

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII  
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică  
Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală**

**Admis la susținere  
Șef departament MIB:  
Lupan Oleg prof. univ., dr. hab.**

---

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020

# **Restabilirea 3D a imaginii în defecte craniene la copii**

**Teză de master**

**Student:**

**SCRELEA Vitalie,  
grupa IBM-191M**

**Conducător:**

**NACU Viorel,  
prof. univ., dr. hab.**

**Chișinău, 2020**

# REZUMAT

La teza de master a studentului **Screlea Vitalie**

Tema: „Restabilirea 3D a imaginii în defecte craniene la copii”

**Lucrarea cuprinde:** 4 capitole, 21 figuri, 2 tabele, 30 surse bibliografice.

**Cuvinte-cheie:** prelucrare, tomografie computerizată, cranioplastie, 3D, OCR.

**Scopul lucrării:** Producția implanturilor personalizate care indeplinesc caracteristicile fizice ale fiecărui pacient cu dimensiuni, forme și proprietăți mecanice optimizate în cranioplastie

**Obiectivele generale** – Îmbunătățirea rezultatului estetic și reducerea timpului de implantare la operare.

**Domeniul de cercetare** – Constituie atât aspectele teoretice cât și cele practice de realizare a unui mecanism ce are la bază sursele ce permit dezvoltarea cranioplastiei.

**Originalitate științifică** – Dezvoltarea unui sistem de prelucrare a imaginilor 3D cu capacitatea de a prelucra o imagine coruptă a craniului unui copil prin intermediul utilizării prelucrării, citind datele corupte a imaginii.

Lucrarea este organizată în patru capitole care vor prezenta informații privind:

**Capitolul I** cuprinde fundamentele prelucrării imaginilor 3D.

**Capitolul II** conține procesarea imaginilor 3D obținute prin captare. Sunt descrise structura și posibilitățile sale funcționale.

**Capitolul III** se referă la adaptarea imaginilor 3D pentru prelucrare și pentru funcționarea sa asupra craniului copiilor. Sunt menționate câteva tehnici de înregistrare.

**Capitolul IV** cuprinde în rezultatele primite pentru restabilirea imaginii 3D cu exemple de testare finală afișate pe un PC.

**În concluzie**, se poate afirma ca scopul principal a fost atins cu succes cu ajutorul metodelor de documentație, comparație și cea aplicativă. Astfel fiind demonstrată importanța studiului atât și esența proiectului respectiv. Prezentarea cercetărilor pentru elaborarea unei tehnologii pentru procesarea imaginilor 3D utilizând algoritmi de recunoaștere a formelor.

# ANNOTATION

To the master thesis of the student Screelea Vitalie

Theme: " 3D images restoration in cranial defects of children "

**The thesis includes:** 4 chapters, 21 figures, 2 tables, 30 bibliographic sources.

**Keywords:** processing, computed tomography, cranioplasty, 3D, OCR.

**Work purpose:** Production of customized implants that meet the physical characteristics of each patient with optimized dimensions, shapes and mechanical properties in cranioplasty

**General objectives** - Improving the aesthetic result and reducing the implantation time during operation.

**Research field** - It is both the theoretical and practical aspects of achieving a mechanism based on the sources that allow the development of cranioplasty.

**Scientific originality** - Development of a 3D image processing system with the ability to process a corrupt image of a child's skull through the use of processing, reading corrupt image data.

The paper is organized in four chapters that will present information on:

**Chapter I** covers the basics of 3D image processing.

**Chapter II** contains the processing of 3D images obtained by capture. The structure and its functional possibilities are described.

**Chapter III** deals with the adaptation of 3D images for processing and for its operation on children's skulls. Some recording techniques are mentioned.

**Chapter IV** contains the results received for restoring the 3D image with final test examples displayed on a PC.

**In conclusion**, it can be stated that the main goal was successfully achieved with the help of documentation, comparison and application methods. Thus being demonstrated the importance of the study as well as the essence of the respective project. Presentation of research for the development of a technology for 3D image processing using shape recognition algorithms.

