24 (5), pp. 603-619, 2002.
- [25] L. J. Cronbach, *Essential of psychological testing*, Harper & Row New York, 1970.

- [26] I. Cruz-Aceves, J. Avina-Cervantes, J. Lopez-Hernandez, *et al.*, "Unsupervised Cardiac Image Segmentation via Multiswarm Active Contours with a Shape Prior", *Computational and mathematical methods in medicine*, vol. 2013 pp. 1-10, 2013.
- [27] T. M. Damian, *Locul imaginii de sine în structurarea personalității adolescenților (normali și cu handicap de intelect)*, Facultatea de Psihologie și Științele Educației, Universitatea din București, 2009.
- [28] D. de Castilla, *Le Test de l'Arbre. Relations humaines et problèmes actuels*, Ed. Masson, Paris, 2001.
- [29] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Stork, *Pattern classification*, John Wiley & Sons, 2012.
- [30] M. Dumitrana, "Probleme de diagnostic - Depistarea copiilor cu tulburari emotionale cu ajutorul testului Stele-Valuri", *Revista Medicala Româna, Ed. Medicala Amaltea*, vol. LVII, Nr. 3, Bucuresti 2010.
- [31] N. Dumitrascu, *Tehnicile proiective in evaluarea personalitatii*, Editura Trei Bucuresti, 2005.
- [32] J. J. Entis, P. Doerga, L. F. Barrett, *et al.*, "A reliable protocol for the manual segmentation of the human amygdala and its subregions using ultra-high resolution MRI", *Neuroimage Journal*, vol. 60 (2), pp. 1226-1235, 2012.
- [33] J. Fan, J. Yu, G. Fujita, *et al.*, "Spatiotemporal segmentation for compact video representation", *Journal on Signal processing: Image communication*, vol. 16 (6), pp. 553-566, 2001.
- [34] M. A. Fischler and R. C. Bolles, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography", *Communications of the ACM*, vol. 24 (6), pp. 381-395, 1981.
- [35] P. Fraisse. (1967) "Évolution de la psychologie expérimentale", *Traté de Psychologie expérimentale*, PUF, Paris, pp. 1-12.
- [36] T. Fujiwara and T. Kura, "Image processing method to remove the background region for tree-drawing test", *IEICE technical report. Electronic information displays*, vol. 108 (235), pp. 21-24, 2008/10/02 2008.
- [37] T. Fujiwara, T. Kura, S. Miyata, *et al.*, "Relationship between quantitative characteristics of tree-drawing test and depression scale", *IEICE technical report. ME and bio cybernetics*, vol. 108 (479), pp. 139-142, 2009/03/04 2009.
- [38] T. Fujiwara, T. Kura, S. Miyata, *et al.*, "Fractal analysis of tree-drawing test", *Technical report of IEICE. PRMU*, vol. 109 (306), pp. 63-66, 2009/11/19 2009.

- [39] T. Fujiwara, T. Kura, S. Miyata, *et al.*, "Relationship between image characteristics of tree-drawing test and depression scale", *IEICE technical report. ME and bio cybernetics*, vol. 109 (460), pp. 29-32, 2010/03/02 2010.
- [40] T. Fujiwara, S. Miyata, H. Kawano, *et al.*, "Discriminant analysis of bipolar disorder and monopolar depressive patients using tree-drawing test", *IEICE technical report.*, vol. 110 (121), pp. 9-14, 2010/07/02 2010.
- [41] T. Fujiwara, S. Miyata, and M. Shinno, "Change of characteristics of tree-drawing test and depression scale", *IEICE technical report. ME and bio cybernetics*, vol. 110 (460), pp. 49-52, 2011/02/28 2011.
- [42] T. Fujiwara, S. Miyata, and M. Shinno, "A Study of Image Analysis for Tree Drawing Test of Patients with Mental Health Problems", *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, vol. 133 (7), pp. 1285-1292, 2013 2013.
- [43] F. Galton, *Inquiries into Human Faculty and its Development*, Second edition, J. M. Dent & Co. (Everyman), 1907.
- [44] R. C. Gonzales and R. E. Woods, *Digital Image Processing - second Edition*, Prentice Hall, 2002.
- [45] R. J. Gregory, *Psychological testing*, Allyn and Bacon, Boston, Londra, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore, 1996, pp. 5.
- [46] V. Gui, D. L. Lacrama, and D. Pescaru, *Prelucrarea Imaginilor*, Editura Politehnica, Timișoara, 1999.
- [47] V. Gui, D. L. Lacrama, and D. Pescaru, *Tehnici de estimare robusta in prelucrarea imaginilor*, Editura Politehnica Timisoara, 1999.
- [48] F. R. Hampel, E. M. Ronchetti, P. J. Rousseeuw, *et al.*, *Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions*, Wiley-Interscience, 1986 (republished in paperback, 2005).
- [49] R. M. Haralick and L. G. Shapiro, *Computer and robot visión*, Addison-Wesley Pub. Co., 1992.
- [50] R. M. Haralick, S. R. Sternberg, and X. Zhuang, "Image Analysis Using Mathematical Morphology", *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. PAMI-9 (4), pp. 532-550, 1987.
- [51] C. Hasegawa, K. Umemure, M. Kaji, *et al.*, "Psychological characteristics of the NEO-FFI and the Tree Drawing Test in patients with thyroid disease", *Psychologia*, vol. 56 (2), pp. 138-153, 2013.
- [52] X. He, D. G. Simpson, and S. L. Portnoy, "Breakdown robustness of tests", in *Journal of the American statistical association* vol. 85, ed: Taylor & Francis, 1990, pp. 446-452.

- [53] B. R. Hergenhahn, *An Introduction to the History of Psychology*, 7th edition, Cengage Learning, Stamford, Connecticut, U.S., 2013.
- [54] B. R. Hergenhahn, *An Introduction to the History of Psychology*, 3rd edition, Cole Publishing Company, Pacific Grove, Albany, 1977.
- [55] G. Heuyer, *Les troubles mentaux*, PUF Paris, 1968.
- [56] P. J. Huber, *Robust Statistics*, Wiley, 1981 (republished in paperback, 2004).
- [57] H. Inadomi, G. Tanaka, Y. Kikuchi, *et al.*, "Ability of Procedural Learning and Gestalt Cognition in Patients with Schizophrenia Assessed by Push-Button Task and Tree-Drawing Test", *Acta medica Nagasakiensia*, vol. 50 (4), pp. 155-160, 2005/12/00 2005.
- [58] H. Inadomi, G. Tanaka, and Y. Ohta, "Characteristics of trees drawn by patients with paranoid schizophrenia", *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 57 (4), pp. 347-351, 2003.
- [59] Y. Iwamitsu, K. Takemura, O. Matsumura, *et al.*, "Drawing Picture of Mental Disorder Patient and its Image Analysis: Using Texture Analysis, Fourier Analysis, and Singular Value Decomposition", *Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics*, vol. 25 (2), pp. 651-658, 2013 2013.
- [60] A. K. Jain, *Fundamentals Of Digital Image Processing*, Prentice Hall, Englewood Cliffs NY, 1989.
- [61] R. P. Jolley, *Children and Pictures: Drawing and Understanding*, Wiley-Blackwell, Malden, Mass, USA, 2010.
- [62] M. Kamel and A. Zhao, "Extraction of binary character/graphics images from grayscale document images", *CVGIP: Graphical Models and Image Processing*, vol. 55 (3), pp. 203-217, 1993.
- [63] A. Kaneda, N. Yasui-Furukori, M. Saito, *et al.*, "Characteristics of the tree-drawing test in chronic schizophrenia", *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 64 (2), pp. 141-148, 2010.
- [64] R. Kasturi, L. O'Gorman, and V. Govindaraju, "Document image analysis: A primer", *Sadhana Journal*, vol. 27 (1), pp. 3-22, 2002/02/01 2002.
- [65] K. Kawahara, H. Tanaka, H. Ninomiya, *et al.*, "The Tree Drawing Test of Children with School Refusal and Orthostatic Dysregulation", *Japanese Journal of Psychosomatic Medicine*, vol. 46 (2), pp. 137-143, 2006/02/01 2006.
- [66] K. Koch, *Der Baumtest. Der Baumzeichenversuch als psychodiagnostisches Hilfsmittel*, Verlag Hans Huber, Bern, 2000.

