

אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

Ben-Gurion University of the Negev

**הפקולטה למדעי ההנדסה**

**המחלקה להנדסת חשמל ומחשבים**

Faculty of Engineering Science

Dept. of Electrical and Computer Engineering

**פרויקט הנדסי שנה ד'**

**Fourth Year Engineering Project**

**PDR**

[**Brain tumor segmentation using deep learning**](http://projects.ee.bgu.ac.il/zf/public/projects/projinfo/id/s-2018-104)

**סגמנטציה של גידולים מוחיים באמצעות למידה עמוקה**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **מספר הפרויקט:** | **p-2018-059** | **Project number:** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **סטודנטים**  **(שם ו ת.ז.):** | **Roy Hirsch 305052920**  **302724893 Ori Chayoot** | **Students**  **(name & ID):** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **מנחים:** | **Dr. Tammy Riklin Raviv** | **Supervisors:** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **תאריך הגשה:** | **2017** | **Submission date:** |

**תקציר:**

גידול מוחי הוא מצב בו מתרחש גידול לא מפוקח ולא נורמלי של תאים הנמצאים במוח. ניתן לסווג גידולים מוחיים לשני סוגים: גידולים ממאירים הפולשים לרקמות השכנות וגידולים שפירים אשר אינם פולשים לרקמות שכנות. הגידול המוחי הנפוץ ביותר בקרב מבוגרים הינו "גליומה" ומקורו בתאים הגליאלים, תאים אשר מספקים תמיכה והגנה לעצבי המוח, משמידים פתוגנים ומסירים תאים מתים [2][1]. נהוג לחלק גידולים אלו לשתי דרגות: גידולים בדרגה נמוכה וגידולים בדרגה גבוהה. הגידולים בדרגה הגבוהה הינם ממאירים והגידולים בדרגה הנמוכה בדרך כלל שפירים (אך בשל נטייתם לעלות דרגה מסווגים אותם כממאירים גם כן). הגידול מורכב מארבע חלקים עיקריים: האזור הפעיל (enhancing), האזור הנקרוטי (necrotic), ליבת הגידול ואזור בצקתי [4].

במהלך האבחון והטיפול בהתקדמות המחלה נעשה שימוש בסריקות MRI אשר מספקות הדמיה תלת ממדית של המוח ושל הגידול. סריקת ה-MRI מבוצעת על ידי הפעלת שדה מגנטי תוך כדי שידור פולס רדיו בתדר פרופורציונלי לעוצמת השדה המגנטי אשר משפיעים על ספין הפרוטונים בגרעיני המימן שברקמות[3]. לרוב ניתוח ההדמיות נעשה על ידי רופאים, ידנית ובאופן איכותי בלבד כאשר ניתוח התמונה עלול להיות שונה בין רופא אחד לאחר. החלפת הניתוח הידני בניתוח אוטומטי, מדויק ומבוסס סגמנטציה טומן בחובו פוטנציאל לשיפור האבחון והטיפול בחולה תוך ניצול זמן הרופא באופן מיטבי[4].

צורת הגידול על שלל מרכיביו אינה בעלת מאפיינים ברורים ולכן שימוש באלגריתמים קלאסיים בלבד למשימת הסיגמנטציה אינו מביא לתוצאות מספקות. התקדמות המחקר בשנים האחרונות בתחומי למידת המכונה ורשתות הנוירונים מהווה תשתית טובה לפתרון בעיה זו. רשתות נוירונים הינן מערכות המורכבות ממספר שכבות, כאשר כל שכבה מבצעת פעולה יחסית פשוטה (לדוגמא קונבולוציה בין פילטר לתמונה) ובעלות ערכים הניתנים לשינוי (כדוגמת ערכי הפילטר המשמש לקונבולציה). הרשת לומדת על ידי הזנת דוגמאות אימון דרכה (בצורה איטרטיבית) ובסוף תהליך האימון הרשת צפויה לבצע סגמנטציה טובה על דוגמא חדשה.

מטרת הפרויקט הינה פיתוח ומימוש אלגוריתם אופטימלי אשר ימומש בעזרת רשת נוירונים אשר יבצע סגמנטציה לרכיבי גידול ה"גליומה" בהדמיות MRI .

**מילות מפתח:** גליומה, למידה עמוקה , למידת מכונה, גידול מוחי , רשתות נוירונים, סגמנטציה, רשתות קונבולוציה, MRI .

**Abstract:**

Brain tumor is a state in which cells form in an abnormal way and without supervision. Brain tumor can be classified into two categories: malignant tumors, which infiltrating the surrounding tissues and benign tumors which do not infiltrate the surrounding tissues. The most common brain tumor type among adults called Glioma and it is originated from the Glial cells, these cells provide protection and stability to the brains neurons and destroys pathogens [1][2]. Glioma tumors are usually referred as low rated or high rated tumors. High rated tumors are malignant and low rated tumors are usually benign (though they tend to upscale into high rate and therefore also classified as malignant). Spatially the Glia tumor can be divided to four regions: tumor core, enhancing tumor, necrotic tumor and the edema [4].

