

המשימה – גילוי מוקדם של סרטן השד

חברת Imaging Real שמה לעצמה כמשימה וכיעד, לפתח טכנולוגיה שתשמש לצורך גילוי מוקדם של סרטן השד, על מנת לשפר את חייהם של כלל הנשים בעולם ואף להציל חיים.

בועז ארנון

רנטגן של השד. את התמונה המופקת על ידי מכשיר הממוגרפיה בודק רופא מומחה – רדיולוג, אשר על פי נסיונו מנתח את התמונה ומחליט האם האישה בריאה או שיש חשד לגידול סרטני בגופה. בדיקה זו מבוססת למעשה על טכנולוגיה ההדמיה בקרני X (קרני רנטגן) ולמעשה לא השתנתה באופן עקרוני עשרות שנים.

לטכנולוגיה זו מספר חסרונות בולטים – היא אינה ישימה לנשים צעירות, השימוש בה דורש הקרנה של חוזרת ונישנת של השד בקרינה מיננת והיא כרוכה בכאב לאישה הנבדקת.

חזון החברה

החברה לקחה על עצמה כמשימה, לפתח טכנולוגיה אשר תהיה יעילה ומדויקת ללא תלות בגיל האישה, ללא שימוש בקרינה מיננת וללא גרימת כאב לאישה.

עקרון הפעולה הטכנולוגי

מבוסס על ההבנה של התהליכים הביולוגיים הדינמיים המתרחשים בגוף האישה כאשר מתפתח בחזה גידול ממאיר. כבר בשלבים ראשונים, כאשר הגידול הינו בגודל מזערי של מילימטרים בודדים, משתנה ההתנהגות המטבולית של סביבת הגידול ואף של השד כולו. הנ"ל נובע מכך שהגידול, לצורך גדילתו המהירה והלא מבוקרת, זקוק לכמויות גדולות של מזון וחמצן, ואשר על כן חלק מההליך הסרטני כולל היווצרות של כלי דם חדשים בסביבת הגידול וזרימה מוגברת של דם בשד כולו ובסביבת הגידול בפרט. התנהגות מטבולית זו חורגת מהאיזור המידי של הגידול ומשפיעה על כלל ההתנהגות המטבולית של השד. אשר על כן, אם היה כלי/טכנולוגיה, אשר באמצעותו ניתן היה בצורה מדויקת לנתח את ההתנהגות המטבולית של השד ניתן היה לזהות גידולים סרטניים בשלבים מוקדמים מאוד של התהליך הסרטני. אולם, מתברר כי התנהגות זו מושפעת ביותר מהמאפיינים הצורתיים של שד האישה.

אם נשווה שתי נשים, אשר בגופם קיים גידול סרטני בגודל דומה ובשלב התפתחות דומה, אולם, ממדי גופם שונה (למשל אישה בעלת ממדי גוף קטנים לעומת אישה גדולת גוף) נמצא כי המאפיינים

סרטן השד הוא הסרטן הנפוץ ביותר בין הנשים בעולם. אחת מכל שמונה נשים תחלה בסרטן השד במהלך חייה. נכון להיום, טרם נמצאה תרופה המרפאת סרטן, ואשר על כן הטיפול בחולה שבגופו נמצא סרטן מתבסס על הוצאת הגידול מהגוף ומתן טיפולים משלימים (כגון הקרנות וכימוטרפיה).

כיום, לאחר עשרות שנים של מחקרים ומעקב אחרי נשים השייכות לקבוצות סיכון וכן אחרי נשים שבגופם התגלתה המחלה, ברור כי ככל שהסרטן התגלה בשלבים המוקדמים של המחלה, כאשר הגידול הוא קטן וטרם שלח גרורות למקומות אחרים בגוף מחוץ לשד, כך עולה – ואף באופן דרמטי הסיכוי להציל את חייה של האישה.

דהיינו, המפתח להצלת חיים בנושא זה מתבסס על גילוי מוקדם של המחלה.