- [67] K. Koch, *Testul arborelui*, Traducerea Sorinel Mocanu - Editia a III-a, Editura Profex Bucuresti, 1978, retipărită în 2006.
- [68] R. Kohler, "A segmentation system based on thresholding", *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 15 (4), pp. 319-338, 1981.
- [69] B. Krishnamachari, *Networking Wireless Sensors*, Cambridge University Press, 2011.
- [70] R. Kubo, H. Makihara, S. Komai, *et al.*, "Characteristics of trees drawn by children with attention-deficit / hyperactivity disorder", *Rinshou Seishin Igaku*, vol. 31 (4), pp. 427-436, 2002.
- [71] T. Kura, T. Fujiwara, S. Miyata, *et al.*, "An Image Analysis for Tree-drawing Test Using Moments in each Order and Fourier Translation", *IEICE technical report.*, vol. 109 (127), pp. 19-24, 2009/07/08 2009.
- [72] E. B. Lacerda and C. A. Mello, "Segmentation of Touching Handwritten Digits Using Self-Organizing Maps", in *23rd IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2011 IEEE*, pp. 134-137, 2011.
- [73] E. B. Lacerda and C. A. B. Mello, "Segmentation of connected handwritten digits using Self-Organizing Maps", *Expert Systems with Applications Journal*, vol. 40 (15), pp. 5867-5877, 2013.
- [74] L. D. Lacrama, **F. A. Pinte**a (Botezatu), and F. Alexa, "Preprocessing Using Structuring Element for Handwriting and Hand Printed Document Analysis", in *16th WSEAS International Conference on Communications and Computers*, Grecia, pp. 272-276, 2012.
- [75] L. D. Lacrama, **F. A. Pinte**a (Botezatu), and M. T. Karnyanszky, "Dimensioning the heating system for residential buildings using neural networks", in *11th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL), IEEE Xplore*, pp. 265-267, 2012.
- [76] J. Laplanche and J. B. Pontalis, *Vocabulaire de la psychanalyse*, 12 edition, Presses Universitaires de France - PUF, 1997.
- [77] G. A. Lienert, *Testaufbau und Testanalyse*, Verlag Julius Beltz, Weinheim / Berlin, 1967.
- [78] F. Mai, Y. S. Hung, H. Zhong, *et al.*, "A hierarchical approach for fast and robust ellipse extraction", *Pattern Recognition*, vol. 41 (8), pp. 2512-2524, 2008.
- [79] R. Maini and H. Aggarwal, "Study and comparison of various image edge detection techniques", *International Journal of Image Processing (IJIP)*, vol. 3 (1), pp. 1-11, 2009.

- [80] R. A. Maronna, D. R. Martin, and V. J. Yohai, *Robust Statistics: Theory and Methods*, Wiley, 2006.
- [81] A. A. Mascaro, G. D. Cavalcanti, and C. A. Mello, "Fast and robust skew estimation of scanned documents through background area information", *Pattern Recognition Letters*, vol. 31 (11), pp. 1403-1411, 2010.
- [82] J. Matthews, "An Introduction to Edge Detection: The Sobel Edge Detector", Available: <http://www.generation5.org/content/2002/im01.asp>, 2002
- [83] P. Meer, D. Mintz, A. Rosenfeld, et al., "Robust regression methods for computer vision: A review", *International journal of computer vision*, vol. 6 (1), pp. 59-70, 1991.
- [84] I. Mizuta, Y. Inoue, T. Fukunaga, et al., "Psychological characteristics of eating disorders as evidenced by the combined administration of questionnaires and two projective methods: The tree drawing test (Baum Test) and the sentence completion test", *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 56 (1), pp. 41-53, 2002.
- [85] A. Mîrza and L. Matei, "Examinarea psihologică asistată de calculator cu chestionarul de personalitate Eysenck (EPQ)", *Revista de Psihologie*, vol. 35 (4), pp. 345-349, 1989.
- [86] D. Moga and P. Dobra, *Smart Sensor Systems*, Editura Mediamira Cluj Napoca, 2006.
- [87] R. F. Moghaddam and M. Cheriet, "AdOtsu: An adaptive and parameterless generalization of Otsu's method for document image binarization", *Pattern Recognition*, vol. 45 (6), pp. 2419-2431, 2012.
- [88] R. Mucchielli, *L'examen psychotechnique*, ESF Éditeur Paris, 1992.
- [89] D. R. Myatt, *Robust Estimation in High Noise and Highly Dimensional Data Sets with Applications to Machine Vision*, Department of Cybernetics, University of Reading, 2002.
- [90] G. Nagy, "Twenty years of document image analysis in PAMI", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22 (1), pp. 38-62, 2000.
- [91] H. Nakamura, T. Oota, and Y. Tan, "The intervention using 'The Color Tree Drawing Test' for the mental problem of junior high school student", *Archives of Yamaguchi Prefectural University*, vol. 5 pp. 29-36, 2012/03/31 2012.
- [92] L. O'Gorman, "Image and document processing techniques for the RightPages electronic library system", in *International Conference on Pattern Recognition, (ICPR)* pp. 260-263, 1992.

- [93] L. O'Gorman and R. Kasturi, *Document Image Analysis*, IEEE Computer Society Executive Briefings, 1997.
- [94] L. O'Shaughnessy, "The Other Side of 'Test Optional'", *The New York Times*, pp. 6, 2009
- [95] W. Oh and B. Lindquist, "Image thresholding by indicator kriging", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 21 (7), pp. 590-602, 1999.
- [96] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms", *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 9 (1), pp. 62-66, 1979.
- [97] A. Pérez and R. C. Gonzalez, "An iterative thresholding algorithm for image segmentation", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. (6), pp. 742-751, 1987.
- [98] C. Petrescu, S. P. Băncilă, O. Suci, *et al.*, "Profile psihologice si comportamente cu risc intalnite la tineri", *Revista de igienă și sănătate publică*, vol. 54 pp. 5-9, 2004.
- [99] D. Picard and M. Boulhais, "Sex differences in expressive drawing", *Journal on Personality and Individual Differences*, vol. 51 (7), pp. 850-855, 2011.
- [100] D. Picard and C. Gauthier, "The Development of Expressive Drawing Abilities during Childhood and into Adolescence", *Child Development Research*, vol. 2012 pp. 1-6, 2012.
- [101] P. Pichot, *Les tests mentaux*, Presses Universitaires de France, Paris, 1994.
- [102] H. Pieron, *Vocabulaire de psychologie*, PUF Paris, 1957.
- [103] **F. A. Pinteă (Botezatu)**, "Use pattern recognition techniques for psychological tests", presented at the Workshop-ul nr.1, Interdisciplinaritatea și Managementul Cercetării, Timișoara, 24-25 noiembrie 2011.
- [104] **F. A. Pinteă (Botezatu)**, "Visual information retrieval system for characterizing psycho-emotional state", presented at the Workshop-ul nr.2, Interdisciplinaritatea și Managementul Cercetării în Studii Doctorale, Universitatea din Oradea, 7-8 iunie 2012.
- [105] **F. A. Pinteă (Botezatu)**, I. Iacob, L. D. Lacrama, *et al.*, "Implication of developing a software application as an instrument in administrating the Baum test", presented at the International Symposium Theoretical & Applied in Psychology „Psychology and Lifelong Development”, SICAP 21, Timișoara, Romania, 2013.