In order to evaluate the disease’s progression and give suitable treatment a 3D MRI scan is used. In order to create the 3D image the MRI uses combination of constant magnetic field and RF pulses which changes the spin of the Hydrogen protons in the brain’s tissues [3]. In current clinical routine, the resulting images are evaluated based on qualitative criteria only, preformed manually and the analysis often differs between doctors. Replacing the current procedure with an automated analysis has great potential for improving the patient’s treatment and will allow to utilize the physicians time better [4].

Due to the verity of tumor structures in terms of size, extension and localization the use of classic computer vision algorithms does not bring sufficient results. On the other hand, the progression of the research in the fields of machine learning and neural networks is considered today to be good infrastructure for this task. Neural networks are systems which consists of varied number of layers, when each layer perform a relatively simple computational task (such as convolutional layer). Each layer’s parameters can be changed in order to produce good result (for example the filters values used in a convolution layer). The network adjusts its parameters according to a training data. At the end of the learning process the network should be able to classify unseen data with high accuracy.

The project goal is to develop and implement an optimal algorithm based on neural networks which will perform segmentation to the Glioma’s tissues in brain’s MR images.

**Key Words:** Glioma, deep learning, machine learning, brain tumor, neural networks, segmentation, convolutional networks, MRI.

**Research Proposal:**

Our project goal is to segment tumors and tissue components in multimodal brain MR images automatically and reliably. We will explore the current state of the art algorithms, choose the superior ones and modulate them to an optimized solution. We will use “classical” image processing tools and current machine learning and neural networks in order to implement the optimized solution. [5]

Our product will be an algorithm implemented in Python which will be able to process and analyze multimodal MR images with high accuracy. The algorithm will be trained on BRATS image dataset and will be tested and measured on an unseen data. The output of the algorithm is a segmentation map of the input image (with the ability to label 4 different tissue areas).

Three tumor regions segmentation will be evaluated: the whole tumor, the tumor core and the active tumor (the enhancing core). We will follow those evaluation metrics:

Dice – For each of the three tumor regions we obtained a binary map with algorithmic predictions P∈{0,1} and the experts' consensus truth T∈{0,1}. The Dice measure is calculated following this equation:

Hausdorff distance – a method for calculating distance between segmentation boundaries.

A realistic success rate will be:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Whole tumor | Tumor’s core | Active tumor |
| Dice score | 0.8 0.1 | 0.7 0.1 | 0.6 0.1 |

Our algorithm will consist the following components:

* Preprocessing of the input data for a homogenous dataset, for example: intensity correction and images registration.
* Features extraction, for example: voxel-wise features, textural and spatial features and intensity distribution using deep learning algorithm and architecture such as convolutional networks.
* Classification stage which segment each voxel’s class based on the scores that each class achieved. [6][7]

**Block diagram:**

**Loss function (Train)**

(Softmax, Hinge etc.)

**Preprocessing**

(Registration, intensity correction, etc.)

**Features extraction**

(Convolution layers, dropout layers etc.)

**Classification (Test)**

In order to achieve our goals, we will follow the following working methodology:

1. Information gathering stage:
   1. Extensive research of relevant segmentation algorithms from BRATS challenge and other publications.
   2. Learning classic image processing and MR imaging.
   3. Experiencing with implementation of neural networks.
2. Evaluation and Implementation stage:
   1. Design and Implementation of state of the art algorithm.
   2. Evaluating and comparing the different algorithms.
   3. Changing and optimizing the algorithm.

**Task management:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Weeks** | **Tasks** |
| 1-4 | * Literature review. * Learning TensorFlow. * Submit preliminary report (11/2017) |
| 5-8 | * Literature review. * Implementation of basic image processing procedures as part of image processing course. * Implementation of a simple neural network with TensorFlow. |
| 9-12 | * Execute classic computer vision algorithm. * Execute MR image segmentation project using classic algorithms. |
| 13-16 | * Evaluation of the classic MR algorithm and design state of the art deep learning algorithm. * Implementation of the algorithms. |
| 17-20 | * Implementation of the algorithm. * Evaluation of the algorithm on the test data. * Comparison of the algorithm results using the evaluations metrics to the classic MR algorithm and to other state of the art deep learning algorithm. |
| 20-24 | * Further modifications for optimizing the leading algorithm. * Re-evaluation of the modified algorithm. |
| 24-28 | Summery and reports |

**References:**

1. E. C. Holland, "Progenitor cells and glioma formation", *Curr. Opin. Neurol.*, vol. 14
2. D. Purves et al, “Neuroscience 3rd ," ed., Sinauer Associates, 2004
3. Friebolin, H., "Basic One- and Two- Dimensional NMR Spectroscopy, 4th ed.," VCH: Weinheim, 2008.
4. B. H. Menze, A. Jakab״, The Multimodal Brain Tumor Image Segmentation Benchmark (BRATS)״, Med. Im. vol:34 issue: 10.
5. P. Y. Wen, "Updated response assessment criteria for high-grade gliomas: Response assessment in neuro-oncology working group", J. Clin. Oncol., vol. 28, pp. 1963-1972, 2010.
6. C. Cortes, V. Vapnik, "Support-vector networks", Mach. Learn., vol. 20, no. 3, pp. 273-297, 1995.
7. Criminisi, J. Shotton, Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis, Germany, Heidelberg:Springer, 2013.