משרד החינוך
המינהל הפדגוגי
האגף למחוננים ולמצטיינים

מכון הנרייטה סאלד
המכון הארצי למחקר במדעי ההתנהגות

במעגל היצירה

המחזור השני של תכנית מנחים-עמיתים לטיפוח מחונני על בישראל

סיכום הפעילות בשנת 2011-2012

ד״ר רחל זורמן
שלומית רחמל
ציפי בשן
ד״ר עידית מני-איקן
יועצת חינוכית: אפרת גולן

אפריל 2012

תוכן העניינים

"הדרך הנכונה לחנך בני אדם היא להיות להם לדוגמה"

אלברט איינשטיין

חלק א: תיאור התכנית

הרקע לתכנית

תלמידים מחונני-על יכולים להפיק תועלת ייחודית מיצירת קשר עם מנחה-עמית מקצועי, המאפשר להם להתנסות במחיצתו ובהדרכתו בשאלת מחקר מתחום הדעת והיצירה שבו הוא מומחה. התפקיד החשוב של מנחים-עמיתים בהצלחתם האקדמית של חניכים מחוננים מתועד היטב בספרות המחקרית[1] [2]. תפקיד זה בא לידי ביטוי בעבודה אישית צמודה של אנשי מקצוע מן השורה הראשונה עם חניכים בעלי פוטנציאל יוצא דופן אשר הופכים באופן הדרגתי להיות עמיתים לחקר וליצירה.

יתר על כן, מחקרים[3] מצביעים על כך שמנחים-עמיתים יכולים לשחק תפקיד משמעותי בהתפתחותם הרגשית והחברתית של מתבגרים מחוננים, וכן לסייע להם מבחינה מקצועית. באופן ספציפי, מנחים-עמיתים משמשים מודלים להזדהות עבור מתבגרים מחוננים ומאפשרים להם ליישם ידע באופן מעשי ולהתנסות בכיווני קריירה מקצועית.

הנחיה אישית של מנחה-עמית מתייחסת לסוגיות שונות המטרידות מחנכים של חניכים מחוננים, כגון:

- כיצד להתייחס למגוון תחומי העניין והיכולות של חניכים מחוננים?
- כיצד ליצור הזדמנויות לחניכים מחוננים להגיע לידע ולאמצעי החקר העדכניים והמתקדמים ביותר על מנת לאפשר להם לרכוש ידע מעשי בתחומי העניין שלהם?
- כיצד לסייע לחניכים מחוננים לבחור באופן מושכל את כיוון הקריירה שלהם?
- כיצד לטפח תלמידות מחוננות כשסביבתן אינה מעודדת אותן תמיד לממש את הפוטנציאל שלהן?

תכניות של הנחיה אישית לתלמידים מחוננים בארצות הברית ובקנדה הצליחו להתמודד עם סוגיות אלו בקרב תלמידים מחונני-על[4], שרמת המחוננות שלהם גבוהה במיוחד[5] [6], ובאופן ספציפי בקרב בנות מחוננות[7] [8].

---

[1] Bisland, A. (2001). Mentoring: An educational alternative for gifted students. *Gifted Child Today*, *24*(4), 22-25.

[2] Hamilton, S. F., & Darling, N. (1996). Mentors in adolescents' lives. In K. Hurrelmann & S. F. Hamilton (Eds.), *Social problems and social contexts in adolescence* (pp. 199-214). Hawthorne, NY: Aldine, De Gruyter.

[3] Casey, K. M. A , & Shore, B. M. (2000). Mentors' contributions to gifted adolescents' affective, social and vocational development. *Roeper Review*, *22*(4), 227-230.

[4] Conley, J. (2003). Science education programs for middle school and high school students sponsored by the Howard Hughes Medical Institute. In P. Czermely & L. Lederman (Eds.), *Science education: Talent recruitment and public understanding* (pp. 129-137). Amsterdam: IOS Press.

[5] Connolly, P., Szczesniak, E., & Nayak, L. (2003). Mentor, Merlin, muse: Inspiring poets and scientists. The Illinois Mathematics and Science Academy Program. In P. Czermely & L. Lederman (Eds.), *Science education: Talent recruitment and public understanding* (pp. 138-146). Amsterdam: IOS Press

לאור המחקרים שצוינו לעיל, סבור האגף לתלמידים מחוננים ומצטיינים במשרד החינוך כי תלמידים מחונני-על יכולים להפיק תועלת ייחודית מיצירת קשר אישי הדוק עם מנחה-עמית מקצועי, מומחה מן המעלה הראשונה בתחומו, המאפשר להם להתנסות במחקר בתחומי דעת ויצירה. במהלך ההתנסות עשויים התלמידים לפתח יכולות חקר ויצירה שקשה לפתחן בסביבת הכיתה, הן בזכות הליווי האישי של המנחה-העמית, הן כתוצאה מהחשיפה למבנה הדעת ולידע העדכני של התחום והן בזכות ההתנסות המעשית עם אתגרים בתחום תוכן מסוים. כל זאת, תוך רכישת כלים להתמודדות עם מכשולים ותסכולים ובלוויית הצלחות ונקודות אור שהתחום מזמן. התנסות זו תסייע לתלמידים מחונני-העל לממש את הפוטנציאל שלהם ולגבש את זהותם המקצועית לקראת בחירת קריירה עתידית.

מסיבה זו החליט האגף לתלמידים מחוננים ומצטיינים במשרד החינוך ליזום תכנית ארצית ובמסגרתה לאתר ולטפח מתבגרים מחונני-על מכל קצוות הארץ. הוקמה ועדת היגוי לתכנית ובראשה עומדת שלומית רחמל, מנהלת האגף. ועדת ההיגוי מסייעת לעצב את מסגרת התכנית ואת עקרונותיה ומלווה את פעילותה. צוות מומחים ממכון סאלד מפעיל את התכנית, החל מינואר 2009, עבור האגף ומעריך את התכנית בהערכה מעצבת.

מטרת התכנית

מטרת התכנית היא לטפח מנהיגות עתידית בישראל בתחומי תוכן שונים.

יעדי התכנית

1. סיוע לתלמידים מחונני-על שלהם תשוקה וסקרנות עזה להעמיק בתחום עניין מעל ומעבר למצופה, לממש את הפוטנציאל הטמון בהם.
2. מתן אפשרות לתלמידים מחונני-על לבחון לעומק כיוונים שונים לקראת בחירת קריירה עתידית.

---

[6] Shmookler, S. R. (2003). Howard Hughes Medical Institute sponsored student and teacher internships at the National Institutes of Health in Bethesda, Maryland, USA. In P. Czermely & L. Lederman (Eds.). *Science education: Talent recruitment and public understanding* (pp. 169-177). Amsterdam: IOS Press

[7] Armour, M. (1987). *Women into science, engineering and technology. Strategies for change at the University of Alberta*. Contributions to the Third Girls Science and Technology (GASAT) conference, Ann Arbor, Michigan.

[8] Sloat, B. F., & Deloughry, C. M. (1985). *Summer internships in the science for high school women*. Ann Arbor, University of Michigan, Center for the Education of Women.

מהלך התכנית

שלב ראשון: יצירת הצמדים מנחה-עמית – חניך (ינואר-מרץ 2011)

המטלה העיקרית בשלב זה הייתה לאתר חניכים לתכנית ולהצמידם למנחים-עמיתים המתאימים ביותר, על בסיס תחומי עניין ונתוני התאמה אישיים. הקריטריונים שהנחו את מכון סאלד באיתור המועמדים לתכנית הותוו על-ידי ועדת ההיגוי של התכנית בשנת 2009, לקראת המחזור הראשון של התכנית. בראש הוועדה עומדת מנהלת האגף לתלמידים מחוננים ומצטיינים במשרד החינוך, הגב׳ שלומית רחמל. הוועדה כוללת נציגים ממוסדות להשכלה גבוהה כמו פרופסור דניאל זייפמן, נשיא מכון וייצמן, פרופסור ורדה שושן–ברמץ, מנהלת המכון הלאומי לביו-טכנולוגיה באוניברסיטת בן גוריון, ומפקד תכנית תלפיות בצה״ל. ועדת ההיגוי גיבשה את הקריטריונים לבחירת החניכים המשתתפים בתכנית ואישרה את התהליך שהוצע לאיתורם ולטיפוחם וכן את תהליך ההערכה המעצבת. תהליכים אלה יפורטו בהמשך.

הקריטריונים לבחירת החניכים כוללים:

- **תשוקה להעמיק בתחום עניין:** סקרנות, ייזום פעילויות והעמקה בתחום עניין בצורה יוצאת דופן.
- **יצירתיות:** גישה לסוגיות, לתופעות, ולבעיות שונות מכיוונים בלתי צפויים ומזוויות הסתכלות רבות, חדשניות ומפתיעות, והצעת מספר דרכים לבחון תופעות ולפתור בעיות ולא היצמדות לדרך אחת. העלאת רעיונות מקוריים ובלתי שגרתיים, תוך קישורם למציאות. מציאת יחסים חדשים בין קטעי ידע וניסיון מוכרים. נכונות לנסות דברים לא בטוחים ולקחת סיכונים, לעמוד על דעות ולהגן עליהן, גם כאשר הן אינן מקובלות על דעת הרוב.
- **שאילת שאלות:** שאילת שאלות מסדר חשיבה גבוה העוזרות להעמיק את ההבנה בנושאי התעניינות שונים. מיקוד השאלות בסוגיות ודילמות מורכבות הדורשות הבהרה, חשיבה והעמקה.
- **חשיבה ביקורתית:** הטלת ספק בפרדיגמות קיימות, בדיקת כל הנתונים טרם הסקת מסקנות, הבחנה בין עמדות סובייקטיביות לבין עובדות, זיהוי מידע רלוונטי, הבחנה בין עיקר לטפל, הבחנה בין תוצאות ומסקנות.
- **אינטגרציה של ידע חדש:** שימוש בידע בהקשרים שונים המביא ליצירת ידע חדש.
- **שאיפה לאתגרים:** התייחסות לקשיים ותסכולים כאל אתגרים.
- **התמדה:** חתירה לקראת מטרות ויעדים בדבקות והשלמת פעולות בנושאי עניין שונים.
- **רגישות להיבטים מוסריים וחברתיים:** הפגנת מעורבות חברתית בנושאים שונים, גילוי רגישות להשלכות של מעשים על הזולת, התייחסות להיבטים חברתיים ומוסריים כחלק מההתנהלות היומיומית ומהוויית החיים.

איתור המועמדים לתכנית והצמדת החניכים המשתתפים התכנית למנחים-עמיתים נערכו במהלך פעילויות האיתור והמיון האלה:

1. **איתור מועמדים** לתכנית לפי המלצות מורים בתכניות לחניכים מחוננים ובהתאם לשאלונים אישיים של חניכים מומלצים לתכנית. האיתור בוצע על ידי מכון סאלד;
2. **ראיון המומחים** ממאגר מומחים שנבנה על ידי מכון סאלד על מנת לאתר את המומחים בעלי תחומי העניין הקרובים ביותר למועמדים לתכנית;

3. **בחירת החניכים המשתתפים** בתכנית לאחר ראיון המועמדים לתכנית בוועדת קבלה הכוללת מומחה מתחום התוכן ונציג של מכון סאלד או של האגף לתלמידים מחוננים ומצטיינים ויצירת צמדים של חניכים עם מנחים-עמיתים בתחום עניין משותף.

בתום שלב זה אותרו 18 צמדים של מנחים-עמיתים וחניכים. כמו במחזור הראשון בתכנית, מחצית מהחניכים הגיעו מהפריפריה החברתית או הגיאוגרפית. הצמדים החלו לעבוד במסגרת התכנית במשך שנה, החל מאפריל 2011. כמו כן הורחב המאגר של מנחים-עמיתים במכון סאלד, ששימש את התכנית בשני מחזוריה עד עתה, וימשיך לשמש את התכנית בשנים הבאות. כעת כולל מאגר המנחים-עמיתים 60 מומחים בתחומי תוכן שונים.

שלב שני: הפעלת התכנית – 12 חודשים (אפריל 2011 – מרץ 2012)

הצמדים מנחה-עמית – חניך נפגשו אחת לשבועיים למשך חמש שעות כל פעם, ועבדו יחד על עבודת חקר בתחומם. במהלך שנת הלימודים התקיימו ארבעה כנסים: כנס הפתיחה נערך במכון ויצמן בהשתתפות החניכים, ההורים והמנחים. בכנס הוצג הרקע לתכנית והוצגו עקרונותיה. כן התקיימה סדנה למשתתפי התכנית שבה נערך ה"חוזה" בין המנחים-העמיתים לבין החניכים וכן תיאום ציפיות. בנוסף, התקיימה סדנה לתיאום ציפיות עם הורי התלמידים.

שני כנסים לחניכים נערכו במהלך המחזור. בכנס הראשון התנסו החניכים בסדנה שעסקה במיומנויות של איתור מידע ובפיתוח מיומנויות חשיבה ביקורתית וכן דנו בדרכי התמודדות עם עבודות החקר שלהם. בכנס השני דנו החניכים בדרכים להתמודד עם קשיים ועומס, כמו קביעת סדרי עדיפויות וניהול יעיל של זמן. בנוסף, התנסו החניכים בסדנה לפיתוח חשיבה יצירתית.

באפריל 2012, עם סיום המחזור השני של התכנית, יתקיים מושב הסיום של התכנית במסגרת הכנס הארצי החמישי לחינוך למצוינות בישראל: "הגדת החקר", שמארגן האגף לתלמידים מחוננים ומצטיינים במשרד החינוך. בכנס זה יציגו כל החניכים את עבודותיהם בפוסטרים ונציגי החניכים והמנחים-העמיתים יספרו במושב מיוחד על התנסויותיהם בתכנית ועל תוצרי עבודות החקר שביצעו.

ברצוננו לציין שכמו במחזור הראשון, גם במחזור הנוכחי עמדה לרשות משתתפי התכנית (שכללו את החניכים, את הוריהם ואת המנחים-עמיתים) יועצת חינוכית המתמחה בעבודה עם תלמידים מחוננים. היא עקבה אחר התלמידים יחד עם רכזת התכנית במכון סאלד, נתנה להם ייעוץ אישי במקרה הצורך ותכננה וארגנה את כל הכנסים במהלך השנה, והעבירה חלק מהסדנאות בכנסים.

חלק ב: הערכת התכנית

בהתאם להמלצתה של ועדת ההיגוי, לוותה התכנית בהערכה מעצבת כדי לבחון את התקדמותה לקראת הגשמת מטרותיה ויעדיה. מכון סאלד ליווה ברציפות את תהליך העבודה של הצמדים, על מנת להבטיח שהקשר פועל היטב, הן בהיבט המקצועי והן בהיבט האישי. הליווי נערך באמצעות שיחות טלפון אישיות עם החניכים, וכן באמצעות שיחות אישיות עם המנחים בהתאם לצורך. כמו כן, לרשות החניכים והמנחים-העמיתים עמדה יועצת חינוכית ותיקה המתמחה בעבודה עם חניכים מחוננים ועם מוריהם, שעבדה אתם פרטנית, בהתאם לצורך. החניכים והמנחים-העמיתים מילאו גם שאלוני משוב תקופתיים, ובעקבות המידע שעלה מהם נערכו שינויים בתהליך העבודה בתכנית במהלך השנה.

השגת מטרת התכנית ויעדיה

כאמור, **מטרת התכנית היא לטפח מנהיגות עתידית בישראל בתחומי תוכן שונים.**
אנו פרטנו את המטרה לשני יעדים מדידים לאחר שנת ההתנסות של החניכים והמנחים-עמיתים בתכנית. ברצוננו להתייחס עתה לעדויות שנאספו במהלך השנה באשר להשגת כל אחד מן היעדים.

באשר **ליעד הראשון של התכנית, מתן סיוע לתלמידים מחוננים-על בעלי תשוקה וסקרנות עזה להעמיק בתחום עניין מעל ומעבר למצופה לממש את הפוטנציאל הטמון בהם,** התייחסנו לכמה היבטים: ההתמדה של החניכים, תוצרי עבודתם ותרומת התכנית לטיפוח הסקרנות והידע ולרכישת כלים ללימוד עצמי.

התמדת החניכים

כל החניכים שהתחילו במחזור זה בתכנית אכן התמידו בה במהלך שנת הלימודים.