- [106] **F. A. Pinte**a (Botezatu), L. D. Lacrama, F. Alexa, *et al.*, "Using human features to obtain 3D effect in television", in *National Conference on Medical Informatics, RO-MEDINF Proceedings*, Arad, Romania, pp. 241-245, 2010.
- [107] **F. A. Pinte**a (Botezatu), L. D. Lacrama, and V. Gui, "Automatic Evaluation of Psychological Quiz Tests", *Academic Journal - Annals of DAAAM & Proceedings*, vol. 22 (1), pp. 1167-1168, 2011.
- [108] **F. A. Pinte**a (Botezatu), L. D. Lacrama, M. T. Karnyanszky, *et al.*, "Automatic Pre-processing of Images for Tree Drawing Test", in *Proceedings of the IEEE Conference on 21st Telecommunications Forum TELFOR, 2013*, Belgrad, Serbia, pp. 502-505.
- [109] **F. A. Pinte**a (Botezatu), L. D. Lacrama, C. Musuroi, *et al.*, "Automatic Pre-Classification Of Baum Test Images", in *Proceedings of the 17th International Conference on Computers (part of CSCC '13)*. Rhodes Island, Greece, WSEAS Press, pp. 65-68, 2013.
- [110] **F. A. Pinte**a (Botezatu), G. Simion, V. Gui, *et al.*, "Automatic Evaluation of Tree Drawing Test using Computer Vision", *Journal of Applied Measurement in Education*, vol. în evaluare trimisa in decembrie 2013.
- [111] F. PirahanSiah, S. N. H. S. Abdullah, and S. Sahran, "Comparison single thresholding method for handwritten images segmentation", in *Pattern Analysis and Intelligent Robotics (ICPAIR) IEEE Conference Publications*, pp. 92-96, 2011.
- [112] J. M. Prewitt, *Object enhancement and extraction*, vol. 75, Academic Press, New York, 1970.
- [113] L. M. Pruteanu, *Locul afectivității în structura personalității adolescentului*, Facultatea de Psihologie și Științele Educației, Universitatea București, 2008.
- [114] R. Pintner and D. Paterson *Testul Pintner-Paterson*, uz intern, Institutul de Științe Pedagogice, Iași, 1972.
- [115] L. G. Roberts, "Machine Perception Of Three-Dimensional Solids", in *Optical and Electro-Optical Information Processing* pp. 159-197, 1965.
- [116] P. J. Rousseeuw, "Least median of squares regression", *Journal of the American statistical association*, vol. 79 pp. 871-880, 1984.
- [117] P. J. Rousseeuw and A. M. Leroy. (1987 (republished in paperback, 2003)), *Robust Regression and Outlier Detection*, Wiley-Interscience Paperback Series,
- [118] A. Rozorea and M. Sterian, *Testul Arborelui*, Editura Paidea Bucuresti, 2000.
- [119] J. C. Russ, "Automatic discrimination of features in gray-scale images", *Journal of Microscopy*, vol. 148 (3), pp. 263-277, 1987.

- [120] O. Safren, V. Alchanatis, V. Ostrovsky, *et al.*, "Detection of green apples in hyperspectral images of apple-tree foliage using machine vision", *Transactions of the ASABE*, vol. 50 (6), pp. 2303-2313, 2007.
- [121] P. Salembier, J. Serra, and J. Bangham, "Edge versus contrast estimation of morphological filters", in *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, ICASSP-93*, pp. 45-48, 1993.
- [122] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press Inc, Orlando, USA, 1983.
- [123] M. Sezgin and B. Sankur, "Selection of thresholding methods for non-destructive testing applications", in *International Conference Image Processing IEEE ICIP 2001*, pp. 764-767, 2001.
- [124] M. Sezgin and R. Taşaltın, "A new dichotomization technique to multilevel thresholding devoted to inspection applications", *Pattern Recognition Letters*, vol. 21 (2), pp. 151-161, 2000.
- [125] G. Shrivakshan and C. Chandrasekar, "A Comparison of various Edge Detection Techniques used in Image Processing", *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, vol. 9 (5), 2012.
- [126] L. Shutao, K. Xudong, and H. Jianwen, "Image Fusion With Guided Filtering", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 22 (7), pp. 2864-2875, 2013.
- [127] M. E. Sieracki, S. E. Reichenbach, and K. L. Webb, "Evaluation of automated threshold selection methods for accurately sizing microscopic fluorescent cells by image analysis", *Applied and Environmental microbiology*, vol. 55 (11), pp. 2762-2772, 1989.
- [128] A. Stan and C. Havârneanu, "Utilizarea calculatorului în examinarea psihologică", *Revista de Psihologie*, vol. București, 1989.
- [129] R. Stora, *Le test du dessin d'arbre*, Augustin, 1994.
- [130] U. Şchiopu, *Dicţionar de psihologie*, Editura Babel, Bucureşti, 1997.
- [131] H. D. Tagare and R. I. P. deFigueiredo, "On the localization performance measure and optimal edge detection", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 12 (12), pp. 1186-1190, 1990.
- [132] I. Takasaki, K. Takemura, and Y. Iwamitsu, "Image analysis of tree test psychological interpretation", *Journal of Japan Society of Kansei Engineering*, vol. 5 (3), pp. 155-164, 2005.
- [133] K. Takemura, I. Takasaki, and Y. Iwamitsu, "Statistical Image Analysis of Psychological Projective Drawings", *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 9 (5), pp. 453 - 460, 2005.

- [134] J. Tayama, "The Relationship between School Attendance and the Tree Drawing Test in Junior High School Students", *Japanese Journal of Psychosomatic Medicine*, vol. 48 (12), pp. 1033-1041, 2008/12/01 2008.
- [135] M. Tărâță, *Informatică Medicală, Cap. Analiza și prelucrarea imaginilor medicale*, vol. I- II, Editura Sitech Craiova, 2010.
- [136] C. H. Teng, Y. S. Chen, and W. H. Hsu, "Tree Segmentation from an Image", in *IAPR Conference on Machine Vision Applications*, Tsukuba Science City, pp. 59-63, 2005.
- [137] H. Tian, T. Srikanthan, and K. V. Asari, "Automatic segmentation algorithm for the extraction of lumen region and boundary from endoscopic images", *Medical and Biological Engineering and Computing*, vol. 39 (1), pp. 8-14, 2001.
- [138] J. Tiffin and E. J. McCormick, *Psychologie industrielle*, Presses Universitaires de France, Paris, 1967, pp. 34.
- [139] C. I. Toma, M. Ottesteanu, V. Gui, et al., *Televiziune, înregistrarea magnetică și prelucrarea numerică a imaginilor*, Lit. IPTVT, Timișoara, 1991.
- [140] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral filtering for gray and color images", in *IEEE Sixth International Conference on Computer Vision*, pp. 839-846, 1998.
- [141] O. D. Trier and A. K. Jain, "Goal-directed evaluation of binarization methods", *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 17 (12), pp. 1191-1201, 1995.
- [142] O. D. Trier and T. Taxt, "Evaluation of binarization methods for document images", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* vol. 17 (3), pp. 312-315, 1995.
- [143] H. Utena, O. Saitoh, Y. Miyake, et al., "Simple functional tests in clinical practice (3): The Baum test in patients with schizophrenia", *Seishin Igaku*, vol. 43 (7), pp. 737-744, 2001.
- [144] S. Venkatesh and P. L. Rosin, "Dynamic threshold determination by local and global edge evaluation", *CVGIP: Graphical models and image processing*, vol. 57 (2), pp. 146-160, 1995.
- [145] L. Vincent, "Morphological grayscale reconstruction: definition, efficient algorithm and applications in image analysis", in *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - CVPR'92*, pp. 633-635, 1992.
- [146] X. Wang, X. Huang, and H. Fu, "A Color-Texture Segmentation Method to Extract Tree Image in Complex Scene", in *International Conference on*

