1. מבוא

לחוקרי המוח יש את מכשיר ה MRI, מכשיר זה ממפה את המוח ומראה את החלקים של המוח בצורה של שחור ולבן וגוונים שבניהם. עם הזמן הומצאה מדידת תפקוד מוחי - fMRI) functional MRI). חוקרים גילו שלאחר שמשתמשים באזור מסוים במוח יורדת זמנית עוצמת אות ה-MRI באזור זה. חוקרי המוח מנצלים תופעה זו כדי ללמוד אילו אזורים במוח פעילים כשמבצעים מטלות שונות. לדוגמה, מצלמים את המוח בזמן מנוחה ולאחר מכן מצלמים את אותו אזור, בזמן שמראים לנבדק תמונה או משמיעים לו קול מסוים. כשמחסרים את שתי תמונות ה-MRI רואים בניתוח התמונה את האזור במוח שהיה בשימוש. מלבד חשיבותו ככלי לחקר המוח, fMRI הוא כלי חשוב לתכנון ניתוחי מוח. מתמונות fMRI יכול המנתח לאתר את מרכזי הדיבור והשמיעה של החולה (הם נמצאים במקומות שונים אצל אנשים שונים) כדי לתכנן ניתוח שימזער את הנזק הנלווה להסרת הגידול עצמה.

איך זה עובד?

דימות תהודה מגנטית מבוססת על [תהודה מגנטית גרעינית](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%AA%D7%94%D7%95%D7%93%D7%94_%D7%9E%D7%92%D7%A0%D7%98%D7%99%D7%AA_%D7%92%D7%A8%D7%A2%D7%99%D7%A0%D7%99%D7%AA) (NMR=MRI). בנוכחות חומר שלגרעינים שלו יש [מומנט מגנטי](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9E%D7%95%D7%9E%D7%A0%D7%98_%D7%9E%D7%92%D7%A0%D7%98%D7%99) מתרחשות מספר תוצאות:

* בנוכחות [שדה מגנטי](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A9%D7%93%D7%94_%D7%9E%D7%92%D7%A0%D7%98%D7%99) חיצוני, החומר מתמגנט. המגנטיזציה יחסית לשדה החיצוני



* אם מוצבת בזווית (לא אפס) לשדה B0 הוא יבצע פרצסיה (נקיפה) בתדר לרמור שפרופורציוני לעוצמת השדה החיצוני



* בנוכחות שדה מגנטי נוסף (שמסומן ) שניצב ל-B0 ומסתובב מסביבו בתדר לרמור אזי מתחיל לנטות מן הכיוון של . שדה זה נקרא "פולס RF". פולס RF של 900 מסובב את ב-900 מכיוון .



* אחרי סיום פולס ה-RF, כל רכיב של שניצב לכיוון מבצע פרצסיה בתדר לרמור. תנועה זאת נקראת פרצסיה חופשית (free precession). באנטנה שנמצאת בקרבת מקום יושרה מתח שמשתנה בתדר νLarmor על ידי [חוק פאראדיי](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%97%D7%95%D7%A7_%D7%A4%D7%90%D7%A8%D7%90%D7%93%D7%99%D7%99).



* בנסף לפרצסיה חופשית, רכיב המגנטיזציה שמקביל לשדה חוזר בצורה אקספוננציאלית לערכו בשיווי משקל תרמי , ורכיב המגנטיזציה שניצב לשדה דועך לאפס בצורה אקספוננציאלית.



בהדמיה, בנוסף לשדה החיצוני הקבוע והאחיד, מייצרים שדה מגנטי שמשתנה ממקום למקום. בקירוב, השדה משתנה בצורה לינארית בחלל המגנט, ולכן שדה זה נקרא "[גרדיאנט](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%92%D7%A8%D7%93%D7%99%D7%90%D7%A0%D7%98)". כתוצאה מהגרדיאנט משתנה תדר הפרצסיה ממקום למקום. לדוגמה, אם הגרדיאנט הוא בציר X אזי

.