תוצרים

כל החניכים הגיעו לתוצר כמו עבודת חקר או יצירה בתחומי האמנות עם תום שנת לימודים אחת. פירוט תוצרי החניכים מוצג בחלק השלישי של סיכום זה. כל התוצרים היו באיכות גבוהה, לפי חוות דעתם של המנחים המומחים בתחום. מספר חניכים הגיעו להישגים יוצאי דופן, כגון:

- אחד החניכים הציג את עבודתו במפגש אנשי המקצוע במקום שבו ביצע את המחקר, והוא עומד להציג את עבודתו יחד עם המנחה ועם מומחה מאוניברסיטת הרווארד בכנס מקצועי בין-לאומי בארה״ב. העבודה עומדת להתפרסם כמאמר באנגלית באחד מכתבי העת המקצועיים הבין-לאומיים בתחום.
- חניך אחר פרסם מאמר באנגלית בכתב עת בחו״ל שמבוסס על עבודתו, ואף השתתף במחנה המחקר הבין-לאומי SciTech בטכניון בעקבות עבודתו בתכנית וזכה עם שותפו בפרס על ההצגה הטובה ביותר של מחקר בתחום מדעי החיים. חניך זה זכה במקום השלישי בתחרות ״מדענים ומפתחים צעירים בישראל״ שהתקיימה בחודש מרץ בירושלים, והוא ייצג את ישראל בתחרות אינטל - אייסף בארה״ב.
- חניך נוסף ניתח בעבודתו נתונים רפואיים באחד מבתי החולים המרכזיים בארץ, שישמשו רופאים בחקר חיזוי של מחלות.
- שני חניכים ימשיכו וירחיבו את המחקרים שבהם עסקו, יחד עם מנחיהם, במטרה לכתוב מאמרים מדעיים ולפרסמם בכתבי עת מקצועיים.

תרומת התכנית לחניכים, על פי דיווחיהם

אשר **ליעד הראשון של התכנית, מיצוי הפוטנציאל של תלמידים מחונני-על בתחומי התעניינותם באמצעות עבודה אינדיבידואלית צמודה עם מודלים לחיקוי (מנחים-עמיתים)**, הרי **שכל** החניכים ציינו בסוף השנה שעבודת החקר שלהם היוותה "מקור אדיר לשאיבת ידע" הן בתחום שבו עסקה עבודתם והן כהעשרה בתחומים נוספים ומגוונים, שלחלקם אף לא נחשפו לפני הצטרפותם לתכנית. חלק מהחניכים ציינו כי, בנוסף לידע העיוני, הם רכשו מיומנויות נוספות, כגון: איתור מקורות מידע, התנסות בדרכי חקר שונות, הבעת עמדה מנומקת וכתיבת עבודה מדעית. יתר על כן, שני שלישים (12) מהחניכים דיווחו שהתכנית תרמה לסקרנותם, כאשר, לדברי אחד מהחניכים: "נפתח בפניי צוהר לעולם חדש והסקרנות שלי בתחום גברה פלאים. במהלך התכנית, הסתקרנתי עד כדי כך שלעתים, כאשר לא נרדמתי, 'לא הייתי יכול לעצור את עצמי' מלחפש ממצאים, ובמקום להמשיך לנסות לישון, הלכתי לחקור במחשב ולבחון תוצאות". מכאן, שהרכיבים החיוניים למיצוי הפוטנציאל של תלמידים מחונני-על בתחומי התעניינותם באמצעות עבודה אינדיבידואלית צמודה עם מנחים-עמיתים – אכן קיימים בתכנית.

אשר **ליעד השני של התכנית, מתן אפשרות לתלמידים מחונני-על לבחון לעומק כיוונים שונים לקראת בחירה של קריירה עתידית**, הרי **שכל** החניכים אכן השתתפו בדיונים שנערכו במהלך הכנסים בסוגיות של סגנון העבודה הנדרש בתחום התוכן שבו עסקו. 15 מתוך 18 החניכים שהשתתפו בתכנית (83%) ציינו שהתכנית אכן סייעה להם לחשוב על קריירה עתידית בתחום עיסוקם בתכנית או בתחומים משיקים. בהקשר זה ציינה אחת החניכות ש"התכנית תרמה לכך שראיתי מהו סגנון העבודה שנדרש במקצוע, ראיתי שזהו מקצוע שיש צורך בידע רב בתחומים רבים כדי להגיע להצלחה מקסימלית. ישנם בעבודה שאני כותבת תחומים רבים, שללא ידע באחד מהם לא תתאפשר עשיית העבודה. ראיתי במהלך הפרויקט כיצד כל התחומים האלו משיקים". חניך אחר אמר ש"התכנית תרמה לי למוטיבציה מאוד, במיוחד בדרך שהראתה לי שאני אכן מסוגל. אני מסוגל לעבוד גם כשמעניין וגם כשפחות, גם כשקל יותר וגם כשקשה יותר. זה נתן לי להבין שאני מסוגל לתרום את חלקי בנושא, ואני יכול גם להתקדם ולהמשיך בתחום עם הצלחות רבות". חניך נוסף ציין כי "בעקבות התכנית והעבודה שעשיתי עם המנחה, עלתה המוטיבציה שלי ללימודים גבוהים בנושא מדעי ואולי גם לעיסוק בנושא זה בעתיד". אחד החניכים סיכם את התנסותו התכנית באמרו: "השתתפותי בתכנית גרמה לי להבין כי ארצה לפתח קריירה עתידית בתחום בו עסקתי, או ליתר דיוק בתחומים בהם עסקתי. כפי שאני רואה זאת, השתתפותי בתכנית כללה בראש ובראשונה עבודה רציפה ומקצועית על עבודת חקר. תהליך החקר שחוויתי גרם לי להבין כי זה הדבר אותו אני נהנה לעשות, ובו ארצה לעסוק בהמשך בצורה זו או אחרת". **עם סיום שנת הלימודים של המחזור השני, ניתן אפוא לסכם שהיעד השני של התכנית אכן הושג.**

סיכום: השגת מטרת התכנית ויעדיה

בהתאם לעדויות שהוצגו לעיל, הרי ששני יעדי התכנית, מיצוי הפוטנציאל של תלמידים מחונני-על בתחומי התעניינותם באמצעות עבודה אינדיבידואלית צמודה עם מודלים לחיקוי (מנחים-עמיתים), ומתן אפשרות לתלמידים מחונני-על לבחון לעומק כיוונים שונים לקראת בחירת קריירה עתידית, הושגו במחזור השני של התכנית. לפיכך, ניתן לסכם ולומר כי התכנית תורמת משמעותית ליצירת הקרקע והתנאים בקרב תלמידים מחוננים לטיפוח מנהיגות עתידית בישראל בתחומי תוכן שונים.

חלק ג: תקצירי עבודות החניכים

בחלק זה נציג את פירות עבודתם המאומצת של החניכים במהלך השתתפותם בתכנית.

כל תקציר יציג את נושא העבודה, את שאלת החקר בה עסקו, את השיטה שלפיה עבדו, את ממצאי החקר וכן רעיונות לעתיד.

התקצירים מוינו על פי תחומי הדעת הבאים:

- מדעים מדויקים ומדעי החיים
- מדעי החברה ומדעי הרוח
- אמנות, מוזיקה וקולנוע

סדר התקצירים של החניכים בכל תחומי הדעת:

מדעים מדויקים ומדעי החיים

יובל ארבל	מתן יוסף
רון אשרוב	פיטר לביאנט
אביב ברינה	ינאי סוקר
אור הלר	קארינה קויאט
אריג' חטיב	בר רוזנבלום
אורי טייכמן	אור שגיא

מדעי החברה ומדעי הרוח

בר לוזון

לי באלאן

אמנות, מוזיקה וקולנוע

תומר בר

עידו בתר-פוקר

תרון גמליאל

עידית רז

מדעים מדויקים
ומדעי החיים

Feasibility Study for Measuring the Branching Ratio of B->φ Mesons at Atlas

בדיקת היתכנות לסיכוי הדעיכה של מזונים B->ϕ בגלאי "אטלס"

חניך: יובל ארבל קורנית, משגב

מנחה-עמית: פרופ' יורם רוזן, הטכניון חיפה

Our Research Question

In a high-energy environment, what is the probability that a B meson[1] will decay into a φ (Phi) particle?

Background

In the Large Hadron Collider[2] (LHC) - which is an enormous, underground, circular particle accelerator built in Geneva - protons are accelerated to more than 99.9999% the speed of light. Two beams of protons, accelerated in opposite directions, are made to collide into one another, precisely in the detector named "Atlas[3]". This particle detector can record all of the newly-made particles and hadrons that form as the result of the collision. One of the types of hadrons that can be formed in such an experiment is a pair of "B mesons". These B mesons always either form as a pair, or not at all (Two B or not Two B).

There are 8 types of B mesons. Four of them involve a regular b (bottom) quark, which has an electric charge of -1/3 eV: $b\bar{u}$ ('bottom' quark + 'anti-up' quark), $b\bar{d}$ ('bottom' quark + 'anti-down' quark), $b\bar{s}$ ('bottom' quark + 'anti-strange' quark), and $b\bar{c}$ ('bottom' quark + 'anti-charm' quark).

The four remaining B mesons involve a $\bar{b}$ ('b bar' or 'anti-bottom') quark, which has an electric charge of 1/3 eV: $\bar{b}u$ ('anti-bottom' quark + 'up' quark), $\bar{b}d$ ('anti-bottom' quark + 'down' quark), $\bar{b}s$ ('anti-bottom' quark + 'strange' quark), and $\bar{b}c$ ('anti-bottom' quark + 'charm' quark). When a pair of B mesons is formed, one contains a b quark and the other contains a $\bar{b}$ quark.

The J/ψ (Jpsi) meson is made up of $c\bar{c}$ ('charm' quark + 'anti-charm' quark). It can be produced by many processes. One such process is the decay of a B meson. When the J/ψ meson is not produced from the decay of a B meson, its production point is the "Interaction Point" - IP (the point where the two beams collide). But because the B meson has a certain "lifetime", when the J/ψ meson is the product of a B meson decay, its production point is a certain distance away from the IP. This happens ONLY when the Jpsi is produced from the B meson.

The Phi (φ) meson is made up of $s\bar{s}$ ('strange' quark + 'anti-strange' quark). It also can be produced from many processes, among them the decay of a B meson.

In this study, we took a sample of data, in which there are J/ψ mesons which have production points that are not on the IP. This indicates the presence of a B meson, which also indicates that there has to be ANOTHER B meson (remember? Two B or not Two B) Using this technique, and this knowledge, we set out to find the percentage of Phi particles that were produced in a B meson decay.

Analysis

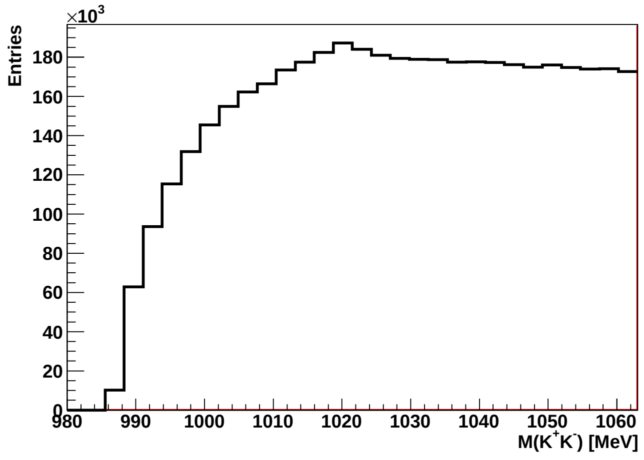
All of the study was performed in the Linux operating system, using a program named "Root" by CERN, which is an object-oriented based program.

We searched for φ mesons using their decay into charged Kaons (K^+; K^-). We took all combinations of oppositely charged Kaons and calculated their invariant mass.

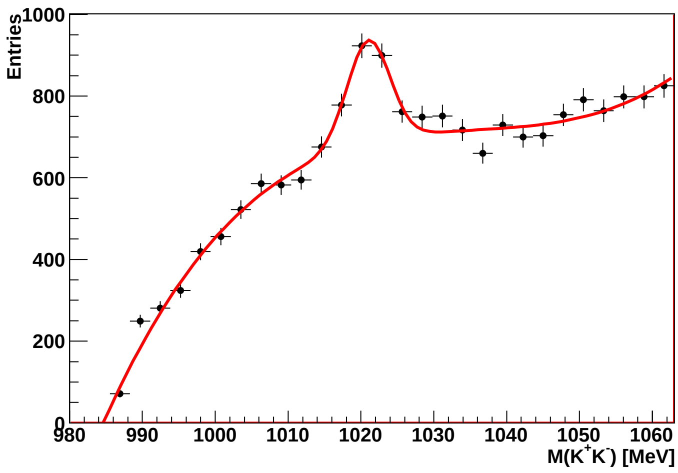
Our simulated file had multiple types of particles, simulating an actual proton collision: Phi particles that came from B mesons, Phi particles that **didn't** come from B mesons, and "background". The background is all the other particles that are created due to the collision, but are not "interesting" to the goal of the experiment. These can be any type of particles. We were interested **only** in the Phi particles that came from B mesons. The ratio between the B->φ particles and the background was very small: ~1:608. Our first goal was to find a set of selection criteria, in order to optimize the ratio. To find these selection criteria, we had to brainstorm and look into the particles' characteristics, in order to differentiate between the types of particles. We called these criteria: "cuts". One by one, we found this set, made up of 6 cuts:

- The cosine of the angle between the J/ψ direction and the φ direction should be larger than 0.9 (a small angle.) In other words, the direction of the J/ψ and the direction of the φ should be very close, because the both of the B/B̅ mesons in a pair are very close.
- The 'decay length' of the φ particle – the distance between the φ's production point and the IP – should be larger than 0, in order to remove the option of Phi particles that were produced on the IP, and reduce the background.
- Assuming the φ particle doesn't originate on the IP, the cosine of the angle between the direction of its decay length and the direction of the particle's momentum must be larger than 0.9 (a small angle,) reducing the chance of a wrongly-measured IP-originating φ particle.
- The cosine of the angle between each of the two tracks (making up the φ particle) and their respective jet must be larger than 0.975 – to make sure that they indeed are part of the jet.
- The momentum of the φ particle, on the plane that is perpendicular to the colliding beams, must be larger than 1.8 GeV.

These cuts lowered the B->φ : bg ratio to ~1:13. As shown in the plots below, it optimized the data very well. These plots show the number of particles as a function of the particles' mass. The 'signal' of the φ particle is easily seen around 1019 MeV.



Invariant mass distribution of ϕ candidates, prior to applying any selection criteria



Invariant mass distribution of ϕ candidates, after applying the chosen selection criteria

The probability that a B meson will decay into a Phi particle can be stated in the simple equation:

Br = SphiB/#B

Where 'Br' stands for "Branching Ratio" (the probability we are trying to measure), 'SphiB' is the number of Phi particles that came from B mesons (B->φ), and '#B' is the total number of B mesons. Sadly, we don't know the number of B->φ particles, so SphiB can be exchanged as:

SphiB = Sphi * P

Where 'Sphi' is the total number of Phi particles in the experiment, and 'P' is the **probability** that the Phi particle decayed from a B meson.

Using data from our sample file, we calculated our 'P': ~0.57; with an error smaller than 0.01.

The total number of Phi particles can be found by calculating the integral below the **signal** that we see in the graph. But because the graph shows only the particles that **passed the cuts**, we must upgrade the equation to include the chance a particle has to pass all cuts, marked with the letter ε (epsilon):

Br = (Sphi * P) / (#B * ε)

Using the sample data file once again, we calculated our 'ε' to be ~0.18; again with an error smaller than 0.01.

Results

In this way, we could turn to a large data file, equipped with our equation and calculated probabilities, and run a test study, to attempt to find the number of Phi particles that decayed from B mesons.

Hence, we obtained a branching ratio of 0.0107 ± 0.0010, compared to the original branching ratio in the file used of 0.0112.

Conclusion

We have demonstrated that using the above kinematical cuts, we can obtain an accuracy of 9% on the branching ratio of B->φ. This accuracy will increase with statistics, using a larger data sample, which suggests that such a search is possible at Atlas.

Future Expectations

My personal hope is that I will be given a chance to travel to CERN in Geneva and work on the ATLAS detector. If this came about, I would like to continue this feasibility study and turn it into a measurement with real ATLAS data.