-
- Machine Vision and Human-Machine Interface (MVHI)*, IEEE, pp. 621-625, 2010.
- [147] K. Yamaguchi, "Understanding junior high school students using Tree-drawing Test and sandplay therapy", *Bulletin of the Educational Research Society of Soka University*, vol. 59 pp. 35-48, 2008/01/00 2008.
- [148] Y. Zhang and L. Wu, "Fast Document Image Binarization based on an improved adaptive Otsu's method and destination word accumulation", *Journal of Computational Information Systems*, vol. 7 (6), pp. 1886-1892, 2011.
- [149] Y. Zhao and R. M. Haralick, "Binary shape recognition based on an automatic morphological shape decomposition", in *International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, ICASSP-89*, pp. 1691-1694, 1989.

Anexa A. Automatic Pre-processing of Images for Tree Drawing Test,
TELFOR, 2013

[108] - F. A. Pinteá, L. D. Lacrama, M. T. Karnyanszky, et al., "Automatic Pre-processing of Images for Tree Drawing Test", in Proceedings of the IEEE Conference on 21st Telecommunications Forum TELFOR, 2013, Belgrad, Serbia.

21st Telecommunications forum TELFOR 2013

Serbia, Belgrade, November 26-28, 2013.

Automatic Pre-processing of Images for Tree Drawing Test

Florentina A. Pinteá, Dan L. Lacrama, Tiberiu M. Karnyanszky and Corneliu Ioan Toma

Abstract — This paper try to demonstrate the usefulness of image processing techniques in order to measure some relevant features of Tree Drawing Test's images. The segmentation of the trunk from the crown & roots is performed using profilograms. Then the length and height of each part are measured, and the data are employed for the computations of the standard TDT formulas. This automatic process can be a real help for large groups of under aged children psychological screening.

Keywords — Image processing, Tree Drawing Test, profilograms

I. GENERALITIES

THE psychological literature widely agrees that the projective methods (i.e. the Tree Drawing Test, the Rorschach Test, the House–Tree–Person Test etc.) are used in many clinical settings, and their usefulness had been repeatedly proved [1, 3, 4]

The Tree Drawing Test (TDT) also known as the "Baum Test" ('Baum' means tree in German) is a projective method developed by the German scientist Charles Koch in 1952. TDT is a noninvasive technique and can be presented to children/patients as a drawing game, consequently it is quite easy to administer. The drawn tree sketch is an indirect way of expressing oneself, thus subjects can non-verbally communicate their latent state of mind, with almost no opposition. Thus, the TDT is usually employed to evaluate aspects of personality, self-image, and emotional states [7] that might not be seized by the quiz tests. [6]

Various papers determine the patients' psychological features using written questionnaires, other studies implement projective techniques. An extensive investigation usually employs both because quiz tests and projective ones are complementary to each other. Each category can clarify aspects where the other cannot. Therefore, doctors merge both in order to obtain a deeper perception of the patients' illness.

Corresponding author Florentina Anica Pinteá is a Ph.D. student at the Electronic and Telecommunication Faculty, "Politehnica" University of Timisoara, Bd. Vasile Parvan nr. 2, and assistant professor at Computers and Applied Computers' Science Faculty, "Tibiscus" University of Timisoara, 4-6 Lascar Catargiu street, Romania; (e-mail: flory73tm@yahoo.com).

Dan L. Lacrama and Tiberiu M. Karnyanszky are Assoc. Prof. Ph.D. Eng. at Computers and Applied Computers' Science Faculty, "Tibiscus" University of Timisoara, 4-6 Lascar Catargiu street, Romania; (email: dlacrama@tibiscus.ro, mtk@tibiscus.ro).

Corneliu Ioan Toma is professor at the Electronic and Telecommunication Faculty, "Politehnica" University of Timisoara, Bd. Vasile Parvan nr. 2, Romania; (email: corneliu.toma@etc.uprt.ro).

Even if the usefulness of projective methods is largely demonstrated especially with under aged children, there are some important weaknesses in employing these techniques. The most important disadvantage is the fact they are very staff & time consuming. On another hand the results' understanding is rather subjective and can be highly influenced by the clinician's expertise. These drawbacks practically make the employment of projective tests in screening large groups of individuals an economically fruitless approach. Nevertheless such "game like" investigations are the unique alternative for the early detection of psychotic under aged children. Consequently a method for the automatic pre-classification of potentially ill kids is a valuable benefit for doctors.

Essentially, the TDT technique is based on a set of measurements performed over a patient's free drawing of a tree. There are several ways to administer the Baum Test, but the typical procedure is to use for the tests samples white A4 sheets and a pencil. The subjects receive the following instruction: '*Draw a tree in any way do you like*'.

The main parts of the tree are the crown, the trunk and the root. There is a wide range of automated methods for the segmentation of an object from the background [10], but trees drawn for psychological tests do need specially adapted techniques.

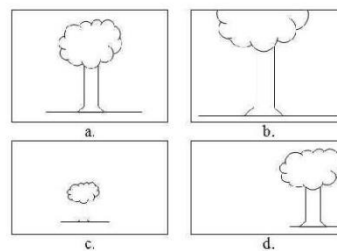


Fig. 1. The tree size and position relatively to the page
a. Normal drawing;
b. Oversized crown exceeding the page top;
c. Too small tree;
d. Geometrical center of the drawing is far from the page's center

A TDT image must be analyzed in terms of:

- a. *Morphological analysis* – evaluation of the drawing's quality and details. For example it is important to notice if the ground and the roots are figured in the sketch or if the crown is designed as a simple circle or as a multitude of branches with just a few leaves,
- b. *Structural analysis* – ratios computed from direct measurements of size. The position and the main parts' size relatively to the page as shown in Figure 1.

The Structural analysis of a tree sketch is based on the evaluation of the following three quotients employed to quantify the test's results:

- Ratio of trunk to crown = trunk length/whole length of tree [mm or pixels];
- Ratio of left side to right side = left width of trunk/whole width of trunk [mm or pixels];
- Ratio of tree size to page space [whole length of tree*whole width of tree /paper area].

These three features mainly describe the entire structure of the drawing and need to be computed in order to quantify the spatial and location of the tree. They are the main criteria in the clinician's decision in the subject's classification as normal or affected of psychic problems. For example, in the case of Figure 1.c. where the area of the drawn tree is significantly smaller than those of the healthy subjects the patient is a potential schizophrenic.