# CUPRINS

<b>1. FUNDAMENTELE PRELUCRĂRII IMAGINILOR 3D .....</b>	<b>3</b>
1.1 Digitalizare .....	3
1.2 Achiziția imaginilor.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.3 Procesarea imaginilor .....	4
1.4 Procesarea imaginii obținută prin captare .....	5
1.5 Cranioplastia sub aspect diacronic .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>2. PROCESAREA IMAGINII 3D OBȚINUTĂ PRIN CAPTARE.....</b>	<b>12</b>
2.1 Modelarea procesului de segmentare .....	18
2.2 Descrierea algoritmului de procesare (segmentarea).....	19
2.3 Algoritmul de procesare a imaginii biomedicale.....	21
2.4 Traumatisme cranio-cerebrale la copii .....	24
2.5 Descrierea metodelor uzuale de segmentare a imaginilor .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>3. ADAPTAREA IMAGINILOR 3D PENTRU PRELUCRARE .....</b>	<b>12</b>
3.1 Eliminarea zgomotului din imagini, utilizând rețele neuronale celulare .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2 Aplicații ale estimării de mișcare în imagistica medicală .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3 Utilizarea metodei de potrivire a blocurilor pentru a determina elasticitatea țesuturilor .....	32
3.4 Estimarea iterativă .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.5 Estimarea deplasărilor la nivel de sub-pixel, prin potrivirea fazei unor semnale complexe .....	35
3.6 Estimarea mișcării între două imagini .....	36
3.7 Extinderea metodei de estimare a mișcării la secvențe de imagini.....	36
3.8 Rezultate obținute cu imagini simulate .....	37
3.9 Rezultate experimentale obținute cu imagini reale.....	38
<b>4. REZULTATELE PRIMITE PRIN INTERMEDIUL DISPOZITIVULUI REALIZAT.....</b>	<b>40</b>
4.1 CT Imagine digitală .....	44
4.2. Segmentare și proiectare CAD .....	42
4.3 Modelare sistem CAD pentru proiectarea implantului.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.4 Proiectare a implantului 3D pentru craniu.....	44
4.5 Crearea unui model virtual 3D al craniului pacientului.....	44
4.6 Printarea 3D a defectului cranian .....	44
<b>CONCLUZII.....</b>	<b>51</b>
<b>Bibliografie.....</b>	<b>52</b>

## INTRODUCERE

Lucrarea de față prezintă un sistem pentru procesarea imaginilor biomedicale 3D a imaginilor defecte craniene la copii, utilizând algoritmi de recunoaștere a formelor în vederea obținerii unui diagnostic atât local, cât și în Internet, îmbutățind astfel actul medical. Imaginile biomedicale sunt obținute prin achiziționarea, în timp real, a semnalelor obținute prin rezonanța magnetică (MRI), ultrasunete (US) sau tomografie computerizată (CT).

Există o multitudine de programe de calculator care prelucrează imaginile digitale după dorință. Exemple de operații foarte uzuale: optimizarea culorii, contrastului și luminozității; decupare; întregire sau plasare într-o "ramă", tot digitală; mărire / micșorare; comprimare (de ex. pentru a accelera transmisia); mărirea sau micșorarea clarității (*sharpness, Schärfe*); compunerea unor imagini din alte imagini; precum și o mulțime întreagă de modificări, prelucrări.

După cum spunea Fred Barnard: „O imagine valorează cât o mie de cuvinte”. Dar atunci când în descrierea virtuală a unei scene reale pe lângă imagini statice se introduce timpul, ca o a treia dimensiune, se îmbogățește și mai mult universul lumii virtuale, care poate astfel descrie complet lumea reală, utilizând animația secvențelor de imagini. Acesta este unul din motivele interesului cercetătorilor pentru analiza și sinteza secvențelor de imagini și, în mod special, pentru estimarea și compensarea mișcării în secvențe de imagini.