Bibliography

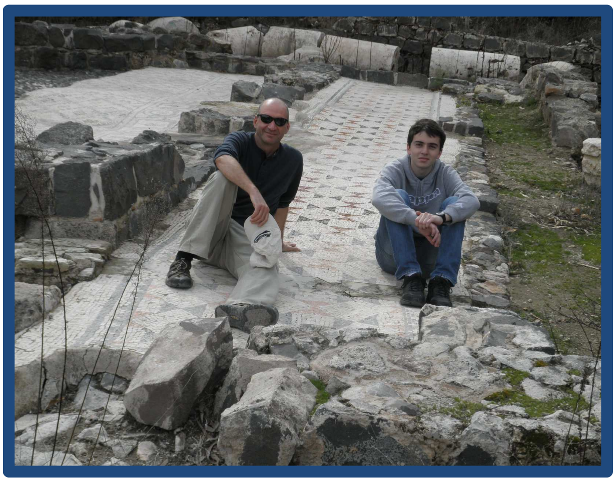
[1] - K. Nakamura et al. (Particle Data Group), J. Phys. G 37, 075021 (2010)

[2] - http://public.web.cern.ch/public/en/lhc/lhc-en.html

[3] - http://atlas.ch/

ריצופים ותבניות של המרחב:
מכנסיות ביזנטיות לעיצוב ממשקי משתמש במערכות מורכבות

חניך: רון אשרוב, חולון
מנחה-עמית: ד"ר אסף דגני, ג'נרל מוטורס, הרצליה



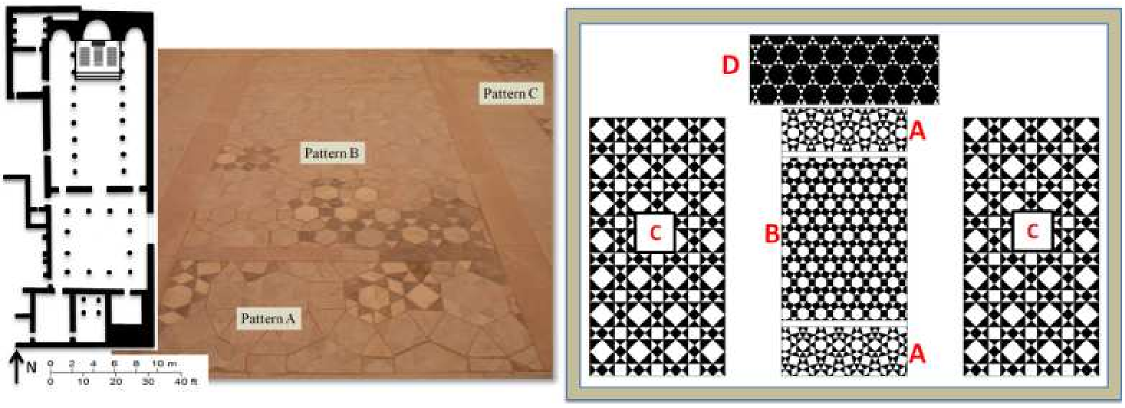
שאלת המחקר

כיום, צגים רבים עמוסים בנתונים ומייצגים מערכת מסובכת למדי. למרות זאת, המשתמשים במערכות, למשל נהגים או טייסים, מוכרחים לשמור על ערנות ולשים לב לכל הפרטים, וזאת כדי לשמור על תקינות כלי הרכב. הצגים כיום הם פשוטים יחסית, ולרוב רק מציגים את הנתונים הרלוונטיים בצורה פשוטה ולא אינטגרטיבית. מצב זה מקשה על המשתמשים במערכת להבין את התנהגות המערכת, ומקשה עליהם לזהות חריגות מסוכנות כשהן מתרחשות. שאלתנו, אפוא, היא – כיצד לתכנן ולעצב צגים מתוחכמים וחכמים יותר, שידעו לתת את הפרטים הרלוונטים למשתמש, מבלי להעמיס ולעייף אותו, אך עדיין לשמור על יכולתו לעקוב על כל פרט במערכת בצורה פשוטה, אינטואיטיבית ונוחה.

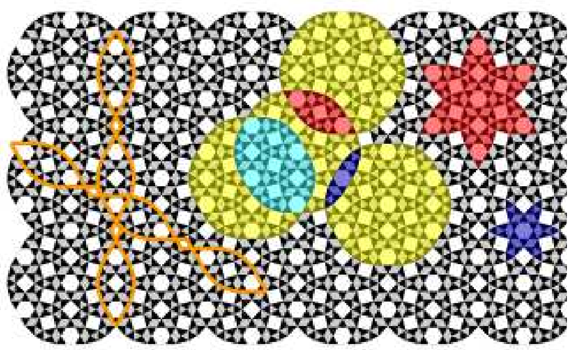
ניתוח התבניות

בעבודתנו ניתחנו מספר תבניות בכנסייה ביזנטית בפטרה, ירדן, שנבנתה בין המאה ה-4 לספירה למאה ה-5 (תמונה 1). התבנית מופיעה כרצפת אופוס סקטילה משיש, שהונחה במהלך שיפוצים שהכנסייה עברה במאה ה-6. כדי לנתח את הריצופים השונים, הגדרנו את מושג השכבה (*Layer*) של תבנית גיאומטרית החוזרת על עצמה כקבוצה חלקית לתבנית הנראית למתבונן כיחידה קוהרנטית שלא משתייכת לאף יחידה גדולה יותר. לעיתים יחידות קוהרנטיות אלה משתלבות אחת בשנייה ומובילות להופעת צורות שיחד יוצרות תת-שכבות (*Sub-layers*).

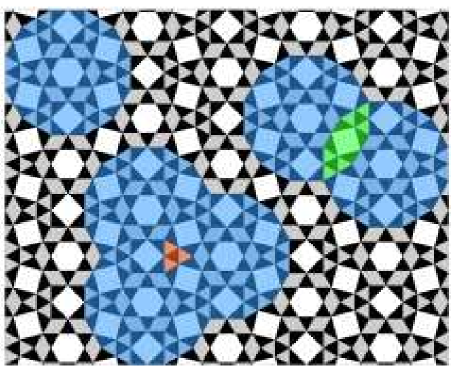
לדוגמה, בתבנית A, הצורה הכמעט עגולה המופיעה בצהוב בתמונה 2 היא (מופע של) שכבה, מפני שצורה זו מושכת מיד את עין המתבונן ואין צורה גדולה ממנה שמכילה אותה. נקרא לצורה זו A-1. "עיגולים" אלה נחתכים ויוצרים צורות הדומות לאליפסות מסוגים שונים (בתמונה: אדום, טורקיז וכחול).



תמונה 1. *תרשים אדריכלי של הכנסייה ומיקום הריצופים ביחס למושבים ולאכסדרה (שמאל). התמונה האמצעית מראה את עבודת האופוס סקטילה בכנסייה (חלק מהאלמנטים שוחזרו). בצד ימין, הדמייה של הריצופים ומיקומיהם של תבניות A, B, C ו-D.*



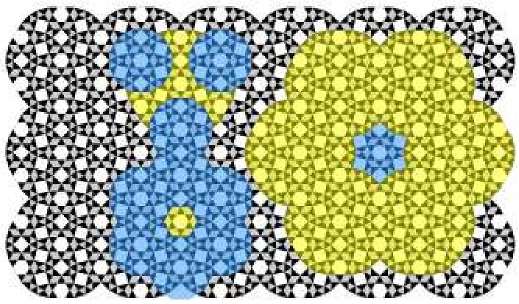
תמונה 2. *השכבה הכמעט-עיגולית של תבנית A, A-1 (צהוב), ותת השכבות שלה (אדום, טורקיז וכחול).*



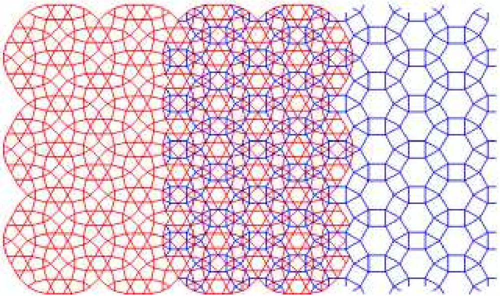
תמונה 3. *יחידת השכבה A-2 (כחול בהיר) ותת השכבות שלה (ירוק, חום).*

אליפסות אלה יוצרות בתורן תתי-שכבות נוספות בצורה של פרחים (תמונה 2, אדום וכחול) ושרשראות (כתום). השכבה השנייה המופיעה בתבנית A היא המתורסר (כחול בהיר) המופיע בתמונה 3, צורה אותה נכנה A-2. בשונה מיחידת A-1, שתי יחידות מסוג זה נחתכות ביניהן באופן אחד בלבד, וכתוצאה נקבל משושה שכל צלעותיו שוות באורכן (ירוק בהיר). מחיתוכן של שלוש יחידות כאלה יתקבל משולש קטן (חום).

תתי-שכבות יכולות להיווצר גם כאשר שתי שכבות נפגשות. לדוגמה, אם נחסר שישה מופעים של A-1 מיחידת A-2, נקבל מעין מגן דוד מעוגל, הנראה בתמונה 4 (צד ימין, כחול). אם נחסר שלושה מופעים של A-2 מיחידה מרכזית של A-1, נקבל מעין צורה מעוגלת בעלת שלוש "רגליים" (צד שמאל למעלה, צהוב). אם נחסר את כל ששת המתורסרים, נשאר עם המשושה המרכזי (צד שמאל למטה, צהוב).



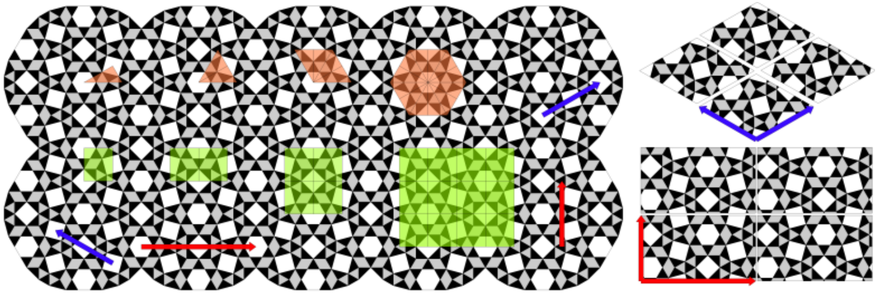
תמונה 4. *קשרים של הפרש בין שכבות A-1 ו-A-2.*



תמונה 5. *קווי המתאר של יחידות A-1 (אדום) ו-A-2 (כחול).*

בחינה מדוקדקת מעלה שבאמצעות שילוב של פעולות מתמטיות של *חיתוך*, *חיסור*, ו*איחוד* של יחידות A-1 ו-A-2 אפשר לתאר כל צורה בתבנית A. זאת מפני שקווי המתאר של יחידות אלה יוצרים את התבנית כולה (כפי שמוכיחה תמונה 5). בעבודתנו הוכחנו שתנאי זה מספיק ליצירת התבנית על ידי השכבות הללו.

בעבודתנו התייחסנו, לצד נקודת מבטו של הצופה, גם לנקודת מבט מתמטית-אדריכלית, וכזו המתחשבת בתהליך היצירה של התבנית בשטח. הצענו שלוש דרכים להגדיר ולייצר את התבנית: מצולע בסיסי, מצולע מרחף ומצולע פרקטי. בקצרה, מצולע בסיסי (תמונה 6, חום) של תבנית הוא מצולע שבאמצעותו ניתן ליצור את התבנית כולה בפעולות מתמטיות של הזזה, שיקוף וסיבוב, והוא המצולע הקטן ביותר שבאמצעותו ניתן לעשות זאת. ניתן אם כן לראות במצולע הבסיסי כיחידה הקטנה ביותר השומרת בתוכה מידע על כל התבנית. מצולע פרקטי (ירוק) הוא מלבן באמצעותו אפשר ליצור את התבנית כולה (מוסיפים למעשה דרישה למצולע הבסיסי – שיהיה מלבני). מצולע צף (בצד ימין) הוא מצולע באמצעותו אפשר ליצור את התבנית תוך שימוש בהזזות בלבד. הוא נקרא צף מפני שאפשר למקמו בכל מקום על התבנית, והוא אכן ירצף את התבנית.



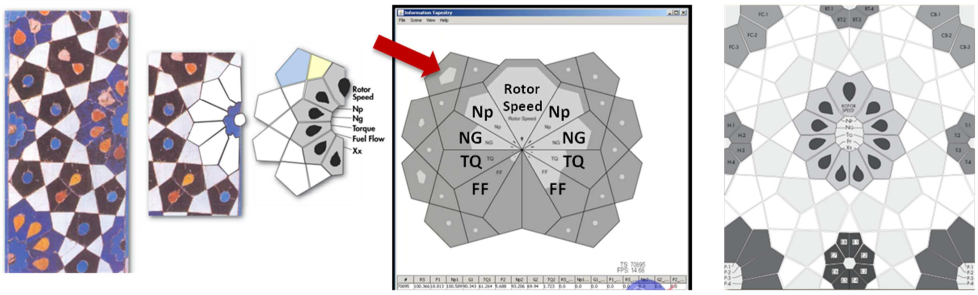
תמונה 6. *המצולע הבסיסי (חום) והמצולע הפרקטי (ירוק) של תבנית A. בצד ימין – שני מצולעים צפים. יש לציין שצלעות המצולעים מתאימים לוקטורים המודגשים בתבנית רק באורך ובכיוון, ואין דרישה להתאמה במיקום.*

מצאנו, אפוא, שתי דרכים לנתח ולתאר תבניות: הדרך הראשונה מדגישה את הרושם הוויזואלי שמשאירה התבנית על הצופה – השכבות ותתי-השכבות נתפסות על ידי העין האנושית כיחידות קוהרנטיות ויציבות; נקודת המבט השנייה מתמקדת באלמנטים הבסיסיים ליצירת תבנית. בעבודתנו ניתחנו גם את תבנית B ומצאנו את השכבה היחידה בה (מתורסר הדומה לשכבת A-2). נוכחנו לגלות שתבנית זו היא למעשה הפשטה של תבנית A. ניתחנו בקצרה גם את תבניות C ו-D, וניסינו להבין מדוע אלו תבניות מושכות פחות מתבנית A. בנוסף, נוכחנו לדעת ששיטות אלה כוחן נאה גם לתבניות מאוחרות יותר, כאשר הצלחנו לנתח תבנית מהמאה ה-14 בנתנז, אירן.

השלכות ושימושים בעיצוב ממשקי אדם-מכונה

כאשר אנו מדברים על עיצוב ממשק משתמש בהקשר של מערכות מודרניות, אנו למעשה מדברים על ארגון נוח של מידע על מנת למסור מידע על התנהגות המערכת בצורה קוהרנטית וידידותית. לפיכך, בעיית עיצוב ממשק נוח קשורה באופן הדוק לבעיית ארגון מרחב ויצירת סדר בו. בעבודתנו ראינו שכדאי לנו להתבונן בתבניות חבויות שעליהן נוכל "לתלות" מידע, בייחוד כאשר מדובר בממשקים מודרניים המכילים מידע רב. דוגמה לכך ניתן למצוא במערכות המדווחות על "בריאות" כלי רכב (מכוניות, מטוסים ומעבורות חלל).

תמונה 7 מדגימה את התהליך ההדרגתי מתבנית אריחים (מהמאה ה-15 באפגניסטן) אל סידור המאפשר השמת מידע בתוכו – לכל אחד משני המנועים (ימין ושמאל) יש ארבעה מאפיינים, הממוקמים בעלי הכותרת של הפרח המרכזי. בתוך תתי השכבות נוכל לשים מידע המתקבל משילוב של מספר פרמטרים (למשל, במרובע הצהוב בתמונה נשים ערך המורכב מערכי *"Rotor Speed"* ו-*"Np"*). מתברר שהרכבים כאלה רגישים יותר לחריגות אמיתיות ומסוכנות, ופחות ל"רעש" רנדומלי בערכים, כפי שנראה בתמונה המרכזית, המציגה סימולציה של מידע אמיתי (של הליקופטר מסוג *UH-60* של נאס"א) – החץ האדום מצביע על אנומליה מסוכנת, המחייבת את תשומת לב הטייסים, שמופיעה רק בהרכב השלישייה. אפשר להרחיב את המבנה החבוי הזה על מנת שיכיל מידע מתת-מערכות אחרות (למשל מערכת חשמלית או בקרת טיסה) כפי שניתן לראות בתמונה הימנית ביותר בתמונה 7. המטרה היא לתכנן צגים שלמים שיראו את היחסים בין רכיבים של תתי-מערכות שונות.



תמונה 7. *מריצוף אריחים לסימולציה של מידע ממנוע. התמונה הימנית מראה צג המשלב שמונה מערכות שונות הקשורות בתעופה.*

סיכום ומסקנות

סקרנו תחילה עבודת אירוח מכנסייה ביזנטית בפטרה. הראינו שמאחורי תבניות, לכאורה פשוטות, יש סדר חבוי, הן בדרך בה אלמנטים של התבנית משתלבים זה בזה, והן בדרך בה תבניות שונות מתקשרות אחת לשנייה ליצירת השדה (לא מופיע בתקציר זה). לאחר מכן קישרנו בין הדרך בה אריחים, תבניות ושדות של תבניות משמשים למטרות אסתטיות וארכיטקטוניות, לבין ההשלכה הפוטנציאלית לעיצוב צגים וארגון מידע. הסימון של שכבות ותתי-שכבות הוא חשוב לעיצוב ממשק משתמש משום שהוא מאפשר לתאר צורות בנות קיימא עליהן אפשר "לתלות" אינפורמציה. באשר למצולעים, כמו שהבנאי או האומן יכול להשתמש במצולע הפרקטי כצורת דפוס (או אפילו כאריח) על מנת ליצור תבנית מסובכת, ניתן להשתמש בעקרונות אלה בעיצוב מרקם המידע בצגים מודרניים, ואף לשנות את המרקם בהתאם לצרכי המשתמש.
כמו כן, המצולעים עוזרים לנו להגדיר תבניות ומרקמים ולחלק אותן לקטגוריות, ולהבין קשרים ודמיון בין תבניות שונות בשדה. באופן כללי, שדה המשמש לארגון ממשק משתמש, יכול להיות צג יחיד (למשל לניווט GPS), קובץ של מספר צגים (יחד עם הכפתורים השונים), ועד לצורה בה מאורגנת האינפורמציה בתא הטייס ובתאי נהג במכוניות עתידניות.

יחד עם זאת, על מנת שגישה מבוססת אריחים זו תזכה לתמיכה רחבה אצל מהנדסים ומתכננים, יש תחילה ליצור שפה פורמלית וכללית לתאר תבניות שכאלו. מחקר נוסף צריך לפיכך להתמקד על פיתוח שיטות וכלים בתכנון ממשקי אדם-מכונה.