Thus, the main features' measured for the structural analysis of a tree's sketch are:

- Shape of the trunk;
- Width of the trunk;
- Shape of the branches;
- End of the branches;
- Branch crossing;
- Root visibility;
- Top-end of the trunk;
- Base-end of the trunk. [4]

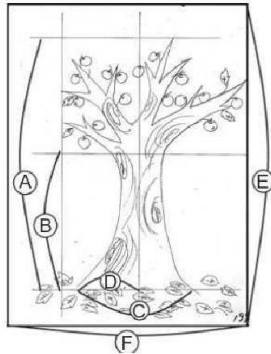


Fig. 2. TDT: Calculation of structural analyses [4]

In Figure 2 the tree is described using some basic measurements: A = total tree height, B = trunk height, C = root's width, D = left half of the root's width (the sketch is not always symmetrical), E and F = page height and width. These are the main features used by clinicians in order to analyze the drawings and decide over a diagnosis.

The psychologists consider that there are notable differences in the frequency of several features between the schizophrenic and healthy subjects. The trees drawn by the schizophrenic patients frequently have: a single line trunk, a narrow trunk width, a trunk with an open top, an unnatural expression of the base of the trunk, single line branches, or right angle between the branches and the trunk. [9]

Experienced clinicians also search for certain drawing details such as: the bi-dimensional display, the strength of the sketch's lines, the slant of the trunk, the employment of the eraser, the repetitive drawing, the transparency of the some parts (e.g. a branch being seen through a fruit or horizon line being seen through the trunk), etc. [5]

The authors of this work advocate the use of the image processing methods in order to develop an automatic system capable to divide the Tree drawing tests' images in 'Normal' (N) and 'Potentially anomalous' (PA). The drawings from the second class are afterward sent to the psychologist, who lastly decides if the potential patient is really in need for special care or not.

Therefore the software environment able to execute the automatic selection must carry out three major tasks:

- Preprocess the TDT image to acquire best possible quality;
- Construct a description vector containing good evaluations of the three structural analysis's ratios and some of the morphological features of the drawing tree;
- Divide cases between N and PA classes.

II. TDT IMAGES' PREPROCESSING

Some of the scanned TDT images have to be pre-processed before entering the genuine evaluation phase. The necessary adjustments are performed in order to correct technical quality deficiencies like:

- Low contrast images,
- Tilt scanned images.

Low contrast is almost a regular correction and it is needed by the fact that many subjects do not push strong enough on the drawing pencil. This inadequate pressure on the writing instrument is a relevant proof of the subject's inhibition for the clinician, but still, for the computer science engineer, it is a problem to be corrected.

TDT images have imbalanced histograms, thus the straightforward automatic threshold [8] does not work properly. The authors have chosen among some alternative solutions:

- Histogram equalization,
- Automatic binarization,

- Logarithmic transform.

The low contrast images are detected because the black pixels percentage in the histogram is less than a pre-established threshold. Such images have to be enhanced. Figure 3 show a low contrast scanned image together with the above mentioned transforms' results. The tests performed over our set of TDT images demonstrate that the best solution is the Logarithmic transform because logarithm shape is best suited with this images' histograms.

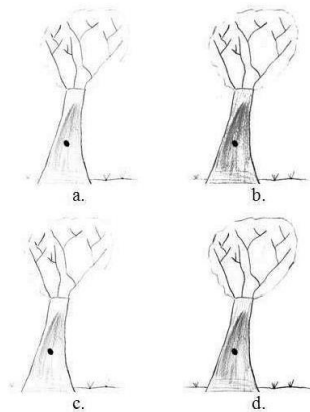


Fig.3. Low contrast TDT image correction
 a. Initial low contrast image
 b. Histogram equalization,
 c. Automatic binarization,
 d. Logarithmic transform

The Logarithmic transform [2] is a point to point pre-processing that map a source $N \times N$ image $S = s(i,j)$, $0 \leq i,j \leq N-1$ to an outcome $N \times N$ image $O = o(i,j)$, $0 \leq i,j \leq N-1$. The gray scale pixels of source images stay in $(0, L_S-1)$ range and the ones in the resulted image are in $(0, L_O-1)$. The performed transformation is described by equation (1).

$$o(i, j) = s(i, j) * c * \log(1 + |o(i, j)|) \quad (1)$$

Where constant $c = (L_O - 1) / \log L_O$.

A tilt scanned TDT images is easily detected because the page's edges are not horizontal and respectively vertical. In Baum Tests this is really important to correct while angle drawing is a significant factor for the clinician's decision over a subject.

The correction can be performed using the same page's edges, but authors preferred a simple solution: a warning message asking for rescanning is printed on the computer screen. Such mistakes could lead to lost corner details and finally to classification error.

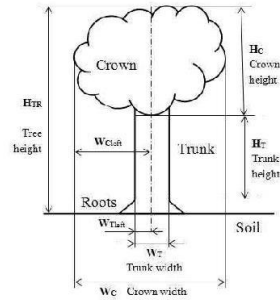


Fig.4. Measurements used by the proposed computer aided analysis

III. TDT IMAGES' STRUCTURAL ANALYSIS

After the pre-processing is over TDT images undergo the structural analysis stage. The important features are the ones shown in Figure 4.

The authors selected the Vertical & Horizontal profile histograms method (profilograms) in order to detect and measure the principal sizes of the tree. Figure 5 clearly show that size estimations can be done straightforward.

The tree and the crown height H_C and the total tree height H_{TR} can be easily determined using the horizontal profilogram on the inversed image. The trunk height H_T is heavier to measure and its correct evaluation is dependent on the good selection of a threshold over the local variations in the profilogram. Experiments on our set of TDT images proved that a 12% increase/decrease signify crown-trunk and respectively root-trunk border.

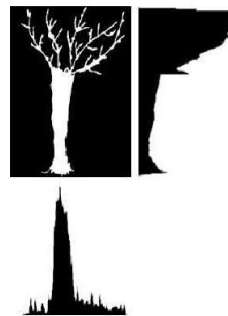


Fig.5. Detection of tree features using profilograms

Figure 5 shows a tree image pre-processed in order to reduce the noise together with its vertical and horizontal

profilograms. The horizontal profile is computed using the distance between first and last tree pixel on each row, while the vertical one is the count of black pixels on each column.

The measurement of Crown width W_C and trunk width W_T can be done using the same procedure on the vertical profilogram of the image. All this measurements are then used to compute the three ratios and the results are compared to a table of standard values.

IV. CONCLUSION

The experiments were performed over a set of a hundred Baum Test images in order to develop an automatic system able to help clinicians quickly process large group TDT screening.

These processing techniques are still in testing phase and consequently adjustments will be probably done in the near future. The software must be developed in order to give more data about the tree sketches and the results must be trustworthy even in atypical cases.

The promising results obtained until now shows that this approach to automatic classification is feasible and the research could end with a useful and reliable tool for processing and pre-classification the TDT images.

ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the strategic grant POSDRU 107/1.5/S/77265 (2010) of the Ministry of Labor, Family and Social Protection, Romania, co-financed by the European Social Fund – Investing in people.