כאן הוא עוצמת הגרדיאנט. היות שכל מומנט בגוף מתנודד בתדר שונה (על פי מיקומו בציר ה-X), האות הכולל שנקלט באנטנה הוא סכום של תדרים רבים. במאה ה-19 פיתח [פורייה](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%96%27%D7%90%D7%9F_%D7%91%D7%98%D7%99%D7%A1%D7%98_%D7%96%27%D7%95%D7%96%D7%A3_%D7%A4%D7%95%D7%A8%D7%99%D7%99%D7%94) טכניקה מתמטית לפרק אות לסכום של גלי סינוס בתדרים שונים. טכניקה זאת נקראת [התמרת פורייה](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%94%D7%AA%D7%9E%D7%A8%D7%AA_%D7%A4%D7%95%D7%A8%D7%99%D7%99%D7%94). ב[שנות ה-60 של המאה ה-20](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A9%D7%A0%D7%95%D7%AA_%D7%94-60_%D7%A9%D7%9C_%D7%94%D7%9E%D7%90%D7%94_%D7%94-20) פיתחו Cooley ו-Tukey, שני מדענים שעבדו בחברת [IBM](http://he.wikipedia.org/wiki/IBM), שיטה נומרית יעילה מאוד לביצוע ההתמרה. שיטה זאת נקראת [FFT](http://he.wikipedia.org/w/index.php?title=Fast_Fourier_Transform&action=edit&redlink=1). ב-MRI דוגמים את האות שנקלט באנטנה ומבצעים על האות התמרת פורייה מהירה. כתוצאה מהקשר בין תדר למקום (שנוצר על ידי שימוש בגרדיאנט) התרומה של תדר מסוים באות היא התרומה של מקום מסוים בגוף. כך ניתן לפענח איזה חלק מהאות בא מכל אזור ואזור שבגוף, ולהציג לרופא תמונה דו-ממדית או תלת-ממדית. עוצמתו של כל [פיקסל](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A4%D7%99%D7%A7%D7%A1%D7%9C) בתמונה היא פונקציה של מספר גורמים - כמות החומר בעל מומנט מגנטי שיש שם, זמני רלקסציה, מקדם הדיפוזיה, זרימה, נוכחותם של חלקיקים [פרומגנטיים](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A4%D7%A8%D7%95%D7%9E%D7%92%D7%A0%D7%98) מיקרוסקופיים ועוד.

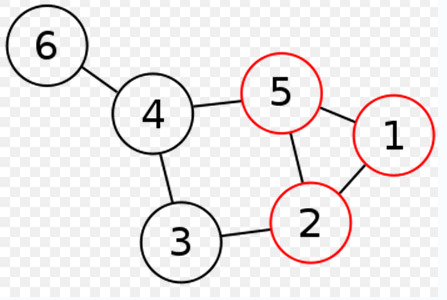


משך זמן הסריקה תלוי בטכניקת הדימות. ישנן סריקות הנמשכות שניות בודדות ואחרות נמשכות עשרות דקות. בדרך כלל מבקש הרופא לבצע מספר סריקות לאותו נבדק בשיטות סריקה שונות (שמייצרות קונטרסטים שונים) ובגאומטריות וב[רזולוציות](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A8%D7%96%D7%95%D7%9C%D7%95%D7%A6%D7%99%D7%94) שונות, כגון תמונות מכיוונים שונים. התהליך כולו נמשך בין 20 עד 40 דקות ואין כמעט תופעות לוואי. לפעמים מזריקים לנבדק חומר [פאראמגנטי](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A4%D7%90%D7%A8%D7%90%D7%9E%D7%92%D7%A0%D7%98) ([גדוליניום](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%92%D7%93%D7%95%D7%9C%D7%99%D7%A0%D7%99%D7%95%D7%9D)) שעשוי להגדיל את הקונטרסט במקרה של גידולים מסוימים.

1. תאור הבעיה

במוח יש אלפי קשרים בין קצוות העצבים . אנו מנסים למצוא קשרים בינהם לאורך הזמן.

לצורך כך נגדיר קליקה – קליקה מוגדרת ע"י קשרים בין מספר יחידות (בין 5 ל 7) להלן דוגמה של קליקה של 3



הגדרה מפורטת יותר ניתן למצוא ב: <http://en.wikipedia.org/wiki/Clique_problem>

כדי להגדיר קשר בין 2 נקודות יש להיעזר בקורלציה בין הנקודות ע"מ להגדיר האם קיים קשר בין 2 הנקודות .

הגדרה: קורלציה הינה שיטה להשוואה בין שני פרמטרים, כאשר מקדם הקורלציה נותן

לנו אינדיקציה על מידת הקרבה ביניהם. מקדם זה מחושב על פי הנוסחה:



מקדם הקורלציה נע בין ערכי 0 ל-1 ,כאשר 0 משמעו אין משותף כלל ו 1 משמעו זהות מוחלטת.

את הבדיקות האם ישנה קליקה או שלא , נממש באמצעות מעבד גרפי <http://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_processing_unit> ע"י שימוש ב CUDA .

1. דרך פיתרון

לפני הכול נמיר את המידע למערך ובו ערכי מקדם הקורולציה בין 2 נקודות , ניתן להגדיר מערך נוסף אשר מכיל ערכים של חיובי או שלילי לאחר בדיקת מקדם הקורולציה לאחר הסף הנידרש .

ע"מ למצוא את הקליקות יש לקחת את המערך או חלק ממנו ,מטעמי נוחות, ולסרוק אותו לאיתור הקליקות בגודל הרצוי.

ישנם 3 דרכים עיקריות לפתרון הבעיה , הראשונה היא דרך בדיקה רציפה של כל האיברים במערך המתארים את הקורולציה בין הנקודות . עד ליצירת מערך קליקות .שיטה זו הינה פשוטה אך לוקחת המון זמן ריצה . דרך נוספת היא באמצעות חיפוש לעומק.אשר עליה נסביר בהמשך.