מחשבות לעתיד

לשמחתנו הרבה עבודתנו התפשטה הרבה מעבר למתוכנן – המאמר הוגש לכנס Bridges שייערך בבולטימור ויעסוק בקשרים בין מתמטיקה לאמנות.
בחודש מרץ 2012 הצגתי את העבודה ב-General Motors, כחלק מסמינר הנערך מדי שבוע. בנוסף, שוחחנו עם כמה עובדים אחרים ב-GM, ויחד חשבנו על דרכים לפתח את הנושא הזה. עלו שני רעיונות, שיישלחו ל-GM כהצעות לפטנטים, וזאת בנוסף לדו"ח מפורט שיוגש גם הוא ל-GM.

ביבליוגרפיה

K.B. Bennett, M.L. Toms, and D.D. Woods. Emergent features and graphical element designing more effective configural displays. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 35(1):71–97, 1993.

P.M. Bikai. The Churches of Byzantine Petra. Near Eastern Archaeology, 65(4), 2002.

S. Blair. The Ilkhanid Shrine Complex at Natanz, Iran. Number 1. Center for Middle Eastern Studies, Harvard University, 1986.

A. Özdural. Omar khayyam, mathematicians, and conversazioni with artisans. The Journal of the Society of Architectural Historians, pages 54–71, 1995.

D.L. Iverson. Inductive system health monitoring. In Proceedings of The 2004 International Conference on Artificial Intelligence (IC-AI04), 2004.

P.J. Lu and P.J. Steinhardt. Decagonal and quasi-crystalline tilings in medieval Islamic architecture. Science, 315(5815):1106, 2007.

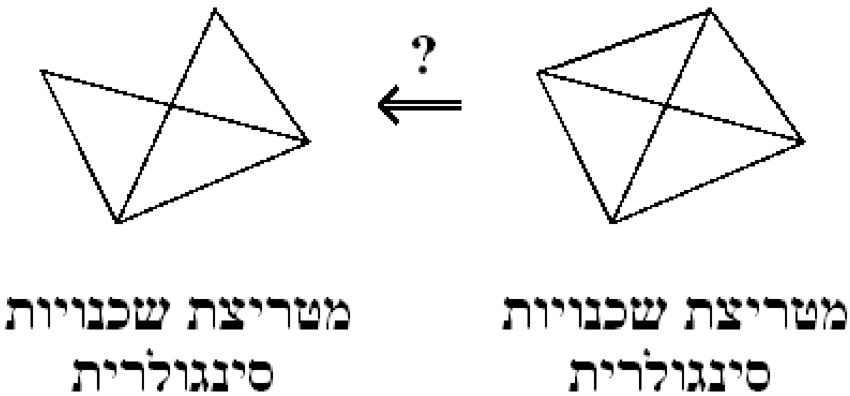
A. Degani, C. Jorgensen, M. Shafto, and L. Olson. On Organization of Information: Approach and early work. CA: NASA Ames, 2009.

על הסינגולריות של מטריצת השכנויות של גרפים

חניך: אביב ברינה, חולון
מנחה-עמית: טל אורנשטיין, מכון ויצמן רחובות

שאלת המחקר

באיזה אופן תכונת הסינגולריות של מטריצת השכנויות של גרף מושפעת משינויים גאומטריים קלים בגרף; בפרט – האם לאחר הוצאת צלע אחת בלבד מהגרף, תוך שמירה על תכונות בסיסיות, כגון קשירות, ניתן לקבל או לאבד את תכונת הסינגולריות?



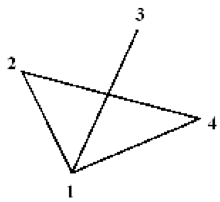
הרקע למחקר

הקשר בין תכונות גיאומטריות של גרפים ומטריצות המתאימות להם שייך בעיקר לתחום במתמטיקה הנקרא "תורת הגרפים הספקטרלית". תורה זו עוסקת באפיון הספקטרום, כלומר אוסף הערכים העצמיים של מטריצות המשויכות לגרפים. לתורה זו יישומים גם בתחומים אחרים במתמטיקה ובתחומי מדע אחרים, כדוגמת תורת ההסתברות ומדעי המחשב. בעזרת הערך העצמי השני הגדול ביותר של מטריצה המשויכת לגרף ממושקל, למשל, ניתן לחסום את זמן הערבוב של הילוך מקרי רגיל על גרף. כך מקבלים חסמים טובים לסיבוכיותם של אלגוריתמי חיפוש המבוססים על הילוכים מקריים על גרפים.

$$\begin{array}{c|cccc} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & & & & \\ 2 & & & & \\ 3 & & & & \\ 4 & & & & \end{array}$$

$$\begin{array}{c c} & \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

מטריצת השכנויות



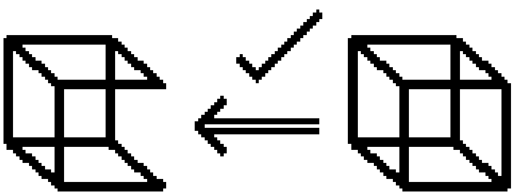
גרף

המטריצה הפשוטה ביותר להגדרה, ומהנחקרות ביותר בתחום, הינה מטריצת השכנויות של גרף. דוגמה לקשר בין התכונות של הגרף והתכונות של מטריצת השכנויות, היא שמטריצת השכנויות של גרף הנה סימטרית אם, ורק אם, הגרף אינו מכוון. דוגמה אחרת היא שהמטריצה מכילה שורת אפסים אם, ורק אם, יש לגרף קדקוד מבודד. אחת התכונות הבסיסיות ביותר של מטריצות הנה תכונת הסינגולריות. אי לכך, שאלה טבעית היא – מה ניתן לומר על הגרף באם ידוע שמטריצת השכנויות שלו היא סינגולרית. בספרות המקצועית נמצא לפחות מאמר אחד הנותן אפיון גרפי לתכונת הסינגולריות, אך האפיון שנמצא משתמש במבנה של תת-הגרפים של הגרף הנתון, ואינו מהווה תכונה גיאומטרית פשוטה להצגה (ראה מקור 1 בביבליוגרפיה).

תהליך המחקר

השלב הראשון של המחקר כלל למידה מקדימה של תורת הגרפים, הכרת משפחות גרפים, כגון הגרף השלם, קטע, מעגל (טורוס חד מימדי), טורוס מוכלל והיפר קוביות, ותכונותיהן.
בשלב הבא ניסינו למצוא תנאי הכרחי ומספיק לכך שלגרף קשיר יש מטריצת שכנויות סינגולרית. תנאי מספיק ברור הוא ששניים מקודקודיו של הגרף יהיו מחוברים לאותם הקודקודים בדיוק, לכן בדקנו האם תנאי זה הכרחי. שלב זה הסתיים לאחר מציאת דוגמה נגדית מוכרת, כלומר גרף שאינו מקיים את התנאי, אך המטריצה שלו סינגולרית, והוא ההיפר קובייה ממימד זוגי.

השלב האחרון היה תוצאה של עבודתנו בשלב השני. במהלך הוכחת התאמתה של הדוגמה הנגדית להשערתנו, שמנו לב לתכונה מעניינת של ההיפר קובייה – לכל היפר קובייה ממימד זוגי יש מטריצת שכנויות סינגולרית, ואף לגרף המתקבל לאחר הוצאת צלע של הקובייה יש מטריצת שכנויות סינגולרית. לפיכך ניסינו לגבש השערה, דרך חקירת מקרים פרטיים, לתנאים בהם תכונת הסינגולריות של מטריצת השכנויות נשמרת או תנאים בהם תכונת הסינגולאריות משתנה לאחר הוצאת צלע של גרף.



מטריצת שכנויות סינגולרית

מטריצת שכנויות סינגולרית

ממצאים

- הספקטרום של מטריצת השכנויות של היפר קובייה ממימד d הוא קבוצת כל המספרים בהפרש 2 מ-d– עד d, כאשר המרחב העצמי של הערך העצמי d-2k ($0\leq k\leq d$) הוא ממימד המקדם הבינומי, d מעל k. מכאן שלהיפר קובייה ממימד זוגי יש מטריצת שכנויות סינגולרית.
- לגרף המתקבל לאחר הוצאת צלע של היפר קובייה ממימד זוגי יש מטריצת שכנויות סינגולרית.
- למעגל מסדר אי-זוגי יש מטריצת שכנויות רגולרית, ואילו לקטע המתקבל ממנו לאחר הוצאת צלע יש מטריצת שכנויות סינגולרית. ביתר פירוט, הקשר בין הפולינומים האופייניים של המטריצות הוא $g_n(x)=f_n(x)-f_{n-2}(x)-2$, כאשר g_n הוא הפולינום האופייני של מעגל מסדר n, ואילו f_n הפולינום האופייני של קטע מסדר n, המקיים $f_2(x)=x^2-1$, $f_3(x)=x^3-2x$ ו- $f_n(x)=xf_{n-1}(x)-f_{n-2}(x)$ לכל n טבעי החל מארבע.

לפני הוצאת צלע

מעגל מסדר אי-זוגי הוא בעל מטריצת שכנויות רגולרית

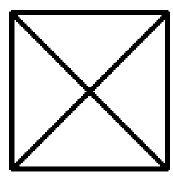
לאחר הוצאת צלע

ישר מסדר אי-זוגי הוא בעל מטריצת שכנויות סינגולרית

- לגרף השלם יש מטריצת שכנויות רגולרית, אך לאחר הוצאת צלע יש לו מטריצת שכנויות סינגולרית. יתר על כן, הפולינום האופייני של מטריצת השכנויות של הגרף השלם מסדר n הוא $f_n(x)=(x+1-n)(x+1)^{n-1}$, והפולינום האופייני של מטריצת השכנויית של הגרף השלם לאחר הוצאת צלע הוא $g_n(x)=x(x+1)^{n-3}(x^2+(3-n)x+4-2n)$.

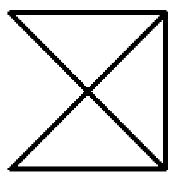
הגרף השלם

לפני הוצאת צלע



מטריצת שכנויות רגולרית

לאחר הוצאת צלע



מטריצת שכנויות סינגולרית

מסקנות ומחשבות לעתיד

תכונת הסינגולריות של מטריצת השכנויות אינה ברורה לחלוטין. אחת השאלות המעניינות שניתן לשאול בעקבות מחקרנו הינה כמה צלעות ניתן להוציא מההיפר קובייה ממימד זוגי (ובאיזה אופן ניתן לעשות זאת, שהרי לאחר הוצאת צלע כבר יש הבדלים בין הצלעות), כפונקציה של המימד, כך שתכונת הסינגולריות של מטריצת השכנויות תישמר. שאלה אחרת, כללית יותר, הנה יציבות או רציפות של הערך העצמי הנמוך ביותר בערך מוחלט. באופן מדויק יותר, האם ניתן למצוא תנאי על דרגתו של גרף רגולרי כפונקציה של מספר הקדקודים, שיבטיח שהערך העצמי הקטן ביותר בערך מוחלט ישתנה בגודל הקטן כרצוננו כאשר מספר הקדקודים גדל לאינסוף?

ביבליוגרפיה

1. Bollobas, B., Modern graph theory, 1998, Springer Verlag.

2. Sciriha, I., A Characterization of Singular Graphs, Electron. J. Linear Algebra,16, 451-- 462, 2007.

3. Spielman, D., Lecture notes of the course "Spectral Graph Theory", Fall 2009. Taken from his web page at Yale University, department of computer science, see http://www.cs.yale.edu/homes/spielman

4. West, D. B., Introduction to graph theory, 2001, Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.

Does translation initiation efficiency change due to cancer? Which genes' translation initiation efficiency change?

האם קצב התרגום של גנים בגנום משתנה במצב סרטן? מי הם הגנים שיעילות התרגום שלהם משתנה בסרטן?

החניכה: אור הלר, אור יהודה
מנחה-עמית: פרופ' צחי פלפל, מכון ויצמן רחובות

Background

Cancer is a term used for diseases in which abnormal cells divide without control and are able to invade other tissues. Cancer cells can spread to other parts of the body through the blood and lymph systems.

Cancer may cause changes in the expression or availability of the genes. A lot of research showed changes in transcription in caner but little is known about changes in translation in these diseases. Translation efficiency is regulated in response to the frequency of the different tRNA molecules in the cell.

Whether the tRNA molecules change in cancer and whether translation efficiency changes as a result is not known. Such a change could lead to more global changes, such as an increase or decrease in the amount of the different types of proteins in the cell.

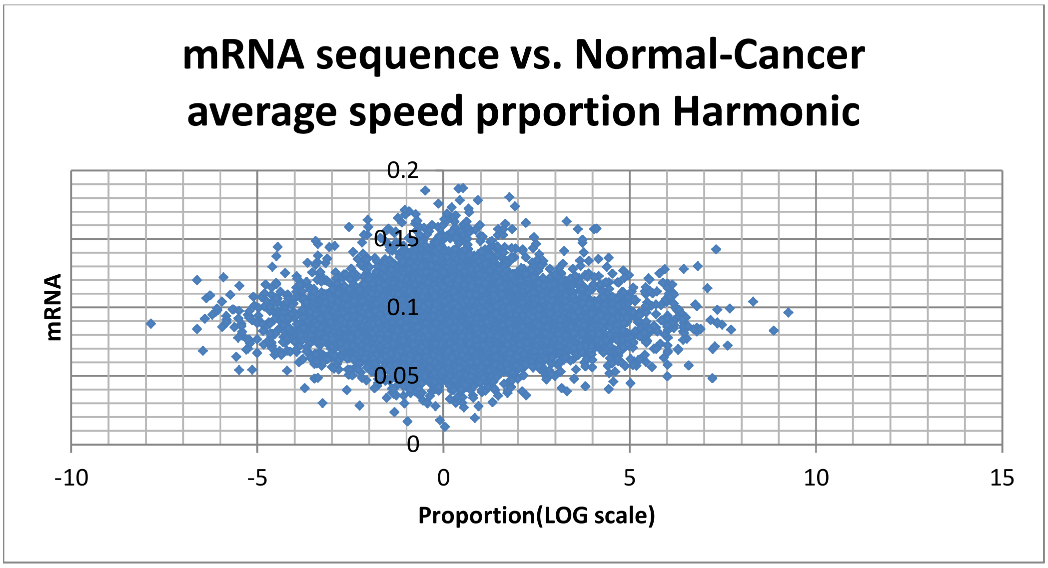
In particular, interest is directed towards two types of genes in cancer, oncogenes, and tumor suppressors, whose expression often change in the disease. An oncogene is a gene that when mutated or expressed at abnormally-high levels contributes to converting a normal cell into a cancer cell.

Tumor suppressor genes are genes that regulate the growth of cells. When these genes are functioning properly, they can prevent and inhibit the growth of tumors. When tumor suppressor genes are altered or inactivated (due to a mutation), they lose the ability to make a protein that controls cell growth. Cells can then grow uncontrolled and develop into a cancer.

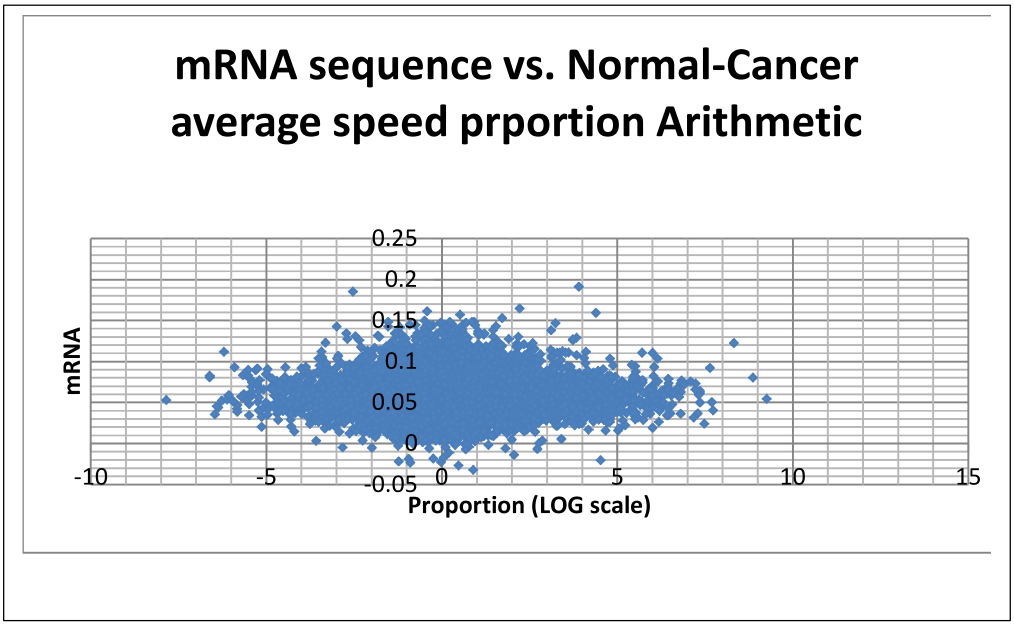
Study Methods

The current research discusses the reciprocal influence between cancer and cell's translation efficiency. The research includes several stages:

Analyze genomic data using a computer programming and mathematical formulas in order to calculate genes' translation initiation average speed- at normal status and cancer status. We denote by x_i the speed of translation of codon I in a gene. There are 3 average calculation formulas (harmonic $= \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{x_i}}$, geometric $= \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdots x_n}$ or arithmetic $= \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n}$). In order to decide which formula to use for calculating genes' translation average speed we calculated the correlation coefficient of the proportion between cancer and normal average translation speeds vs. mRNA sequence measurement.