REFERENCES

- [1] M. Dumitrana, "Probleme de diagnostic - Depistarea copiilor cu tulburari emotionale cu ajutorul testului Stale-Valuri", *Revista Medicala Româna*, Ed. Medicala Amaltea, vol. LVII, Nr. 3, Bucuresti, 2010.
- [2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [3] H. Inadomi, G. Tanaka, and Y. Ohta, "Characteristics of trees drawn by patients with paranoid schizophrenia", *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 57, pp. 347-351, 2003.
- [4] A. Kaneda, N. Yasui-Furukori, M. Saito, *et al.*, "Characteristics of the tree-drawing test in chronic schizophrenia", *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 64, pp. 141-148, 2010.
- [5] K. Koch, *Testul arborelui (1978)*, traducerea Sorinel Mocanu - 3rd edition, Ed. Profex, 2006.
- [6] I. Mizuta, Y. Inoue, T. Fukunaga, *et al.*, "Psychological characteristics of eating disorders as evidenced by the combined administration of questionnaires and two projective methods: The Tree Drawing Test (Baum Test) and the Sentence Completion Test", *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 56, pp. 41-53, 2002.
- [7] D. G. Myers, *Theories of Emotion. Psychology: Seventh Edition*, NY: Worth Publishers, New York, 2004.
- [8] M. Sezgin and B. Sankur, "Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation", *Journal of Electronic Imaging*, vol. 13, pp. 146-165, 2004.
- [9] K. Takemura, I. Takasaki, and Y. Iwamitsu, "Statistical Image Analysis of Psychological Projective Drawings", *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 9, pp. 453 - 460, 2005.
- [10] C. H. Teng, Y. S. Chen, and W. H. Hsu, "Tree Segmentation from an Image", presented at the *IAPR Conference on Machine Vision Applications*, Tsukuba Science City, Japan, mai 2005.

Anexa B. Automatic Evaluation of Tree Drawing Test using Computer Vision

[110] - F. A. Pinteá (Botezatu), G. Simion, V. Gui, and C. I. Toma, "Automatic Evaluation of Tree Drawing Test using Computer Vision," *Journal of Applied Measurement in Education*, vol. în evaluare.

Automatic Evaluation of Tree Drawing Test using Computer Vision

Florentina Anica Pinteá^{1,2}, Georgiana Simion¹, Vasile Gui¹

¹ Faculty of Electronics and Telecommunications, "Politehnica" University of Timisoara

² Faculty of Computer and Applied Computer Science, "Tibiscus" University of Timișoara

fpinteá@tibiscus.ro, georgiana.simion@etc.upt.ro, vasile.gui@etc.upt.ro

ABSTRACT: The use of computers in almost all activity domains motivated us to develop an automated method to interpret the tree drawing test. This method is thought to be especially useful for psychologists and teachers who want to quickly evaluate their students. The proposed algorithm detects the tree position, the size of the tree compared to the drawing paper and it analysis if the person draws the tree keeping the paper in vertical position. The results are compared with the evaluation made by the psychologist. The recognition rate for the location of the tree is about 92.035% while the recognition rate for the tree size is 97.91%.

KEYWORDS: Tree drawing test, projective tests, image filtering, feature extraction

I. INTRODUCTION

The computer has become an integral part of many people's everyday life and one can hardly imagine future without this technology. Nowadays the computer is used in various domains through scientific and military applications, in business, accounting, tabular calculation, or weather forecasts. In art it is used to generate and edit sound, images and video, in automotive to guide the car (onboard computer, ignition system, starting system, etc.) Increasingly, the computer has become the central element of domotics (application of computers and robots), thus most of the modern homes are equipped with such systems [1, 2].

In medicine the computer is used to storage a large collection of data - containing personal data, additional important dates, images obtained by echo, EKG interpretation - for a large number of patients, being quickly accessible to doctors. The computer can generate reports as tables or graphs displayed on the screen or on paper when printed. That is why programs have been developed to be used in "assisted diagnosis".

In the last years, the medical imagic has undergone a spectacular boom. The image processing requires a series of processes applied to an image: intensity adjustment, filter elements, morphological operation, and segmentation. [3] Lately, sterile human machine interfaces based on hand ges-

ture recognition have been developed to allow doctors to manipulate digital images during surgery. [4]

As we can see, computers assist us in most areas and in our daily activities (medicine, defense, computer graphics, weather, industry, etc.)

In the present paper we aim to demonstrate that image processing can be useful in psychology, namely in psychological tests. Psychological tests based on drawings can be automatically processed and used to come to the aid of a psychologist. Drawings are used to identify a series of behavioral disorders. Among the projective tests used for the detection of emotional disorders we name: the star-waves test [5], the man (person) test, and the Tree-Drawing Test - TDT [6].

The projective tests have been used in psychology since the early '30s, as a non-conventional method of evaluation, representing some stimulus that are designed to capture individual projections offering to psychologists some information that is unconsciously revealed. [7]

The design language - the graphic projection - represents the way somebody makes the drawing, such as a tree. It is interpreted as expressing some indicators about one's self-image, emotions or relationship with people around.

Dr. K. Loganathan affirms in [8] that the tree test uses an individual's drawings as a text to interpret his thoughts and behavior.

Many of these tests take a lot of time and a great effort to learn how to accurately apply them and a long practice until a specialist can feel the test and have intuitions. For the automatic processing of the psychological tests with a large number of repetitive responses to questionnaires, which are used for example in employment, some automated tests have been created. The answers are interpreted, encoded and saved in a database, being used in the final interpretation made by the psychologist.

Therefore, the authors of this paper propose the solution of an automatic processing of a certain psychological test. We have taken into consideration for this, the Tree Drawing Test - TDT. The tree is one of the oldest symbols spread into all cultures. The idea of using the drawing of a tree as a tool for diagnosis in psychology was of Emile Jucker, who began to apply the test in 1928.

The Swiss Charles Koch later developed the test. After a systematic statistical study (1949), he introduced TDT, which was standardized in the management, quotation and interpretation of indices. Further studies showed that the results of the test could be used as evidence of children's personality and intellectual progress. The tree test is the most frequently used personality test in school. [9]

According to [10], the picture is a message, a way of communication. The drawing of a tree reveals elements of personality and mental moods, so the test can be helpful for a schoolteacher who wants to learn more about her/his students.

There is a study that has been systematized and adapted by Koch's model, which was developed as a datasheet protocol, structured for each topic: clues for assessing the design, the taxonomy of parameters interpretation, and a column for comments. [11]

TDT has been used for detecting the characteristics of patients suffering from schizophrenia, as it is perceived as non-stressful and easy to manage. Morphological differences were observed between trees drawn by healthy patients and those drawn by schizophrenia patients. This has driven to the conclusion that TDT is useful for investigating brain functioning in different patients [12, 13]. In a study [14] suggest usefulness of the tree-drawing test for assessing the recovery process in schizophrenia.

In the study [15], the results of the tests show that the framing of the tree in the page, the width and the basis of the trunk as well as size of the trunk, are important features associated with schizophrenia. These features can reflect the fact that people with indices of schizophrenia tend to be suppressed, aggressive, and impulsive. To help those who interpret tests we propose to build an automatic evaluation that highlights these features.

II. THE PROPOSED METHOD FOR FEATURE EXTRACTION

In order to apply the test, an A4 sheet of white paper and a pencil are needed. The children are given the simple instruction: "Draw a tree." The piece of sheet is placed in a vertical position.

We have adapted this protocol sheet and created a database where we used indicators to assess the design and the taxonomy of the performance parameters. The indicators for each subject are introduced in the protocol sheet from our database.