מכיוון שכך, עיקר המאמץ של רשויות הרפואה במדינות שונות ברחבי העולם מוקדש לבחינה כיצד ניתן לגלות את הסרטן בשלבי המוקדמים. במדינות רבות אף נהוגה "תוכנית סקר" בה נקראת האישה לבצע מידי שנה-שלוש שנים בדיקה רטינית אשר נועדה לשלול את המצאות הסרטן בגופה, ולחילופין אם כבר התחיל להתפתח בגופה סרטן – למצוא את הגידול כבר בשלבי ההתפתחות הראשונים שלו. הטכנולוגיה המובילה כיום בעולם בבדיקות סקר תקופתיות אלו היא בדיקה הידועה בשם "ממוגרפיה". בדיקה זו היא למעשה צילום

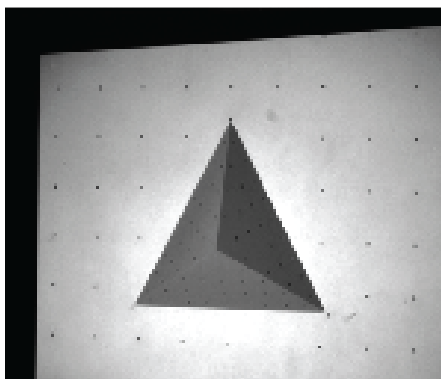


את הסיגנל המטבולי מגלים באמצעות מצלמת IR (אינפרא-אדום) גם מצלמה זו צריכה להיות מכוילת מרחבית יחסית למצלמה הדיגיטלית ולמקרה. על כן יש צורך במטרת כיול שאותה ניתן לזהות הן באמצעות המצלמה הדיגיטלית והן באמצעות מצלמת ה-IR. כמו כן ברור כי מטרת הכיול צריכה להיות בעלת נפח כיוון שהגוף המצולם של הנבדקת הינו בעל נפח ואינו שטוח.

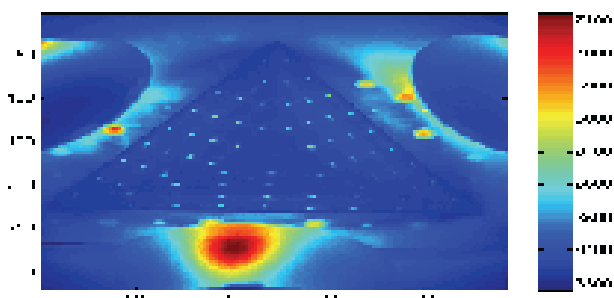
אנו השתמשנו בשלב ראשון במטרת כיול בצורת פירמידה. על הפירמידה הודבקה מדבקה "לוח שחמט". כמו כן מתחת לחלק מהמשבצות נקדחו חורים אשר לאחר ההדבקה של המדבקה "נכלא" בתוכם אוויר. האוויר הכלוא בחורים הינו בעל מוליכות תרמית נמוכה מזו של פלטת האלומיניום, ולכן חום (שמקורו למשל במנוורות הממוקמות מסביב למטרה) "בורח" מהחורים לאט יותר מאשר מהפלטת. התוצאה – אוסף נקודות חמות הנראות בברור במצלמת ה-IR.

מטרת הכיול כפי שהיא נראת באמצעות המצלמה הדיגיטלית:-

Illuminated Image



אותה מטרה, מצולמת באמצעות מצלמת ה-IR



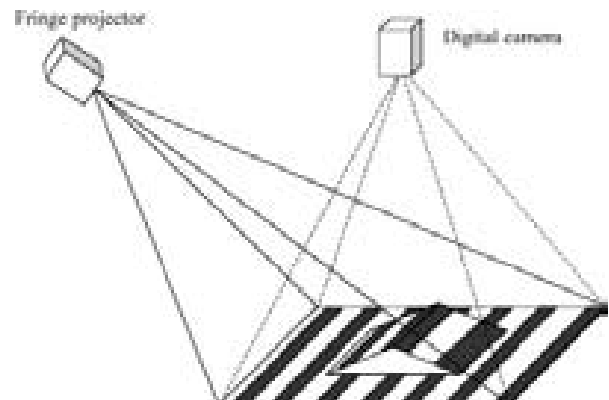
תוצאת הכיול היא מטריצה P המשמשת להמרת וקטור תלת ממדי (x,y,z) לקואורדינטות בתמונה (u,v) :

המטבוליים החריגים אשר יבדילו את הנשים הללו מנשים בריאות אינם זהים כלל.