Harmonic correlation coefficient
0.005384346



Arithmetic correlation coefficient
0.003700401

We found out that geometric average formula isn't suitable in our case, since the average we calculated was always zero or aims to it since not all the codons appear at every gene.

We calculated average speeds by given genomic sequence and given translation initiation speed per codon, in normal status and 380 cancer samples of patients with glioblastoma.

After we analyzed the genomic data using these formulas, we calculated statistics facts about this information, and made charts about them in order to see the relation between normal and cancer translation speed.

We filtered these factors and searched for genes and codons which their translation initiation changed the most between cancer and normal statuses.

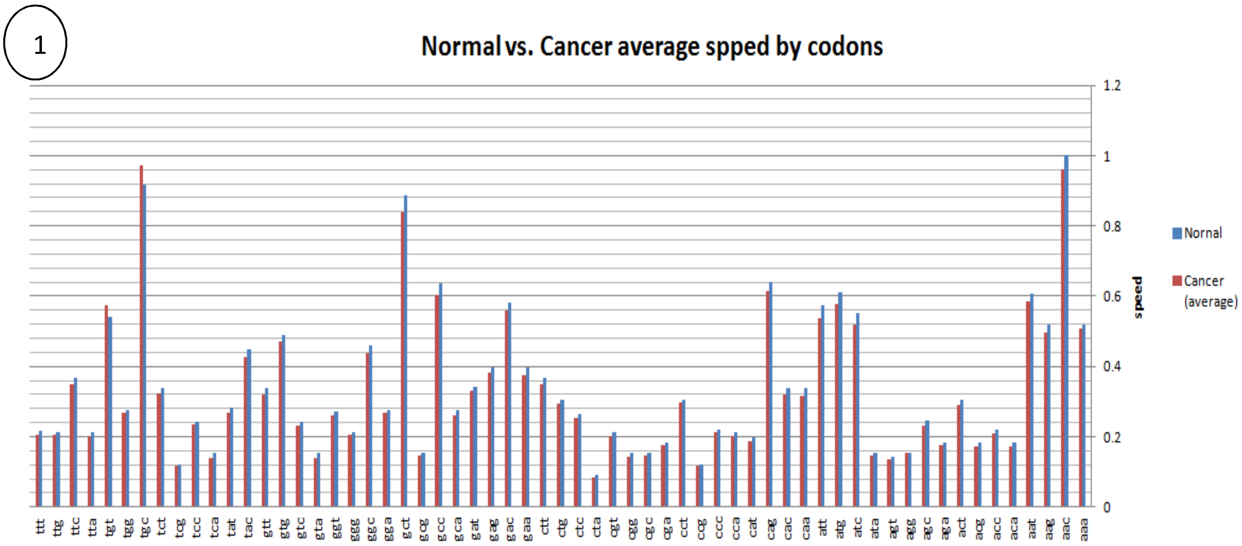
Later on we analyzed via internet program (1, 2) these genes in order to see if there is a bond between them and checked their properties to see if they are acting like an oncogene or tumor suppressor.

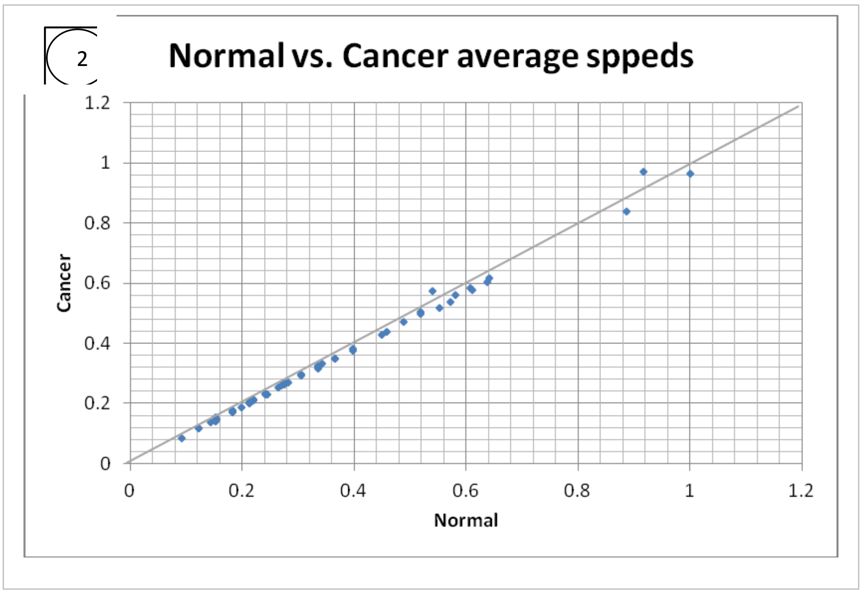
The programs we used are: Gorilla [Gene Ontology enRIchment anaLysis and visuaLizAtion tool](1) and gene-cads(2). More information could be found at bibliography.

Findings

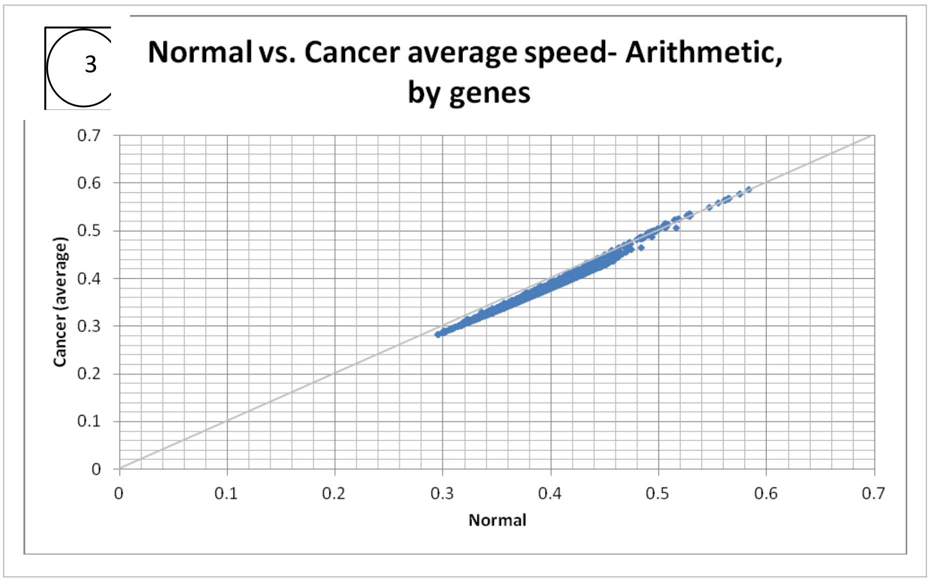
The research findings are shown in the following charts.

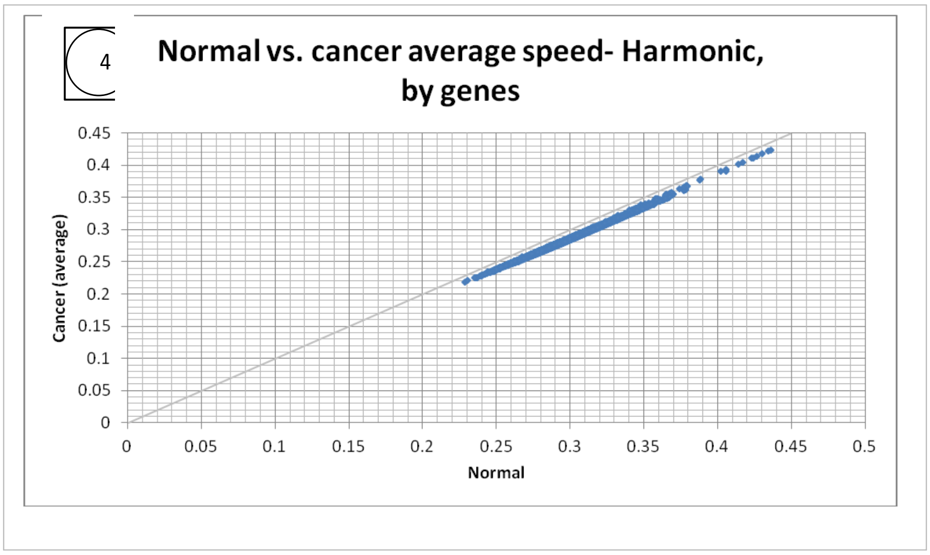
Charts 1 and 2 reflect the relation between cancer and normal samples average translation speeds, by codons, in a Normal tissue vs. 380 cancer samples average.





Charts 3 and 4 reflect the Relation between cancer and normal samples average translation speeds, by genes. Normal vs. 380 cancer samples average. The grey line represents normal equals cancer, genes above the lines are predicted to be translated more rapidly in cancer.

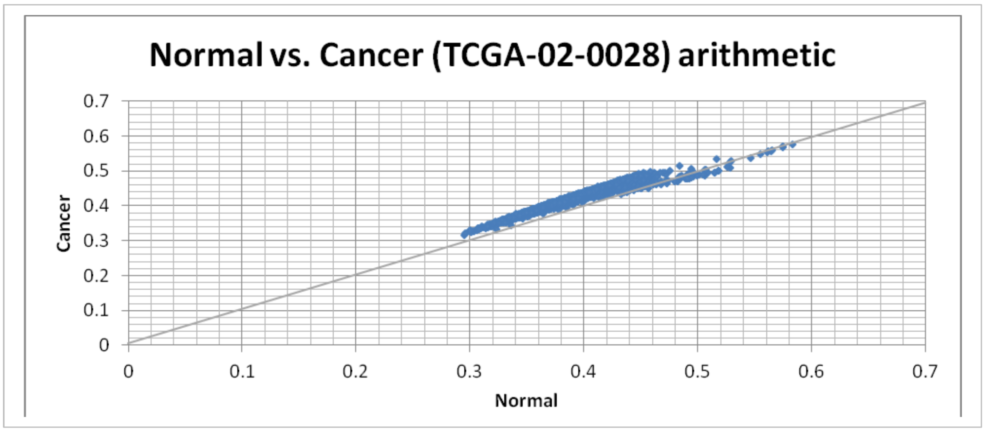




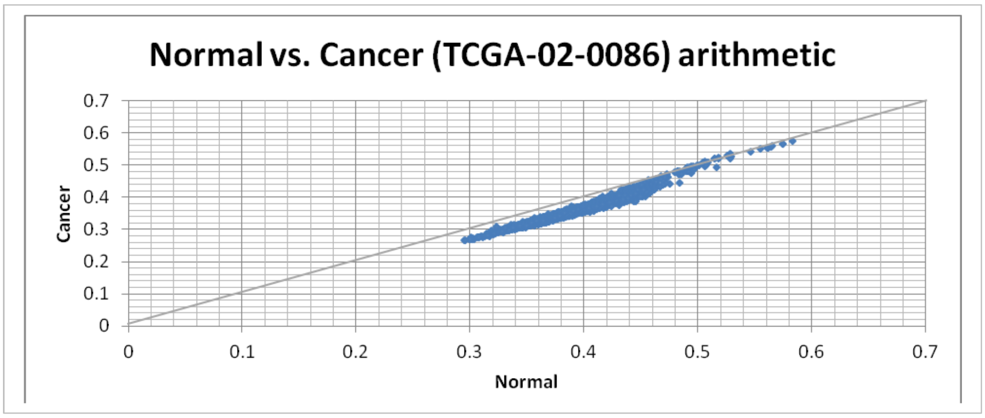
We choose few charts of normal vs. one of the cancer samples, which represents cases we found. That charts are extreme situations; they have the large changes between the speeds or difference between the genes' changes, few genes speed gets higher in cancer while others get lower.

Charts 5 and 6 reflect the relation between cancer and normal statuses average translation initiation speeds, by arithmetic average calculation formula. Charts 7 and 8 reflect the relation by harmonic average calculation formula.

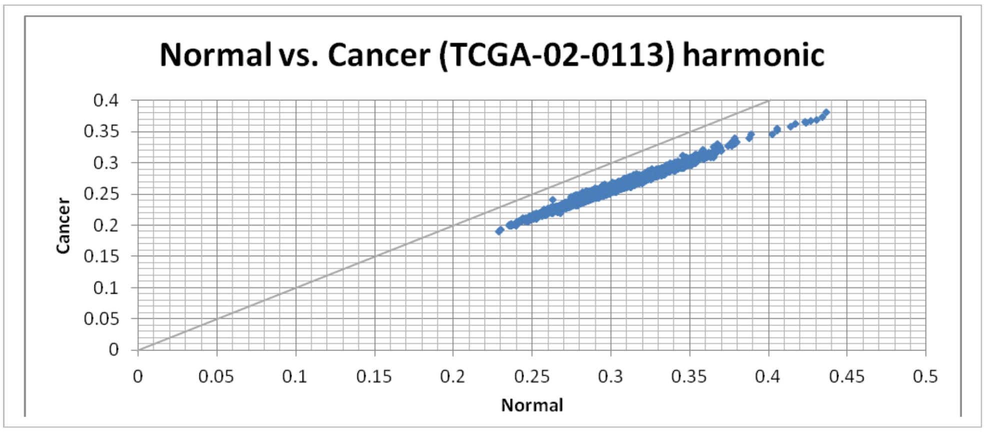
5


Normal vs. Cancer (TCGA-02-0028) arithmetic
Cancer
Normal
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7

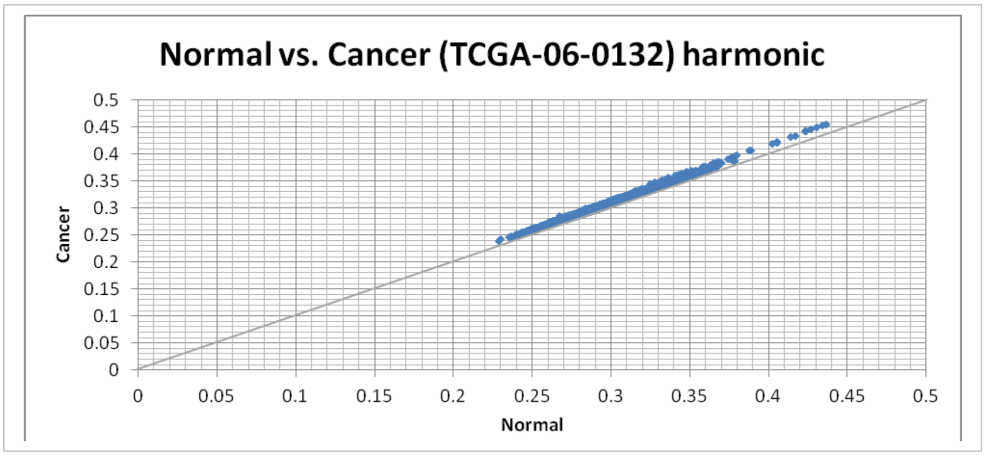
6


Normal vs. Cancer (TCGA-02-0086) arithmetic
Cancer
Normal
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7

7


Normal vs. Cancer (TCGA-02-0113) harmonic
Cancer
Normal
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5

8


Normal vs. Cancer (TCGA-06-0132) harmonic
Cancer
Normal
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5

Discussion

We found out that there is a difference between cancer and normal samples average translation speeds, we can notice that from charts 1-4, there is a difference by codons and genes translation speeds.

From charts 1 and 2 we can see that in most of the codons translation speed is lower in cancer except for two codons- TGC and TGT, that curiously code for the same amino acid, Cysteine.

From charts 4-8 we can see that in different cancer samples the translation speed can change; be higher or lower than normal translation speed. From chart 4 we can see that usually cancer translation speed is lower.

We also noticed that as the translation initiation speed gets higher the change between cancer and normal translation initiation speed also grows.

During the research we found out some genes that their translation initiation speed grow more than others, and they appeared in many cancer samples as higher translation initiation speed growth; such as ELN, LST1 and COL13A.

In a literature search I found out that ELN binds to cells that rapidly expand and to cells' recover (2). We also found out that the gene LST1 has an inhibitory effect on lymphocyte proliferation (2).

Also we found out few genes that their translation speed growth is lower than others, or that their speed gets lower in cancer, such as: RBM24, NFYC and NFYA, another form of that gene.

The largest change we found in NFYC was -0.5709 in LOG2 scale, which means that the translation speed got lower by 0.673 in cancer- almost half than in normal. That change happened at NFYC >CCDS455.1|Hs37.1|chr1 gene, TCGA-06-2569 sample.

The gene NFYC is involved in the transcription process (2). It has been shown to interact with the protein MYC (3). MYC is an oncogene, so that a mutated version of it, which causes it to be constitutively expressed, is found in many cancers. This leads to the unregulated expression of many genes, some of which are involved in cell proliferation and results in the formation of cancer (4).