Based on the characteristics analyzed and used by psychologists to characterize a person's mental state or feelings, using the tree test, we decided to extract the following features: positioning of the tree in the image and its size in relation to the sheet of paper. These features may provide psychological meanings related to:

- if the sheet is taken as the base of the tree - immaturity,
- if the Tree is oversized – extraversion,
- if the tree is undersized – introversion, anxiety
- if the tree is placed on the a left – clinging to the past, fear of getting involved in relationships with others, introversion, anxiety,
- if the tree is very small or very large – neuroses and psychoses,
- if the tree is located on the right page – sentimentalism, inclination towards environment,
- if the tree exceeds the graphic space – high aspirations, megalomania, expansiveness

In order to determine these features we followed the steps presented in Figure 1:

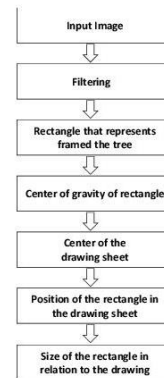


Figure 1. The working diagram

Firstly, to obtain digital images of the elementary school age children's drawings, we were scanning them and we noticed that they are noisy. The noise is detrimental information that affects the quality of the digital image. The noise in the obtained images occurs as pixels that are not part of the details of the drawing. According to (Gonzalez & Woods, 2002) it is defined as a process (P), which affects the acquired image (Im) and it is not part of the initial signal (I). This process can be written in equation (1):

$$Im(i, j) = I(i, j) + P(i, j) \quad (1)$$

Detecting the drawing region can be made by image thresholding or by edge detection. Thresholding is unreliable when the background (canvas) highly non-uniform or there are significant illumination variations on the page. To avoid such problems, we proposed to use edge detection (Canny –

standard, among the best today). The Canny edge detector [16] was applied by using a high sensibility threshold so that we should not miss the details of the drawing image. Still detecting many false edges if set at high sensitivity (needed in order not to miss real edges). False edges are generated by noise (see Figure 4). By noticing that false edges are isolated or connected with only a few false edge pixels, we clear such noise edges by the algorithm described below.

In image processing and image recognition, the pixel connectivity is the way each pixel is in a relation with more pixels (their neighbors). In a binary image, the image takes values in the set (0,1). The authors of book [17] say that a pixel q is connected with the pixel p if $q \in \partial_p$, where ∂_p is a neighborhood of p and has the same value. A pixel $p = f_{x,y}$ has four horizontal and vertical neighbors: $f_{x-1,y}$, $f_{x+1,y}$, $f_{x,y-1}$, $f_{x,y+1}$. They are called "4-neighbors" and form the boundary $V_4(p)$ to pixel p . In *4-Connected*, the pixels are connected horizontally and vertically (see Figure 2). An example of a binary image with two connected components which are based on 4-connectivity can be seen in Figure 3.

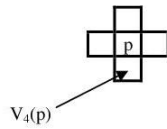


Figure 2. The neighborhoods of a pixel

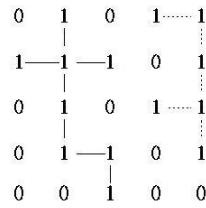


Figure 3. Two connected components based on 4-connectivity [18]

In the next step, to find the rectangle framing the tree, it was necessary to eliminate the pixels from background, pixels that represent the noise introduced in the previous stage. For this, we used a function that detects the objects in the image, having a number of connected pixels greater than a threshold. Using this function, the pixels from the background were removed (see Figure 4).

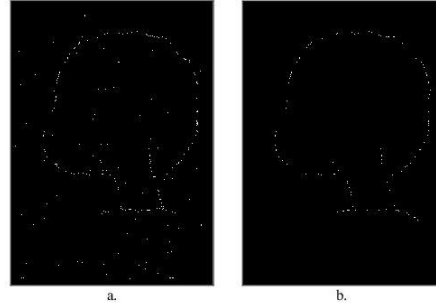


Figure 4. Remove noise pixels from the background
 a. Image with noise
 b. Removed noise

Once the image has been filter, we could create the rectangle that frames the tree. For this, we calculated each row and a column x_{min} , y_{min} and x_{max} , y_{max} . x_{min} and y_{min} represent the first pixel different from the background and x_{max} , y_{max} represent the last pixel different from the background.

After calculating and displaying the rectangle that frames the tree, we calculated the geometrical center of the rectangle, then the center of gravity of the drawing sheet. Having these coordinates, we calculated the distance (diff) between the two points on the horizontal and the vertical lines. (on OX and OY axis).

$$X_{cd} = \frac{x_{min} + x_{max}}{2} \tag{2}$$

$$Y_{cd} = \frac{y_{min} + y_{max}}{2} \tag{3}$$

$$diff_x = X_{C_{Img}} - X_{cd} \tag{4}$$

$$diff_y = Y_{C_{Img}} - Y_{cd} \tag{5}$$

$$\sum_x \sum_y x / N \text{ and } \sum_x \sum_y y / N | (x, y) \in Fg \tag{6}$$

where X_{cimg} is the center of gravity of the drawing sheet, X_{cd} is center of gravity of the rectangle on OX axis, Y_{cimg} is the center of gravity of the drawing sheet, and Y_{cd} is center of gravity of the rectangle on OY axis, N is the number of the pixels from the foreground, x and y are the coordinates of the pixels from the foreground.

Using these values and indications received from the psychologist, we could make the decision on placing the tree in the page (graphic space), namely "shift up", "shift down", "central position", "shift to right", "shift to left" or "exceeding

the space graph" (when the crown leaves much of the graphic space at the top of the page), as follows:

- if $\text{diff}(x) > 0$ result "shift to left",
- if $\text{diff}(x) < 0$ result "shift to right",
- if $\text{diff}(y) < 15\%$ of the bottom of page, 15% of the top edge of the page result "central position",
- if $\text{diff}(y) > 0$ result "shift up",
- if $\text{diff}(y) < 0$ result "shift down".

To find if the tree exceeds the graphic space we calculated the difference between max and min in the first five rows from the top of the image. If the difference is greater than the threshold, then we conclude that the graphic exceeds the space.

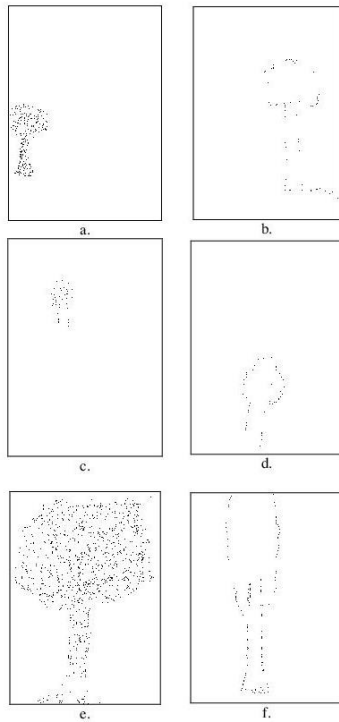


Figure 5. Position of the drawn Tree in the drawing sheet
 a. Left b. Right
 c. Up d. Down
 e. Central f. Exceeding

With these features, the algorithm selects the predominant feature as a percentage of the height and width of the image.

The next step was to get the size of the drawn tree in relation to the size of the graphic space. To obtain the tree size, we compared the tree height, obtained from the rectangle coordinates framing the tree, to the height of the image.

If $H_{Tree} > P_n$ and $H_{Tree} < P_{suprad}$ "The tree is of normal size", if $H_{Tree} > P_{suprad}$ "The tree is oversized", Otherwise "The tree is undersized", where $P_n = 70\% * H_{img}$, and, $P_{suprad} = 85\% * H_{img}$.

After we had obtained those features, we displayed the evaluation index of the drawing (e.g. M – size drawing), the interpretation parameters and the psychological meaning in a text file to compare the results obtained with the data provided by a psychologist.

III. RESULTS

For the testing stage, we used one hundred drawings belonging to school age students. The age of the group was 8-14 years old. For each drawing, a psychologist filled in a form – a protocol sheet. This contains, besides other, the main features of the tree position in the graphic space as well as its size in relation to the sheet of paper.