Această lucrare prezintă tehnologiile aplicate la proiectarea și fabricarea unui protip biomedical, de fapt, un implant pentru reconstrucția chirurgicală a unui defect cranian. S-a obținut o serie de date de tomografie computerizată și s-a folosit software pentru extragerea geometriei craniene. Rezultatele obținute au fost utilizate pentru crearea biomodelului anatomic al defectului osos pentru planificarea chirurgicală, precum și pentru proiectarea și fabricarea implantului specific fiecărui pacient ce va permite de a reduce durata operației și îmbunătățirea preciziei chirurgicale datorită planificării preoperatorii a detaliilor anatomice.

## Bibliografie

1. **PRATT, WILLIAM K.** Digital image processing: PIKS Scientific inside. 4th ed., A Wiley-Interscience publication, ISBN: 978-0-471-76777-0, 2007.
2. **JAIN, ANIL K.** Fundamentals of digital image processing. Prentice Hall Information and System Sciences Series, ISBN: 0-13-336165-9, 1989.
3. **BANKMANN, ISAAC N.** Handbook of Medical Imaging. Processing and Analysis. Academic Press Series în Biomedical Engineering, ISBN: 0-12-077790-8, October 2000.
4. Handbook of Biomedical Image Analysis. Vol. 1: Segmentation Models Part A. Eds.: D. L. W. Jasjit Suri, Swamy Laximinarayan Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 2005.
5. Handbook of Biomedical Image Analysis. Vol. 2: Segmentation Models Part B. Eds.: D. L. W. Jasjit Suri, Swamy Laximinarayan Kluwer Academic/ Plenum Publishers, ISBN:0-306- 48605-9, 2005.
6. **LEE, CHRISTINA W. C.; M. E. TUBLIN; B. E. CHAPMAN.** Registration of MR and CT Images of the Liver: Comparison of Voxel Similarity and Surface Based Registration Algorithms. Comput Methods Programs Biomed, 2005, May; 78(2):101-14.
7. **MARTIN-FERNANDEZ, M.; ALBEROLA-LOPEZ, C.** An Approach for Contour Detection of Human Kidneys from Ultrasound Images using Markov Random Fields and Active Contours. Medical Image Analysis, 2005.
8. **MASUTANI, Y.; K. UOZUMI; AKAHANE MASA AKI; OHTOMO KUNI.** Liver CT Image Processing: a Short Introduction of the Technical Elements. European journal of radiology, 2006; 58(2):246-51.
9. **FASQUEL, J.-B.; V. AGNUS; J.MOREAU; L. SOLER; J. MARESCAUX.** An Interactive Medical Image Segmentation System Based on the Optimal Management of Regions of Interest Using Topological Medical Knowledge. Computer methods and programs în biomedicine, 82 (3) 216–230, 2006.
10. **SEONG-JAE LIM; YONG-YEON JEONG; YO-SUNG HO.** Automatic Liver Segmentation for Volume Measurement în CT Images. J. Visual Communication and Image Representation, 17(4): 860-875 (2006).
11. **STOITSIS, JOHN; IOANNIS VALAVANIS; STAVROULA G. MOUGIAKAKOU; SPYRETTA GOLEMATI; ALEXANDRA NIKITA; KONSTANTINA S. NIKITA.** Computer

Aided Diagnosis Based on Medical Image Processing and Artificial Intelligence Methods. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Volume 569, Issue 2, pp. 591-595.

**12. CHIA-HSIANG, WU; SUN YUNG-NIEN.** Segmentation of Kidney from Ultrasound B- mode Images with Texture-Based Classification. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 84(2-3): 114-123 (2006).

**13. CAMPADELLI, PAOLA; ELENA CASIRAGHI; ANDREA ESPOSITO.** Liver Segmentation from Computed Tomography Scans: A Survey and a New Algorithm. Artificial Intelligence in Medicine, 45(2-3): 185-196 (2009).