Bibliography

(1) GORILLA - Gene Ontology enRIchment anaLysis and visuaLizAtion tool.
Website: http://cbl-gorilla.cs.technion.ac.il/

(2) Gene Cards- a searchable, integrated, database of human genes that provides concise genomic related information, on all known and predicted human genes.
Website: http://www.genecards.org/

(3) Wikipedia. Website: http://en.wikipedia.org page: NFYC.

(4) Myc Cancer gene. Website: http://www.myccancergene.org/

The effects of inhibition of protein synthesis on consolidation of Extinction of Recent and Remote Aversive Memories

חניכה: אריג׳ חטיב, מג׳דל אל-כרום
מנחה-עמיתה: ד״ר מונא מארון, המחלקה לנירוביולוגיה, אוניברסיטת חיפה

Introduction

To survive in a world with varying stimuli, animals have to learn which stimuli are safe and which are not safe and need to be avoided. Based on this, there are at least two types of associative aversive paradigms that can be learned and studied in the laboratory that are based on different and distinct modalities; the contextual fear conditioning which associates a context with electrical shock and the taste / odor conditioning paradigms which associates a more natural modality with malaise feeling. The two paradigms share characteristics of robust, intense and one trial formation of the associative memory; they can undergo extinction upon repeated exposure with the stimulus without the reinforcement.

The neural network participating in the acquisition, maintenance and extinction of both these types of aversive memories might be overlapping and it includes the amygdala, the medial prefrontal cortex, the hippocampus and olfactory regions.

The medial prefrontal cortex (mPFC) is engaged in the extinction of fear and impairments in this region are associated with impairments and resistance to extinction of fear. In our lab, they generalized the role of the mPFC to also the extinction of conditioned taste aversion in which the animal learns to associate between a novel taste and gustatory malaise. It was shown that blocking the inhibition of protein synthesis blocked extinction.

Why blockade of protein synthesis blocks extinction?

For memory to be stored and remembered it must be transferred from short-term storage to long-term storage in a process termed consolidation of memory. Memory consolidation refers to the progressive post-acquisition stabilization of the memory trace. Research has shown that shortly after learning, memory traces are fragile and susceptible to disruption by various agents. Memory consolidation mainly depends on protein synthesis and thus blockade of protein synthesis blocks memory. It can block the original formation of fear or aversive memory or the memory of extinction depending on when we inject the inhibitor.

By testing memory at recent and remote time points, researchers have been able to characterize how the circuits that support memories are gradually reorganized over time, to identify sites of permanent storage in the cortex, and to provide evidence for reorganization at both regional and sub-regional levels.

Objectives of this work: The aims of this work were

1) The role of the mPFC in extinction of conditioned odor aversion as compared to contextual fear conditioning.
2) The role of mPFC in recent vs remote extinction of these memories

In order to examine the role of the mPFC we focused on blocking protein synthesis at a certain stage of the experiment.

Methods

Surgery: In order to target the mPFC, we anaesthetized the rat and its head was fixed in a stereotaxic apparatus. Bilateral cannulae were inserted into the mPFC and then the cannulae were fixed in the brain by using dental cement. The rats were given one week to recover from surgery.

Conditioned odor aversion: Animals are trained to associate between the odor of banana and malaise feeling. They get the odor of banana by drinking odorized water and the malaise feeling by injection of LiCl.

On the next exposure to the banana-odorized water, the rats avoid drinking though that they are restricted in water-intake.

The conditioned aversion is presented as an aversive index, defined as [mL water/(mL water+mL banana)*100] consumed in the test; hence, 50 indicates equal preference. Higher aversion index means higher preference of water over banana.

Contextual fear conditioning: Animals learn to associate between context and electrical shocks.

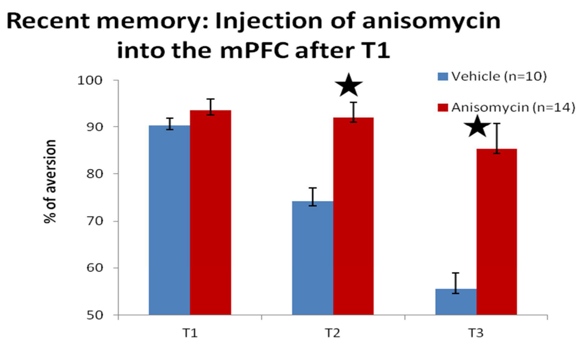
Recent memory: Was tested up to 4 days after learning

Remote memory: Was tested one month after learning

Results

Inhibition of protein synthesis inhibited the consolidation of extinction of both conditioned odor aversion and contextual fear conditioning.

1) For the conditioned odor aversion, the control group showed normal extinction, however, the group that received protein synthesis inhibitor was impaired in extinction. This was expressed by high aversion index to the banana solution.
2) In fear conditioning, the group that received saline into the mPFC (Control group) showed normal extinction that was expressed by reduced freezing to the presentation in the context. However, the group that received the protein synthesis inhibitor showed impairment in extinction.



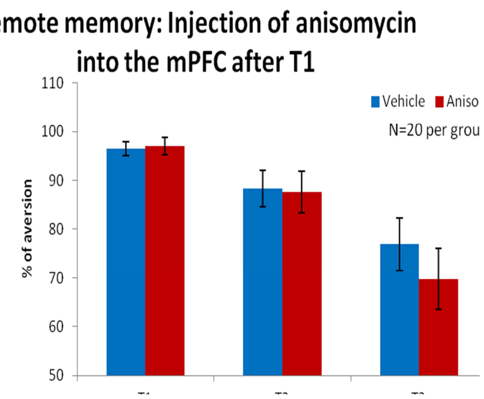


Figure 1: Microinfusion of the protein synthesis inhibitor into the mPFC after the first retrieval test impaired extinction of recent conditioned odor memory but not the extinction of remote memory. Star indicates significant difference between the groups.

For the fear conditioning memory we show that the inhibition of protein impairs extinction of recent memory and remote memory.

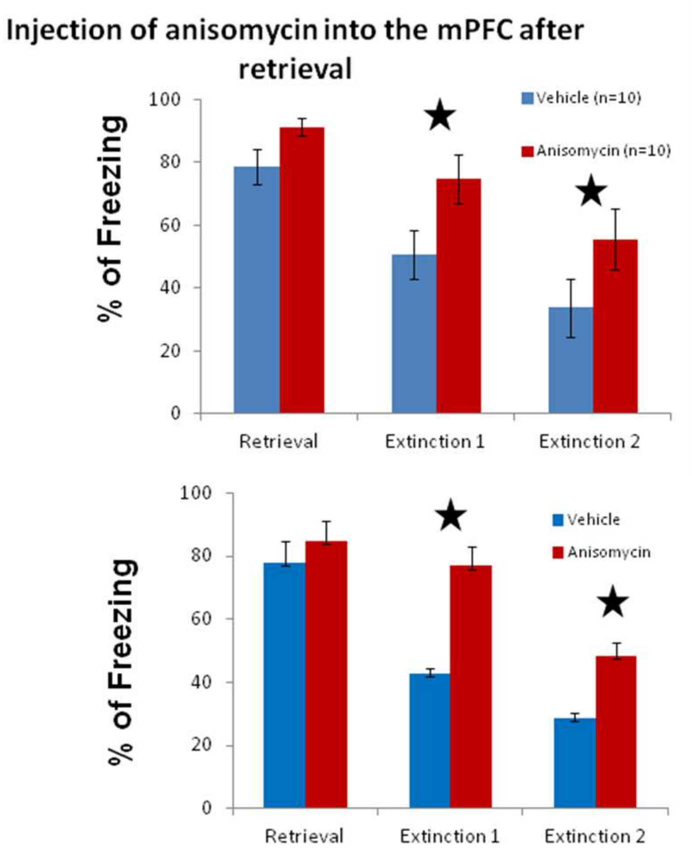


Figure 2: Microinfusion of the protein synthesis inhibitor into the mPFC after the first retrieval test impaired extinction of recent and remote contextual fear conditioning. Star indicates significant difference between the groups.

Different effects of inhibition of protein synthesis on extinction of remote and recent memory: dependence on the paradigm of conditioning

1) In conditioned odor aversion, inhibition of protein synthesis in the mPFC did not affect extinction of remote memory
2) In contextual conditioning inhibition of protein synthesis impaired extinction of remote memory

Conclusions

1) We bring new evidence showing that the protein synthesis is important for extinction of conditioned odor aversion.
2) Remote extinction memory of contextual conditioning, but not odor conditioning, requires protein synthesis in the mPFC.

References

Akirav, I., V. Khatsrinov, R. M. Vouimba, M. Merhav, G. Ferreira, K. Rosenblum, and M. Maroun (2006). "Extinction of Conditioned Taste Aversion Depends on Functional Protein Synthesis but Not on NMDA Receptor Activation in the Ventromedial Prefrontal Cortex." *Learning & Memory* 13 (3): 254-258.

Sevelinges, Y., B. Desgranges, and G. Ferreira (2009) "The Basolateral Amygdala is Necessary for the Encoding and the Expression of Odor Memory." *Learning & Memory* 16, (4): 235-242.

על התנגשויות נויטרונים כפולות בניסוי XENON100

חניך: אורי טייכמן, אשדוד
מנחה-עמית: פרופ' אהוד דוכובני, מכון ויצמן רחובות

רקע

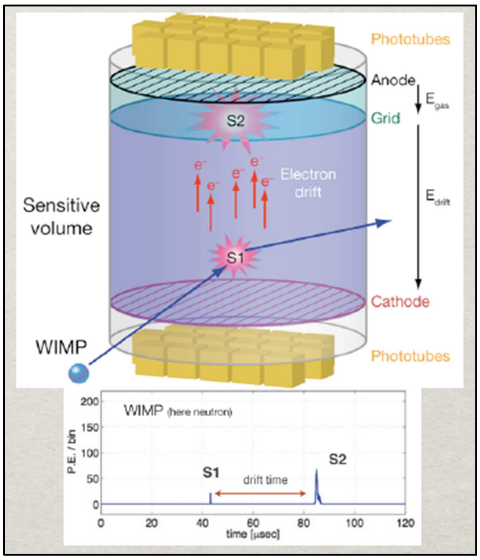
מתצפיות קוסמולוגיות שונות, מסתבר שהחומר אותו אנו מכירים (אטומים, מולקולות) מהווה כ-4% ממסת היקום. חלק גדול יותר, כרבע ממסת היקום, מורכב מ"חומר אפל" שמהותו אינה ידועה ושאינו מגיב כמעט עם חומר רגיל (ועל כן לא ניתן לראותו, מאחר ופוטונים לא יגיבו איתו בשום צורה). המודל המקובל כיום מניח שהחומר האפל מורכב מחלקיקים הקרויים WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles). חלקיקים כאלו חולפים דרך כדור הארץ ללא הפרעה. לפי אותו מודל, מהרגע בו התחלתם לקרוא תקציר זה חלפו כ-10 מיליארד חלקיקים כאלו דרך גופכם. בעבודתי עסקתי בניסוי בשם XENON100 הנחשב למבטיח ביותר לגילוי חומר אפל. הניסוי נקרא כך משום שהוא משתמש בכ-100 ק"ג קסנון נוזלי (בטמפ' של כ-100 מעלות). המערכת נמצאת במעבדת Gran Sasso באיטליה, הכרויה בעומק של כ-1500 מ' מתחת לאפנינים, ומוגנת מפני קרינה חיצונית על ידי הסלעים שמסביב ועל ידי שכבות מגן נוספות. חלקיקי ה-WIMP עוברים דרך הסלע ללא הפרעה ומספר זעום מהם, כמה עשרות בשנה, מתנגש בגרעיני הקסנון. הבהוב חלש ביותר של אור (כמה עשרות פוטונים בלבד), ומספר זעום של אלקטרונים נוצרים בהתנגשות שכזו. סביב מיכל הקסנון מוצבים גלאים שנועדו לאתר את הפוטונים והאלקטרונים שנפלטו בהתנגשות. הגלאים רגישים עד כדי כך שהם מסוגלים לאתר פוטון אחד שנפלט במיכל.

כדי לזהות התנגשות של WIMP יש להבין כיצד תראה התנגשות שכזו בגלאי וכיצד יראה רעש הרקע ממנו לא ניתן להיפטר לחלוטין. לשם כך מקרינים את הגלאי בקרינת גמא (ממקור רדיואקטיבי) המדמה את הרעש, ובקרינת נויטרונים (חלקיקים ניטרליים המצויים בגרעיני כל האטומים כמעט) המדמים חלקיקי חומר אפל. התנגשויות אלו מותירות בגלאי סוגי אותות שונים.

למרות הדמיון הרב בין התנגשות נויטרון להתנגשות WIMP ישנו הבדל בין השניים. הנויטרון עשוי להתנגש שנית לאחר שעבר מרחק קצר בנוזל, בעוד של- WIMP אין אפשרות שכזו. מקרה זה נקרא **התנגשות כפולה** (Double scatter). ניתן להבחין בין התנגשויות כפולות רק אם המרחק בין שתי ההתנגשויות הוא מעל מספר מילימטרים. קיומן של התנגשויות כפולות בלתי מזוהות מקטין את רגישות הגלאי. בעבודתנו התמקדנו בהבנת ההתנגשויות הכפולות הבלתי מזוהות.

שיטת המחקר

במהלך המחקר התבססנו על יכולתו המוגבלת של הגלאי להבדיל בין התנגשויות כפולות כשהנויטרון נע במישור האופקי, יחסית לתנועתו האנכית. הסיבה לכך היא שהגלאי מסוגל להבדיל בין שני מאורעות בתנאי שהפרש הגובה ביניהם הוא מעל שלושה מילימטר. לפיכך (מסיבות גיאומטריות פשוטות), אחוז ההתנגשויות הכפולות הבלתי מזוהות תלוי בכיוון התנועה של הנויטרון. ניסינו למצוא הבדלים בין התנגשויות המוגדרות כבודדות (והמכילות גם התנגשויות בודדות וגם התנגשויות כפולות בלתי מזוהות) במישור האופקי לבין התנגשויות כאלו מעל ומתחת למישור הזה.



ממצאים

כצפוי, נמצאו הבדלים בין התנגשויות המוגדרות כבודדת הקורות במישור האופקי להתנגשויות כאלו הקורות מעל המישור או מתחתיו, אך לא ברור עדיין אם מקור ההבדלים הוא באחוז שונה של התנגשויות כפולות בלתי מזוהות או בהתנהגות תלויות מקום של הגלאי.

מסקנות ומחשבות לעתיד

כפי שצוין לעיל, ההבנה של התנגשויות הכפולות מזוהות ולא מזוהות תשפר את ביצועי הגלאי הנוכחי והגלאי העתידי XENON1t (בו תוגדל כמות ה- XENON פי 10, ועל כן סיכויי הגילוי לחומר אפל גדולים בהרבה).

חיזוי סטטיסטי של אירועים קרדיו-וסקולריים וסוכרת

חניך: מתן יוסף, רמת גן
מנחה-עמית: ד"ר אופיר שלוי, אנוביט הרצליה
בסיוע ד"ר שי קיוויתי

שאלות המחקר

מהו הקשר הסטטיסטי בין לחץ הדם הדיאסטולי ולחץ הדם הסיסטולי לבין הופעה עתידית של אירועים קרדיו-וסקולריים ו\או סוכרת?

הרקע למחקר

לחץ דם הוא הלחץ המופעל על דפנות העורקים על ידי הדם שזורם בו. לחץ דם נמדד בדרך כלל על ידי שני ערכים עיקריים: לחץ דם סיסטולי – המכונה גם לחץ דם גבוה – וערכו מצביע על לחץ השיא בזמן התכווצות חדרי הלב; ולחץ דיאסטולי – המכונה גם לחץ דם נמוך – וערכו מצביע על לחץ השפל בזמן הרפיית חדרי הלב.
מחקרים רבים גילו כי הסיכון העתידי לחלות במחלה קרדיו-וסקולרית ו/או בסוכרת עולה ככל שלחץ הדם הסיסטולי עולה, ובאותו אופן קיים יחס דומה בין לחץ הדם הדיאסטולי לבין הסיכון לחלות במחלה קרדיו-וסקולרית ו/או סוכרת [3-5]. ליתר דיוק, מחקרים קודמים גילו כי אדם בעל לחץ דם סיסטולי הגבוה מ-90 או לחץ דם דיאסטולי הגבוה מ-140 הוא בעל סיכון גבוה לחלות במחלה קרדיו-וסקולרית ו/או סוכרת.
במחקר זה הועמד לרשותנו, על ידי רופאים מבית החולים "שיבא", מאגר נתונים של "בדיקות הסקר" המכיל בדיקות שנתיות של כ-11 אלף נבדקים במשך 10 שנים. המאגר מכיל נתונים מקיפים, החל מנתונים אישיים ונתונים שגרתיים כמו משקל, גובה ולחץ דם, וכלה בנתונים על אורח החיים ועל רמות הוויטמינים של הנבדקים. בעזרת נתונים אלו ניסינו לבדוק אם אפשר לשפר את שיערוך הסיכון לחלות במחלות קרדיו-וסקולריות ו\או סוכרת מתוך מדידות לחץ הדם הסיסטולי והדיאסטולי. שיפור שיערוך הסיכון יכול לסייע באופן משמעותי בהתמודדות עם מחלות קשות אלו, שכן הוא מאפשר מתן טיפול מונע (כגון דיאטה או הפסקת עישון) לחולים הנמצאים בסיכון גבוה.