דרך נוספת היא דרך ריקורסיבית, כאשר ריקוסיה, מוגדרת ע"י ויקיפדיה כך:" רֵקוּרְסִיָּה (ב[עברית](http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A2%D7%91%D7%A8%D7%99%D7%AA): נסיגה) היא תופעה שכל מופע שלה מכיל מופע נוסף שלה, כך שהיא מתרחשת ומשתקפת בשלמותה בתוך עצמה שוב ושוב." ניתן לקרוא עוד על סוגי ריקורסיות ב <http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A8%D7%A7%D7%95%D7%A8%D7%A1%D7%99%D7%94>

את מימוש יצירת הקליקות ע"י ריקורסיה ניתן להביט בקטע הבא:

כדי למצוא את כל הקליקות בגודל 3 ש-a מעורב בהם, מספיק למצוא את כל הקליקות בגודל 2 מהשכנים של a.

Q<-Q(size, N0)

If (|N0|<size) return NULL // קבוצה ריקה

If (size==1) return N0

Ans= new vector()

For (i=0, i<|N0|, i++){

v1 =N0[i]

N1 =N0∩*N*(v1) // N return all v1's neighbors (from original graph)

Q1=Q(size-1,N1)

Ans.add(v1+Q1)

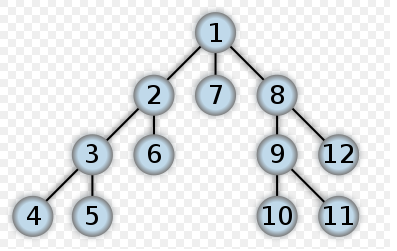
}

Return ans

בכל פעם אנו יוצרים מערך של קליקות וכאשר מוצאים מתוכם איבר משותף נוסף יוצרים מערך שהוא החיתוך של הקבוצות . חיתוך זה האיברים המשותפים בלבד לשני הקבוצות וכך למעשה נוצרת קבוצה חדשה המכילה את האיברים המשותפים לקבוצה הישנה והחדשה וכך אנו מצמצמים את החיפוש יותר ויותר עד שמקבלים את התוצאה המתקבלת הקליקות של המספר הרצוי 5 6 או 7.

הדרך השלישית הינה חיפוש לעומק, משמעותה היא חיפוש מיתוך רשימת קשרי האיברים (רשימה שיצרנו עבור כל איבר את שמות החברים שלו לפי ערך מוגדר של קורולציה) כאשר אנו מתקדמים עבור כל איבר לעומק, לכל איבר יש רשימת חברים ומיתוכם מוצאים את החברים של החברים וכן הלאה כאשר בצורה זו אנו מפחתים את ה PAGE FAULT שניתקל בהם בזמן החיפוש וכך למעשה נקצר את זמן מציאת הקליקות בצורה משמעותית .

מציאת קליקות לפי שיטה זו נקראת Depth-first search ( DFS ) אשר ניתן לתאר בצורה גרפית כך



מוצאים את השורש וממנו יוצאים לתת קבוצה . כל תת קבוצה מתפצלת למספר תתי קבוצות וכך למעשה אנו יוצרים בדיקת חיתוך האיברים במערך ואיחודם עם הרמות מעליהם

כאשר נרצה לחפש קליקה מסדר מסוים נחפש אותה בין הקליקות במה שלפניה וכך הלאה . כך בפועל הקטנו את מספר המשתנים שעליהם נבצע חיפוש . וכך אכן השגנו את מטרתנו לקצר את משך חיפוש הקליקות בתוך המטריצה המצומצמת

המקבול של תהליך זה קל מאחר וכל איבר במערך המצומצם צריך להיבדק ע"מ למצוא לו קליקות ולכן ניתן לבצע חיפוש זה ע"י מקבול וכך למעשה נשיג שיפור נוסף על השיפור שקיבלנו של הקטנת הנתונים עליהם מתבצע החיפוש ובסופו של יום נקבל שיפור משמעותי יותר למציאת הקליקות.

1. השיפור

עבור חיפוש קליקות לאורך כל המערך אנו ניתקל ב PAGE FAULT כגודל המערך בריבוע .

ועבור חיפוש ע"י חיפוש לעומק אנו נקבל PAGE FAULT כגודל המערך בחזקת אחד וחצי

כך למעשה קיבלנו קיצור משמעותי בזמן ככל שגודל המערך הולך וגודל

ותודה לאירי על הפסדו הוראות למציאת הקליקות

קישורים ומקורות :

<http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%93%D7%99%D7%9E%D7%95%D7%AA_%D7%AA%D7%94%D7%95%D7%93%D7%94_%D7%9E%D7%92%D7%A0%D7%98%D7%99%D7%AA>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Depth-first_search>