**14. BEZY-WENDLING, JOHANNE; KRETOWSKI MAREK.** Physiological modeling of tumor-affected renal circulation. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 91(1): 1-12 (2008).

**15. ZAFER, ISCAN; YÜKSEL AYHAN; DOKUR ZÜMRAY; KORÜREK MEHMET; ÖLMEZ TAMER.** Medical Image Segmentation with Transform and Moment Based Features and Incremental Supervised Neural Network. Digital Signal Processing, Vol. 19, Issue 5, September 2009, pp. 890-901.

**16.** [https://www.utcluj.ro/media/page\\_document/294/h\\_Teza\\_abilitare\\_Grava\\_jKQ4fit.pdf](https://www.utcluj.ro/media/page_document/294/h_Teza_abilitare_Grava_jKQ4fit.pdf)

**17.** Adomnicăi Gh., Mihalache Gr., Chiriac M. - Noțiuni de Embriologie Umană; Litografia I.M.F. Iași 1977.

**18.** Centrul Global pentru Controlul și Prevenția Leziunilor, Statele Unite ale Americii, 2009

**19.** Joost W. Schouten. Neuroprotection in traumatic brain injury: a complex struggle against the biology of nature. In: Current opinion in critical care. 2007, vol. 13, p. 134-142.

**20.** Leonardo Rangel-Castilla, Jaime Gasco, Fadi Hanbali et al. Closed head trauma. The medscape journal.

**21.** [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi-7eThmsftAhVSBhAIHcleCp8QFjAMegQIFBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.aii.pub.ro%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_content%26view%3Darticle%26id%3D163%3Ametode-avansate-de-prelucrare-a-imaginilor-complexe-analiza-imaginilor-3d%26catid%3D21%3Amaster-pcsam%26Itemid%3D21&usg=AOvVaw07k7tI8zvgo1qUG8l6wbGN](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi-7eThmsftAhVSBhAIHcleCp8QFjAMegQIFBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.aii.pub.ro%2Findex.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D163%3Ametode-avansate-de-prelucrare-a-imaginilor-complexe-analiza-imaginilor-3d%26catid%3D21%3Amaster-pcsam%26Itemid%3D21&usg=AOvVaw07k7tI8zvgo1qUG8l6wbGN)

**22.** <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-3d-image-processing.html>

**23.** <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361505001338>

- 24.** Staffa G, Nataloni A, Compagnone C, Servadei F. Custom made cranioplasty prostheses in porous hydroxy-apatite using 3D design techniques: 7 years experience in 25 patients. *Acta Neurochir (Wien)* 2007; 149:161-70; discussion 70.
- 25.** Chim H, Schantz JT. New frontiers in calvarial reconstruction: integrating computer-assisted design and tissue engineering in cranioplasty. *Plast Reconstr Surg* 2005; 116:1726-41.
- 26.** D'Urso PS, Earwaker WJ, Barker TM, Redmond MJ, Thompson RG, Effeney DJ, Tomlinson FH. Custom cranioplasty using stereolithography and acrylic. *Br J Plast Surg* 2000; 53:200-4.
- 27.** Calderoni D. R. , Gilioli R., Jardini A. L., Maciel Filho R., Zavaglia C. A.C., Lambert C. S., Lopes E. S. N., Toro I. F. C., Kharmandayan, P., Paired evaluation of calvarial reconstruction with prototyped titanium implants with and without ceramic coating. *Acta Cirúrgica Brasileira - Vol. 29 (9) 2014, 579.*
- 28.** Bandyopadhyay A, Espana F, Balla VK, Bose S, Ohgami Y, Davies NM. Influence of porosity on mechanical properties and in vivo response of Ti6Al4V implants. *ActaBiomater.*
- 30.** Vehof JWM, Haus MTU, de Ruijter AE, Spauwen PHM, Jansen J a. Bone formation in transforming growth factor beta-I-loaded titanium fiber mesh implants. *Clin Oral Implants Res.* 2002