שיטת המחקר

ראשית, חילקנו את הנבדקים לשלוש קבוצות: קבוצה A של חולים במחלות קרדיו-וסקולריות, קבוצה B של חולי סוכרת וקבוצה C של אנשים בריאים. עבור כל נבדק השתמשנו בערכי לחץ הדם הסיסטולי ולחץ הדם הדיאסטולי שנמדדו בבדיקה הראשונה שנערכה לנבדק.

הכלי המשמעותי ביותר שבו השתמשנו היה – תכנת המחשב matlab [2], שהיא תכנה בעלת כלים מתמטיים נוחים ויעילים לחישוב סטטיסטי. לפני החישוב עצמו היה עלינו לקלוט את הנתונים שסופקו בקבצי האקסל לתוך משתני matlab. לאחר מכן חישבנו היסטוגרמות דו-ממדיות [1] של לחץ הדם הסיסטולי והדיאסטולי בכל אחת מהקבוצות A, B ו-C. מתוך שלוש ההיסטוגרמות שיערכנו את הסיכון העתידי לחלות בתוך 10 שנים באירוע קרדיו-וסקולרי או בסוכרת כפונקציה של לחצי הדם של הנבדק.

ממצאים

טבלה 1 מסבירה את הסיכון המשוערך לחלות באירוע קרדיו-וסקולרי בתוך 10 שנים כפונקציה של לחץ הדם הסיסטולי (העמודה) ולחץ הדם הדיאסטולי (שורה), שערכיהם עוגלו לשם פשטות לכפולה הקרובה של 10. ערכי הטבלה מראים את ההבדל בסיכון למחלה באחוזים בהשוואה לאנשים שלהם נמדד לחץ דם "טיפוסי" של 120/80. לדוגמה, כפי שאפשר לראות בטבלה, הסיכון של בעלי לחץ דם 140/90 לאירוע קרדיו-וסקולרי גבוה בכ-20% מאשר הסיכון של בעלי לחץ דם 120/80, ואילו הסיכון של בעלי לחץ דם 110/70 נמוך בכ-30% מאשר בעלי לחץ דם 120/80.

הערכים המופיעים בתאים בעלי הרקע האפור הם בעלי אמינות נמוכה כיוון שמספר הנבדקים, שנמדדו להם ערכי לחץ דם כאלו הוא נמוך, ולכן יש להתייחס אליהם ביתר זהירות.

טבלה 1

0	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	-18.5997	0	0	0	0	184.901	0	0	0	0	0	0
60	-57.5679	-27.0653	13.9604	62.80057	3.60036	338.3092	0	279.868	469.802	0	0	0
70	0	-33.3565	-30.1109	-9.40387	60.25681	28.40608	214.3735	250.6474	0	0	0	0
80	0	21.55776	-20.2104	0	14.59705	37.68449	93.15321	102.5963	48.64399	184.901	0	0
90	0	0	58.27833	-40.6898	-7.93146	20.26708	33.69655	52.73043	179.9027	82.33663	89.93399	0
100	0	0	0	26.62266	-21.4066	-15.7928	23.7579	37.00157	3.60036	89.93399	42.4505	184.901
110	0	0	0	0	0	0	51.94719	169.9062	55.40054	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

אפשר לראות בבירור שערכי לחץ דם הנמצאים בקרבת הקו האלכסוני בטבלה 1 המודגשים בצבע צהוב, עדיפים בבירור על ערכי לחץ דם המרוחקים מקו זה. הסיכוי לאירוע קרדיו-וסקולרי תלוי בבירור בהפרש בין לחץ הדם הסיסטולי ללחץ הדם הדיאסטולי. תוצאה זאת שונה מתוצאות שראינו בספרות.

טבלה 2 זהה לטבלה 1, והיא מראה את ההבדל בסיכון לחלות בסוכרת בתוך 10 שנים בהשוואה לאנשים שלהם נמדד לחץ דם "טיפוסי" של 120/80.

טבלה 2

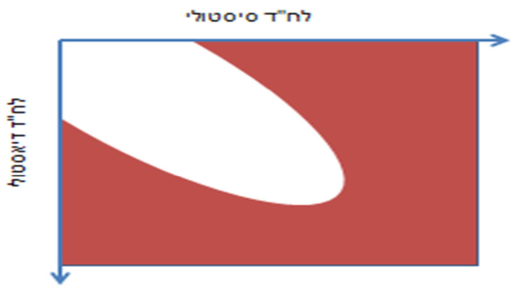
0	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	-69.8554	-92.1641	33.65862	10.32911	-11.0249	0	0	819.4093	0	0	0
70	0	-66.1567	-27.741	-3.22008	-14.9445	139.8459	341.3165	748.6855	589.557	0	0
80	0	-59.4378	-33.9083	0	76.39829	95.08095	139.8459	284.869	150.748	175.8228	0
90	0	0	143.373	14.06205	28.40912	67.73007	124.5069	139.8459	286.1519	139.8459	0
100	0	0	0	0	45.16989	26.01041	142.6219	91.32216	150.748	206.4698	244.7785
110	0	0	0	0	0	451.6456	97.01627	158.5839	276.122	294.0325	819.4093
120	0	0	0	0	0	0	0	0	1279.114	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

במקרה של סוכרת החשיבות של "המרחק מהאלכסון" אינה משמעותית כמו בטבלה 1. יחד עם זאת, נראה כי במקרה של לחץ דם סיסטולי מעל 120, לחולים בעלי לחץ דם דיאסטולי של 90 סיכון נמוך יותר לסוכרת מאשר לחולים בעלי לחץ דם דיאסטולי של 80 ומטה. גם תוצאה זאת אינה מוכרת לנו מהספרות, שהכלל הנהוג בה הוא שהסיכון לסוכרת נמוך יותר, ככל שלחצי הדם נמוכים יותר.

מסקנות ומחשבות לעתיד

תוצאות עבודה זאת מראות כי התחום של ערכי לחץ הדם שבהם יש סיכון גבוה לאירוע קרדיו-וסקולרי בתוך 10 שנים, שונה מהידוע (לפחות לנו) בספרות. איור 1 מראה את התחום המסוכן של ערכי לחץ הדם לפי הספרות (מחוץ לריבוע), ואיור 2 מראה את התחום המסוכן לפי תוצאותינו (מחוץ לאליפסה האלכסונית).

איור 1



איור 2

אדם שנמצא על "האלכסון", יוכל לדעת בעתיד כי סיכוייו להידרדר למחלה לא גבוהים, גם אם לחץ הדם שלו חורג מלחצי הדם המומלצים. לעומת זאת, אדם שחורג מן האלכסון ידע שעליו לנקוט בפעולות, כגון הפסקת עישון והגברת פעילות גופנית.

בהמשך המחקר עדיין נותר לוודא את אמינות השיערוך של הסיכון למחלה (המוגבלת בגלל גודל המדגם, שהוא אמנם גדול למדי אבל סופי), וכן נשאר גם לבצע multivariant analysis שתבדוק האם התוצאות שלנו מוסיפות מידע בהינתן כל המשתנים האחרים (גיל, מין, משקל ועוד).

ביבליוגרפיה

שלדון רוס (2001), "הסתברות – קורס ראשון", מהדורה 5, הוצאת האוניברסיטה הפתוחה.

MathWorks, Matlab Function Reference, http://www.mathworks.com/help/techdoc/ref/f16-6011.html

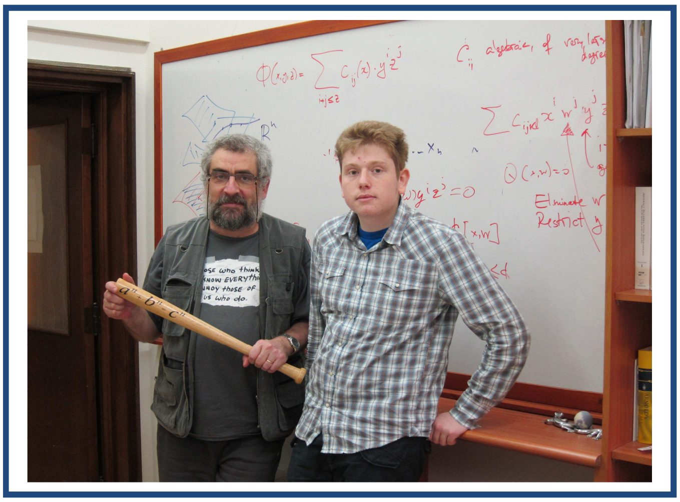
Blood Pressure in Young Adulthood and the Risk of Type 2 Diabetes in Middle Age ,(2003) Diabetes Care 26:1110-1115.

Blood Pressure in Early Adulthood, Hypertension in Middle Age, and Future Cardiovascular Disease Mortality ,(2011) Harvard Alumni Health Study 58:2396-2403.

Validity of physicians' self-reports of cardiovascular disease risk factors ,(1993) Annals of Epidemiology, Volume 3, Issue 4, Pages 442-447.

Multifoliated Analytic Surfaces

חניך: פיטר לביאנט, אשדוד
מנחה עמית: פרופ׳ סרגיי יעקובנקו, מכון וייצמן, רחובות



Introduction and the general problem

A real analytic non-singular surface $S \subseteq R^3$ (for instance, the graph of a real analytic function $z = \mathbf{f}(x, y)$ over an open domain $(x, y) \in D \subseteq R^2$) is said to be foliated, if it is a union of one-parametric families of non- singular pairwise disjoint analytic curves Γ_S (s being the parameter) locally analytically equivalent to a family of parallel lines on a piece of a real plane.

We say that S is multi foliated, if there are two or different foliations on S by analytic curves crossing each other transversally (by a nonzero angle). For example, the graph of an analytic function defined on the square $\{|x| < 1, \ |y| < 1\}$ is bi-foliated by the analytic curves Γ_S and Γ^0 which are graphs of the functions $z = \mathbf{f}(s, y)$ and $z = \mathbf{f}(x, t)$.

A more general example can be obtained as follows. Consider two non- singular vector fields X, Y in $(R^3, 0)$, nonsingular and linear independent at the origin (i.e., $X(0) \wedge Y(0) = 0$). If these vector fields commute, $[X, Y] = 0$, then their flows also commute and admit the common inte- gral surface S passing through the origin. This surface in multifoliated: for any $(\alpha, \beta) \in$ the integral curves of the field $\alpha X + \beta Y$ form a foliation of S, cf. [3].

The general direction of the research can be formulated as follows: as- suming that a surface is multifoliated by curves of known local regularity, what conclusions can be made about the regularity of the surface itself.

Algebraicity of a curve (the possibility of defining it by polynomial equa- tions) is the most fundamental and the strongest form of spatial regularity. The following was the starting point of the research.

Conjecture1. A 2-surface that admits two transversal analytic foliations by algebraic curves, is itself algebraic.

Statement of the main result

While the general form of the conjecture is still open, the following par- ticular case (where the algebraic curves are planar) is already settled.

Theorem 2. A real analytic function $f(x, y)$ of two variables, algebraic of degree 6 d separately in each variable, is algebraic jointly in both variables and has the degree $\lambda 2d$.

More precisely, if for any value $x = a$ the function $f_a(y) = f(a, y)$ satisfies a polynomial equation $P_a(y, z) = 0$ of degree 6 d in y, z, and similarly for any $y = b$ the function $\psi_b(x) = f(x, b)$ satisfies an equation $Q_b(x, z) = 0$, then there exists a polynomial R in the three variables x, y, z such that f satisfies the equation $R(x, y, f(x, y)) = 0$.

Despite its apparent simplicity, the question turned out to be rather del- icate, especially no apriori analyticity of the dependence of P_a and Q_b on a, resp., b, was made.

Methods of the proof

It is known that regularity results of the specified sort may well be very delicate. For instance, the fact that a function analytic in each variable separately is analytic in two variables jointly, is a very difficult result from the theory of several complex variables [2]. In our case we assumed from the very beginning this joint analyticity, yet the remaining difficulties turned out to be quite significant nevertheless.

The proof required developing of a general theory of algebraic functions analytically depending on the parameters. The key lemma states that all Taylor coefficients of such functions are algebraic and belong to the same algebraic extension field localized for the central value of the parameter.

Future directions and relationship to other problems

The next obvious step is to prove the Conjecture in full generality, which we are now working on. In the process we discovered some phenomena which constitute unexpected obstructions to easy solvability of this problem. For instance, a planar foliation by algebraic curves not always can be rectified by an algebraic plane diffeomorphism: the obstruction lies in the local holonomy group.

However, the further steps are more ambitious. If instead of regularity we will assume the finiteness of local intersection degree, then apparently a completely different toolkit should be applied to see whether the surface bi-foliated (or multi-foliated) by curves of finite local intersection degree, itself has finite local intersection degree with respect to codimension 2 affine subspaces. This general problem could be considered as an intermediate step to solution of the Hilbert 16th problem [1].

References

[1] Yulij Ilyashenko and Sergei Yakovenko, Lectures on analytic differential equations, Graduate Studies in Mathematics, vol. 86, American Mathematical Society, Provi- dence, RI, 2008. MR2363178 (2009b:34001)

[2] B. V. Shabat, Introduction to complex analysis. Part II, Translations of Mathematical Monographs, vol. 110, American Mathematical Society, Providence, RI, 1992. Func- tions of several variables; Translated from the third (1985) Russian edition by J. S. Joel. MR1192135 (93g: 32001)

[3] Sergei Yakovenko, On functions and curves defined by ordinary differential equations, The Arnoldfest (Toronto, ON, 1997), Fields Inst. Commun., vol. 24, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 1999, pp. 497–525. MR1733590 (2001k:34065)

עצים מישוריים אינסופיים

חניך: סוקר ינאי, שמשית
מנחה-עמית: פרופ' רון אהרוני וד"ר אלי ברגר, אוניברסיטת חיפה

מבוא

גרף מישורי הוא כל גרף שניתן לציירו במישור, באופן שכל קודקוד ייוצג על ידי נקודה במישור וכל צלע תיוצג על ידי קו המחבר שתיים מהנקודות הללו, מבלי שייווצר חיתוך בין קווים המייצגים צלעות, מלבד בחיתוך בקודקוד המשותף לשתי הצלעות. עץ הוא כל גרף קשיר – כלומר, שמכל קודקוד בו קיים מסלול כלשהו לכל קודקוד אחר אשר אין בו כלל לולאות. לא קשה להראות שנובע משני התנאים הללו שבעץ קיים מסלול אחד ויחיד מכל קודקוד לכל קודקוד.

מטרת המחקר

שאלת המחקר: מתי ניתן להוסיף צלעות לעץ מישורי נתון, באופן שכל צלע תחבר בין שני קודקודים של העץ, כך שהגרף שיתקבל יהיה מישורי ובכך ליצור מפה שאת הפאות בה – כלומר את השטחים הנוצרים מבין הצלעות – לא ניתן לצבוע בשלושה צבעים מבלי ששני שטחים בעלי אותו הצבע ייגעו זה בזה (כלומר שיחלקו צלע משותפת)?

מעתה, עץ שאפשר להוסיף לו צלעות בצורה כזו ייקרא **עץ-מרֻבֵּע**, ולפעולה של הוספת צלעות ליצירת מפה שאינה 3-צביעה נקרא **ארבוע**. תנאי חשוב, שהשאלה כוונה רק אל העצים העונים עליו, הוא שהעץ יהיה אינסופי על ידי כך שיקיים את שני התנאים הבאים: הראשון, שדרגתו של כל קודקוד בעץ המקורי (טרם הוספנו צלעות) תהיה לפחות 2; השני, שכל קרן אינסופית בעץ שואפת לאינסוף. ניסוח אחר של התנאי – שקבוצת אינסוף צלעות רצופות לעולם לא תהייה חסומה. לעץ המקיים תכונות אלה נקרא **עץ מתפרש**.

בעבודה ניסינו למצוא תנאי הכרחי ומספיק לכך שעץ מתפרש יהיה מרבע. לשם ניסוח התנאי, אנו מגדירים את ההגדרה הבאה:

יהי T עץ מתפרש ויהי U תת-עץ סופי של T. אומרים ש- U הוא תת-עץ פציל בסיסי של T אם:

1. מכל קודקוד ב- U יוצאת לכל היותר צלע אחת של T שאינה שייכת ל- U.

2. עבור כל קודקוד u של U ניתן לחלק את הענפים של U היוצאים מ-u לזוגות של ענפים סמוכים, כך שסכום הצלעות בכל זוג הנו זוגי. חלוקה זו תקרא מעתה חלוקה זוגית. (כאן, באומרנו ענפים סמוכים, כוונתנו שנוכל, אם נרצה, להוסיף צלע ביניהם ולהשאיר את הגרף מישורי. פירוש הדבר הוא שלפחות באחת משתי הזוויות שבין שני הענפים הלו, לא יוצאת שום צלע נוספת של T מהקודקוד u, גם לא צלע שאינה שייכת ל- U).