לצורך ביצוע ניתוח מדויק אין ברירה אלא לעבור דרך תהליך כלשהוא של "נירמול" כל הנשים אל בסיס השוואה אחיד. שאם לא כן, הסיגנל המצולם הינו כזה שלא ניתן להסתמך עליו לצורך הגדרת מצבה הקליני של האישה.

טכנולוגית הליבה של החברה מבוססת על כן על שילוב בין היכולת למפות בפועל את ממדי הגוף של האישה המצולמת/הנבדקת, ושימוש בנתון זה לצורך ביצוע נירמול המבוסס על ההבנה מה הם מנגנוני ההשפעה של ממדי הגוף על הסיגנל המתקבל במידה ואכן בתוך שד הנבדקת קיים גידול ממאיר.

לצורך מיפוי גודל וצורת האישה, נבנתה מערכת המבוססת על שיטת structured light - http://en.wikipedia.org/wiki/Structured_light שיטה זו מבוססת על שני אלמנטים אופטיים – מצלמה דיגיטלית ומקרן אור.



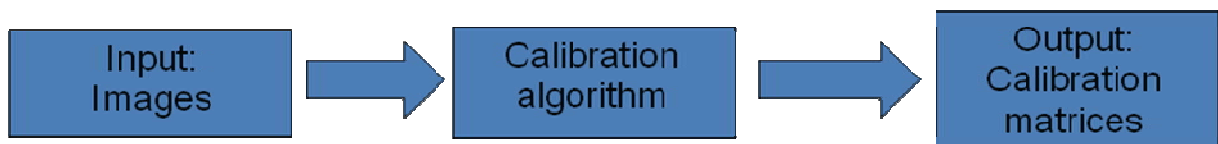
המקרן מקרין על העצם המצולם תבניות של אור שחור/לבן המקודדות בקוד גריי, - כגון



ואשר לאחר תהליך של כיול ופתרון המשוואות הרלוונטיות ניתן על בסיסם לבנות את התלת מימד החיצוני של הגוף הנחקר. (למעשה ההגדרה המדויקת יותר היא "דו מימד עקום" כי שיטה זו לא מפיקה נפח אלא מעטפת חיצונית בלבד, אולם נהוג לכנות זאת תלת מימד – ולצורך מאמר זה כך ננהג אף אנו)

כחלק מתהליך יצירת תלת המימד, נדרש ביצוע של תהליך כיול מרחבי בין האלמנטים האופטיים השונים במערכת.

תהליך הכיול מתקיים לפי התרשים הבא:-



ניתן בסופו של תהליך להתייחס לסיגנל המטבולי ולנתח על בסיסו מה מצבה הרפואי של האישה.

מודל זה מנותח באמצעות כמה וכמה שיטות ניתוח שונות שפותחו בחברה.

סטטוס קליני ותוצאות

נכון להיום, בצעה החברה כמה וכמה ניסויים רפואיים במוסדות מובילים בישראל. עד כה צולמו במצטבר בטכנולוגית החברה כמה אלפי מצולמות.

ביצועי המערכת על בסיס ניסויים אלו, בניסוי "חד סמיות" דהיינו, ניסוי הכולל נשים חולות מחד ונשים בריאות מאידך, ואשר לא היה ידוע לפני הניתוח באמצעות טכנולוגית החברה מי מהמצולמות בריאה ומי חולה, מצביעים על כך כי יכולת המערכת זהות נכונה מצב בו המצולמת הינה חולה עולים על 90%!

זאת ועוד, ביצועים אלו כוללים אף מצולמות צעירות, מתחת לגיל 40, ועל כן מספר זה מקבל כפל חשיבות.