The images were scanned and processed using the presented algorithm. The results are display in Table 1 and Table 3. For each drawing, we determined the predominant features such as the tree position in the graphic space, as well as its size (see Figure 6).

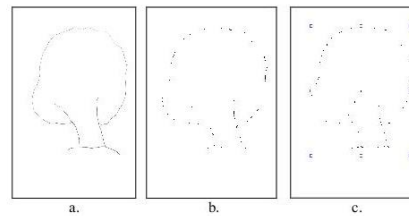


Figure 6. Filtered and tree detection
 a. Input Image
 b. Filtered Image
 c. Tree detection, middle of the page and middle of the rectangle detection

It is important to know if the drawing paper was place vertically or not. When the paper is rotated from its vertical position, it indicates opposition and rebelliousness. In order to determine the paper position we compare the x to y, where x is the height and y is the width of the drawing paper.

The tree can be positioned either up, down, central, on the left, on the right, or it can exceed the top of the graphic space.

After that, we determined the displacement of the tree to the left or right/up, to the left or right/down or in central position. From those features we chose the predominant features, namely either left, or right, or up, or down, or in a central position, or overtaking the graphic space.

In Table 1, we displayed the recognition rate for each predominant feature and in Table 2 the confusion matrix for each predominant feature of the tree position on the sheet of paper.

Table 1. Recognition rate

Position	Recognition rate
Centered	88,88%
Up	100%
Down	100%
Right	80%
Left	83,33%
Out of the drawing sheet	100%
Total recognition rate	92,035%

Table 2. The confusion matrix

Position	Centered	Up	Down	Right	Left	Out of the drawing sheet
Centered	88,88	0	5,566	5,566	0	0
Up	0	100	0	0	0	0
Down	0	0	100	0	0	0
Right	20	0	0	80	0	0
Left	10	0	0	6,67	83,33	0
Out of the drawing sheet	0	0	0	0	0	100

After the automated testing of the one hundred drawings, the found results were compared to the results provided by a psychologist. We determined that the **human error** was two trees with central position, one tree with "shift to up", five trees with "shift to down", and one tree with "shift to the left", the **automatic error results** are two trees with central position, one tree with "move to the right", and five trees with "move to the left".

This is because a graphic element, namely the ground line, is a feature not evaluated and processed by the presented algorithm. This problem will be solved later through an algorithm that can determine lines and curves. Even so, it can be observed that the algorithm is more accurate in determining the tree position due to the variable diff, while the psychologist cannot measure in millimeters each drawing.

In Table 3 we described the recognition rate of the tree size in relation with the graphic space. In Table 4 we presented the confusion matrix for each predominant feature of size. The tree can be undersized, oversized or can have normal size.

Table 3. Tree size recognition rate

Size	Recognition rate
a. Normal	97,30%
b. Oversized	100%
c. Undersized	96,43%
Total recognition rate	97,91%

Table 4. The confusion matrix for size feature

Size	a. Normal	b. Oversized	c. Undersized
a. Normal	97,30	2,70	0
b. Oversized	0	100	0
c. Undersized	3,57	0	96,43

After the automated testing of the 100 drawings, the found results were compared with the results provided by a psychologist. We discovered that the **human error** was six regarding trees with normal size, four regarding oversized tree and one regarding the undersized. The **automatic error results** are one for the undersized tree and one for the normal size tree.

IV. CONCLUSIONS

This paper presents an automatic method of analysis that determines and classifies the position of a drawn tree on a sheet of A4 paper and its size in relation to the sheet of paper. The classes are: "shift up", "shift down", "central position", "shift to right", "shift to left" and "exceeding the space graph". The recognition rate for the tree position in the page is 92,035% and the detection rate of a tree size is 97,91%.

The method described is a useful tool for teachers who want to know more about the children they interact with and to determine some of the children's personality characteristics, without needing good knowledge of the psychological analysis of the tree test. It may also represent a valuable instrument for psychologists, who in the evaluation process of the tree drawing test may have errors of interpretation due to tiredness or routine.

For the one who interprets more tests successively, the perception of the tree previously evaluated may influence the perception of the next trees, determining the human error. E.g., the evaluator assesses three or four oversized trees, and then a normal sized tree can be perceived as undersized.

The advantage of using a computer program is that it determines the focus of the whole drawing, while a psychologist

is tempted to appreciate the position of the entire tree, considering only the position of the more distinctive part (trunk or crown).

ACKNOWLEDGMENT

"This work was partially supported by the strategic grant POSDRU 107/1.5/S/77265 (2010) of the Ministry of Labor, Family and Social Protection, Romania, co-financed by the European Social Fund – Investing in people."

REFERENCES

- [1] D. Moga and P. Dobra, *Smart Sensor Systems*: Editura Mediamira Cluj Napoca, 2006.
- [2] B. Krishnamachari, *Networking Wireless Sensors*: Cambridge University Press, 2011.
- [3] M. Tărăța, *Informatică Medicală, Cap. Analiza și prelucrarea imaginilor medicale* vol. I- II: Editura Sitech Craiova, 2010.
- [4] Juan P. Wachs, *et al.*, "A Gesture-based Tool for Sterile Browsing of Radiology Images," *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2008.
- [5] M. Dumitrana, "Probleme de diagnostic - Depistarea copiilor cu tulburări emotionale cu ajutorul testului Stele-Valuri," *Revista Medicală Română, Ed. Medicală Amaltea*, vol. LVII, Nr. 3, Bucuresti, 2010.
- [6] K. Koch, *Testul arborelui (1978)*, traducerea Sorinel Mocanu - 3rd ed.: Ed. Profex, 2006.
- [7] N. Dumitrascu, *Tehnicile proiective in evaluarea personalitatii*: Editura Trei Bucuresti, 2005.
- [8] K. Yoshikawa and K. L. Mutharayan, *Cultural Ecology through Tree Test*. Tokyo: Tokai University Press, 2002.
- [9] I. B. Weiner and R. L. Greene, *Handbook of personality assessment*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- [10] Z. Vass, *A Psychological interpretation of drawings and painting. The SSCA Method: A systems analysis approach*: Ed. Alexandra Budapesta, 2012.
- [11] A. Rozorea and M. Sterian, *Testul Arborelui*: Editura Paidea Bucuresti, 2000.
- [12] H. Inadomi, *et al.*, "Characteristics of trees drawn by patients with paranoid schizophrenia," *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 57, pp. 347-351, 2003.
- [13] I. Mizuta, *et al.*, "Psychological characteristics of eating disorders as evidenced by the combined administration of questionnaires and two projective methods: The Tree Drawing Test (Baum Test) and the Sentence Completion Test," *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 56, pp. 41-53, 2002.
- [14] H. Inadomi, *et al.*, "Ability of Procedural Learning and Gestalt Cognition in Patients with Schizophrenia Assessed by Push-Button Task and Tree-Drawing Test," *Acta medica Nagasakiensia*, vol. 50, pp. 155-160, 2005.
- [15] A. Kaneda, *et al.*, "Characteristics of the tree-drawing test in chronic schizophrenia," *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 64, pp. 141-148, 2010.
- [16] J. Canny, "A computational approach to edge detection," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, pp. 679-698, 1986.
- [17] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing (2nd Edition)*: Prentice Hall, 2002.
- [18] C. C. Cheng, *et al.*, "Pixel Connectivity," *IEEE transactions on image processing : a publication of the IEEE Signal Processing Society*, vol. 18, pp. 52-62, 2009.