סיכום ומסקנות

מתוצאות הניסויים הקליניים עולה כי טכנולוגית החברה מהווה פריצת דרך תפיסתית בכל הקשרו לגילוי מוקדם של סרטן השד. על פניו, לאור תוצאות הניסויים הנ"ל, מתברר כי תפיסת העולם של החברה, אשר מתבססת על ניתוח סיגנל מטבולי שעבר תהליך של "נירמול" על בסיס ממדי האישה המצולמת הינה ישימה. התהליך בהמשך יכלול ביצוע ניסויים נוספים כולל מחוץ לישראל, ואשר הכוונה היא כי בניסויים אלו יוכח כי אכן, ביצועי המערכת והטכנולוגיה מאפשרים גילוי סרטן השד באחוזים גבוהים כמו בניסויים שבוצעו בישראל, ובמיוחד עבור נשים צעירות.



בעז ארנון

הינו היזם של חברת Real Imaging. – www.realimaging.com

בעבר, הקים בעז את חברת Lumio – www.lumio.com

בעז הינו בעל תואר ראשון בהנדסת אלקטרוניקה מ"מכון לב" – בית הספר הגבוה לטכנולוגיה בירושלים, בעל תעודה במינהל עסקים למהנדסים מהיחידה ללימודי חוץ של הטכניון.

עד היום רשם והמציא למעלה מ-20 פטנטים.

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = P \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

במטריצה P מוחזק מידע הן על הפרמטרים הפנימיים של המצלמה (גודל פיקסל, focal length, מיקום נקודת האפס של מערך הגלאים) והן על הפרמטרים החיצוניים של המצלמה (סיבוב מערכת הצירים של המצלמה ביחס למערכת הצירים של העולם, המרחק בין נקודת האפס של המצלמה לנקודת האפס של העולם). כמו כן כוללת בתוכה המטריצה את ביצוע הפרספקטיבה.

המטריצה הנ"ל היא לא ריבועית, ובוודאי לא הפיכה – ולכן לא ניתן להמיר באמצעותה מהכיוון ההפוך (כלומר לא ניתן לומר על סמך מיקום נקודה בתמונה בודדת היכן היא נמצאת בעולם התלת ממדי). עם זאת ע"י שקלול של שתי מטריצות הכיול – זו של המקרן וזו של המצלמה – כן ניתן ליצור תלת מימד (יצירת תלת מימד מצריכה שני כיווני הסתכלות).

מטריצת כיול נוספת – זו של מצלמת ה-IR – תאפשר לנו אח"כ ל"הדביק" את תמונת ה-IR במדויק על גבי התלת מימד.

לאחר ביצוע של כל ההליך המתואר לעיל, ניתן בסיכומו של דבר לבנות מודל תלת ממדי של גוף האישה המצולמת, ואשר מכיל אף את המידע המטבולי על בסיס הנתונים ה אינפרא אדומים הנפלטים מגוף האישה.

בתהליך הכיול של המצלמה והמקרן קיבלנו את מטריצת הכיול של המצלמה (P_{cam}) ומטריצת הכיול של המקרן (P_{proj}). כעת, בהנחה שהמצלמה והמקרן לא הוזזו, ניתן לצלם כל מטרה ולקבל תלת מימד.

לקבלת תלת מימד נקרין את העצם המצולם בעשר תבניות אנכיות ונצלם. לכל פיקסל בתמונות המתקבלות יש כעת 3 מאפיינים: מספר עמודה (u), מספר שורה (v), מספר עמודה במקרן (מתקבל ע"י ניתוח התבניות המוקרנות, u_{proj}). בהנחה כי מטריצות הכיול ידועות, ניתן לפתור (עבור כל פיקסל בתמונה) שלוש משוואות ליניאריות בשלוש נעלמים, ולקבל את (x,y,z) – המיקום התלת ממדי המתאים לכל פיקסל דו ממדי בתמונה.

נקודות שניתן להוציא להן תלת מימד הן נקודות שגם המצלמה "רואה" וגם המקרן "רואה".

על בסיס מידע זה, הכולל את נתוני האישה, ניתן למעשה לבצע כעין פעולת נירמול של כלל הנשים המצולמות אל בסיס השוואתי, וכך