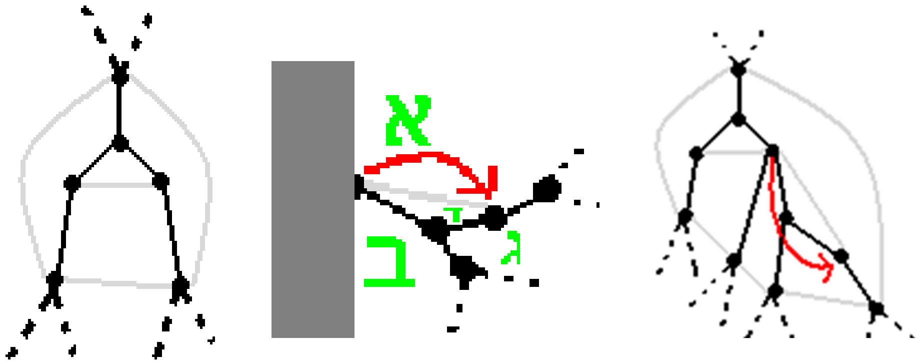
נאמר ש-U הוא תת-גרף פציל אם ניתן על ידי כיווץ צלעות (כלומר: איחוד שני קודקודים סמוכים לקודקוד אחד) לקבל תת גרף פציל בסיסי.
השערתנו המרכזית במחקר זה היא שעץ מתפרש הוא מרבע אם ורק אם יש לו תת-גרף פציל.

נשים לב שכל תת-עץ פציל (גם אם אינו בסיסי) עונה על תנאי (1) בהגדרה. לכן, ניתן לנסח הגדרה שקולה של תת-עץ פציל בתור תת-עץ שבו גם מכל קודקוד יוצאת לכל היותר צלע אחת שאינה שייכת לו, וגם שלאחר כיווץ קבוצה מסוימת (אולי ריקה) של צלעות שישמור על התנאי הראשון הוא יהיה ניתן לחלוקה טובה.
לא הצלחנו להוכיח את כל ההשערה במלואה, אך הוכחנו חלקים נכבדים ממנה.

מהלך העבודה

ההישג הראשון במחקר היה הוכחת ההשערה במלואה בעבור עץ שדרגת הקודקודים המקסימלית בו היא 3. דרגת כל קודקוד בעץ היא 2 או 3, והעץ מתפרש על פני המישור האינסופי. במקרה שכזה, ניתן להראות שכל תת-עץ פציל מכיל תת-עץ פציל בסיסי. כמו כן קיומו של תת-עץ פציל שקול לקיומם של שני קודקודים שדרגתם 2 והמרחק ביניהם הוא זוגי. נשים לב שאם יש יותר משני קודקודים בדרגה 2, אז בהכרח יש שניים מתוכם שהמרחק ביניהם הוא זוגי. ולכן כדי להוכיח את הכרחיות התנאי בעבור קבוצת העצים הזו, יש להוכיח שעץ שבו לכל היותר קודקוד אחד שדרגתו 2 אינו מרבע, וכן שעץ עם בדיוק שני קודקודים מדרגה 2 שהמרחק ביניהם הוא אי-זוגי, אינו עץ-מרבע. על מנת להוכיח שהתנאי מספיק, יש להוכיח שאם יש בעץ שני קודקודים מדרגה 2 שהמרחק ביניהם הוא זוגי, אזי העץ הוא מרבע.

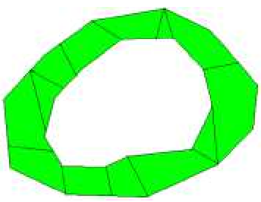
על מנת להוכיח שהתנאי מספיק, התבוננו בשני קודקודים x, y מדרגה 2, שהמרחק ביניהם הוא זוגי. ההוכחה נעשתה באינדוקציה על המרחק בין x ל-y. נבדק תחילה המקרה בו המרחק בין x ל-y הוא 2, ונתגלה שניתן לבנות ארבוע. לאחר מכן הוצע אלגוריתם פשוט המאפשר ליצור ארבוע של עץ עם שני קודקודים בדרגה 2 במרחק $2n+2$ מתוך ארבוע של גרף עם שני קודקודים בדרגה 2 במרחק $2n$.



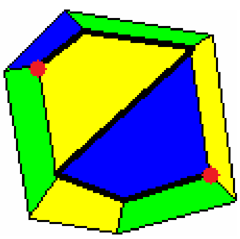
האיור בצד שמאל מציג את ארבוע העץ במקרה המינימלי של האינדוקציה, בו קיימים שני קודקודים שדרגתם 2 במרחק שתי צלעות זה מזה.

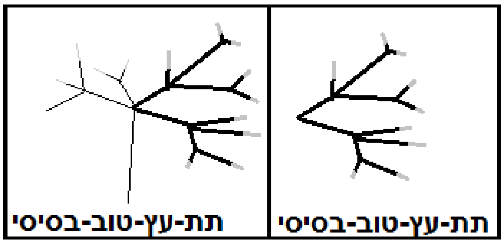
שני האיורים האחרים מציגים את האלגוריתם לארבוע העץ הבא באינדוקציה על בסיס המקרה הקודם.

ההוכחה שהתנאי הכרחי הייתה מורכבת יותר: הנחנו שקיים ארבוע והבטנו על המפה המינימלית M בתוך המפה האינסופית המתקבלת מהארבוע, שאינה ניתנת לצביעה בשלושה צבעים. לפאות החיצוניות במפה שמצאנו קראנו פאות מעטפת (מספיק שקודקוד אחד התוחם את הפאה נוגע ב"רקע", כלומר בפאה שאינה ב-M, בכדי שהפאה תיחשב לחיצונית). לפאות ב-M שאינן פאות מעטפת קראנו פאות-תוכן. לצלע התוחמת פאת מעטפת ב-M, אך איננה תוחמת פאת תוכן קראנו צלע בריחה, והראינו שאם x קודקוד שכל הפאות בהן הוא נמצא שייכות ל-M, אזי לכל היותר צלע אחת היוצאת מ-x היא צלע בריחה. לאחר מכן הבטנו על קודקוד כלשהו y בתוך M, והגדרנו את U להיות תת-העץ הגדול ביותר של T שאינו מכיל צלעות בריחה. מהדיון לעיל נובע שהעלים של U הם הקודקודים מדרגה 2 ב-T. אם ל-U שלושה עלים או יותר, יש מהם שניים שהמרחק ביניהם זוגי ובזאת מסתיימת ההוכחה.



אם יש ל-U רק שני עלים, עלינו להוכיח שהמרחק ביניהם הוא זוגי. במקרה זה קל לנתח את צורת המפה M ולהראות שאם המרחק בין העלים של U הוא אי-זוגי אזי אפשר לצבוע בשלושה צבעים את כל פאות M, על ידי כך שצובעים תחילה את צורות התוכן כנדרש – מה שאפשרי לפי תנאי המינימליות – ולאחר מכן את המעטפת.





בהמשך חקרנו את המקרה הכללי, ללא המגבלה שהדרגה המקסימלית היא 3. הוכחנו שהתנאי הוא מספיק, כלומר שכל עץ מתפרש עם תת-עץ פציל הוא מרבע. אך טרם הוכחנו שהתנאי הכרחי, כלומר עץ-מרבע מכיל תת-עץ-פציל. ההוכחה שהתנאי מספיק נעשתה גם היא על ידי אינדוקציה, שבסיסה הוא תת-עץ שדרגת כל קודקודיו היא 2 או 3. צעד האינדוקציה מתבסס על כך שניתן לפרק כל תת-עץ פציל בסיסי לזוגות סמוכים של ענפים כשסכום הצלעות בכל זוג הוא זוגי. ניתן להראות שאם תת-הגרף כולו הוא פציל בסיסי, אזי גם כל זוג בחלוקה הזוגית של קודקוד מסוים u מהווה תת-עץ פציל בסיסי, אם רק נתעלם מהקודקוד u עצמו, שממנו יכולים להיות מושרשים ענפים רבים שאינם שייכים לאותו זוג הענפים. מכאן נובע, לפי הנחת האינדוקציה, שכל זוג ענפים שכזה, כיוון שהוא תת-עץ פציל, מהווה חלק מעץ-מרבע. בצורה זו אנו מקבלים קבוצה של ארבועים שונים המתייחסים לתת-גרפים של T, וכל שנותר הוא להציע אלגוריתם שיאחד את הארבועים הללו ליצירת ארבוע של T. אכן מצאנו את אותו האלגוריתם. לאחר מכן, מנכונות הטענה בעבור תת-עץ פציל בסיסי, ניתן בקלות להוכיח אותה בעבור כל תת-עץ פציל, כשנראה שכיווץ צלעות לא יוצר מגבלה חדשה בצביעת המפה, ולכן אם לאחר הכיווץ נוכל לבנות מפה שאינה 3-צביעה, נוכל מתוך הארבוע של העץ המכווץ, ליצור ארבוע של העץ המקורי.

בהמשך ניסינו להוכיח שהתנאי הכרחי, כלומר שבכל עץ מרבע קיים תת-עץ פציל. באותה הדרך בה הוכחנו את התנאי בעבור עץ שדרגת הקודקוד המקסימלית בו היא 3, הוכחנו שוב בעבור עץ כללי T שאם הוא עץ מרבע, קיים בו תת-עץ U שמכל קודקוד בו יוצאת לכל היותר צלע אחת שלא שייכת לתת-העץ. זה אומר, בין השאר, שלכל עלה ב-U דרגה 2 ב-T.

מה שנשאר הוא להוכיח ש-U מקיים את תנאי (2) בהגרת תת-עץ פציל, או שניתן להגיע ממנו על ידי כיווץ צלעות לעץ המקיים תנאי זה, מבלי לפגוע בתכונה (1). על פניו, לא נראה היה שהמשפט יהיה מורכב מדי להוכחה. אבל החלק הזה נתגלה כמורכב יותר מכל מה שגילינו עד אליו ביחד.

בהתחלה הוכחנו את המשפט במלואו במקרה שתנאי (1) מתקיים בצורה מלאה, כלומר, מכל קודקוד ב-U יוצאת בדיוק צלע אחת ב-T שאינה שייכת ל-U. במילים אחרות: לאחר שהראינו שבכל עץ-מרבע קיים תת-גרף שמכל קודקוד בו יוצאת צלע אחת לכל היותר שאינה שייכת לאותו תת-גרף, הוכחנו שאם באותו תת-גרף יוצאת בדיוק צלע אחת מכל קודקוד שאינה שייכת לתת-הגרף, אז תת-הגרף הזה גם פציל, ואפילו פציל בסיסי.

עד לשלב הזה במחקר, ההשערה הייתה מעט שונה: הנחנו שהתנאי ההכרחי לעץ מרבע הוא קיומו של תת-עץ פציל בסיסי, ורק בהמשך העבודה, כשנתקלנו בעצים מרבעים שאינם מכילים תת-עץ פציל בסיסי כלל, שינינו את הגדרת העץ-הפציל להגדרה הנוכחית.

בשלב זה, ניסינו להוכיח את הטענה בשיטה הבאה: ניצלנו את העובדה שהמשפט מוכח בעבור עץ שדרגת הקודקוד המקסימאלית בו היא 3, הנחנו שקיים עץ שאינו עונה על ההשערה, ויכולנו להניח שקיים בו קודקוד שדרגתו גבוהה מ-3. יכולנו גם להניח שהקודקוד נמצא בתוך המפה המינימלית הסופית שאינה ניתנת לצביעה, ולא מחוץ למפה בהמשך אחד מענפי העץ. זאת מהסיבה שאם נניח שדרגת כל הקודקודים במפה המינימלית שאינה ניתנת לצביעה היא 2 או 3, נוכל להוכיח שקיים מסלול זוגי בין שני קודקודים שדרגתם 2 העובר רק דרך קודקודים שדרגתם 2 או 3, ולכן קיים תת-עץ-פציל במפה. כעת בחרנו קודקוד אקראי במפה, והסתכלנו על הקודקוד-שדרגתו-גבוהה-מ-3 הרחוק ביותר מאותו קודקוד אקראי. הראינו שמהטענה שהוא הרחוק ביותר, כלומר שבהמשכו אין עוד קודקודים שדרגתם גבוהה מ-3, ומההנחה שזה המקרה המינימלי שלא עונה על ההשערה, אנחנו מגיעים למסקנה שמספר המבנים האפשריים לאחר אותו קודקוד הוא סופי, איתרנו את אותם המבנים, והוכחנו בעבור כל מבנה שכזה שהוא לא יכול להופיע במפה מינימלית שלא עונה על ההשערה. כשנתקלנו במבנים שלא הצלחנו להפריך, הלכנו קודקוד אחד אחורה (ולפעמים אף יותר), והראינו שבמבט רחב יותר, אם ניקח בחשבון את המבנים בהם הוא יכול להופיע, ניתן להפריך את הימצאותו במפה. כך הראינו בעבור כל מבנה שהוא לא יכול להופיע במפה מינימלית שלא עונה על ההשערה (או שהופעתו גוררת את הופעתו של המבנה אותו לא הצלחנו להפריך), למעט מבנה אחד ספציפי אותו לא הצלחנו להפריך, והוא משאיר את ההשערה בגדר השערה בלבד. אם נוכיח שהוא לא יכול להופיע במפה מינימלית שלא עונה על ההשערה – נסיים להוכיח את ההשערה.

אוסיף שהוכחנו את הטענה גם בעבור עץ מתפרש שכל הקודקודים בו לכל היותר בדרגה 3, למעט אחד שדרגתו בלתי מוגבלת.

האם ג'ינג'ים מרגישים פחות?

חניכה: קארינה קוויאט, באר שבע
מנחה עמית: ד"ר נעם זילברברג, אוניברסיטת בן גוריון, באר שבע

נושא העבודה

זיהוי המסלול הפיזיולוגי בו משפיע הקולטן למלנוקורטין (melanocortin 1 receptor, MC1R) על סף הרגישות לכאב.

מבוא

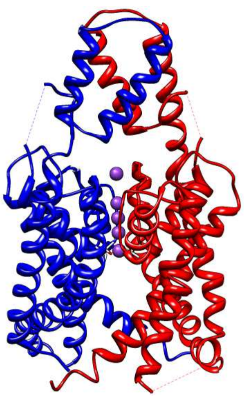
שנים רבות מייחסים לאדומי שיער (ג'ינג'ים) תכונות שאינן דווקא קשורות לצבע שערם. ניתן היה לבטל טענות אלו אלמלא פורסמו לאחרונה בעיתונות המדעית מספר מחקרים בהם נטען כי רגישותם של ג'ינג'ים לכאב ולחומרי הרדמה אינה כשל אלו שאינם כאלו (1-3). אתאר תחילה את הבסיס המולקולרי לקביעת צבע השער האדום, לאחר מכן אציג מחקרים הדנים בקשר בין צבע שער וחישת כאב ולבסוף אציע הסבר אפשרי לתופעה.

הגן לג'ינג'יות

לאנשים בעלי גוון שיער כתום (ג'ינג'י) ולבעלי חיים בעלי פרווה בגוון זה, ריכוזים גבוהים יותר של הפיגמנט פאומלאנין ונמוך יותר של אאומלאנין, בשל מוטציה הפוגמת בגן לקולטן למלאנוקורטין-1 (MC1R). MC1R הוא קולטן ממשפחת הקולטנים המצומדים לחלבוני G (G-protein coupled receptors) ומופעל על ידי ההורמון αMSH (α-melanocyte stimulating hormone). קולטנים אלו שייכים למשפחת חלבונים טרנסממברנליים, העוברים גירוי על ידי מולקולות חוץ תאיות. עירור הקולטן גורם לשרשרת ריאקציות כימיות בתוך התא הקרויה מסלול מעבר אותות. לצורך פעילותם, מצומדים קולטנים אלו לחלבוני Gs אשר מעוררים את האנזים אדנילאט ציקלאז (adenylate cyclase). אנזים זה משתמש ב-ATP נוקלאוטידי כדי לסנתז cAMP אשר מאקטב את האנזים פרוטאין קינאז A (PKA), המזרחן חלבונים שונים.

תעלות דלף של אשלגן

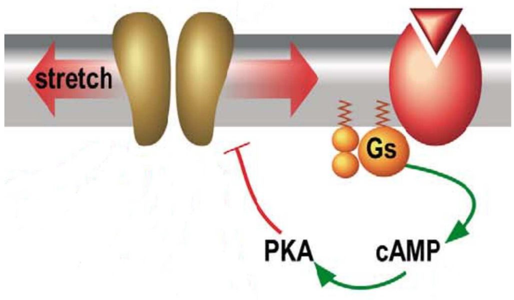
מתח הממברנה וזרמים העוברים דרך ממברנת התא חשובים לקיומם ולפעילותם של תאים רבים. ויסות פוטנציאל הממברנה בתאים אלה מתבצע על ידי בקרה של התא על הרכב היונים התוך תאי וזרמי היונים העוברים דרך ממברנת התא. תעלות יונים הנן חלבונים טרנסממברנליים במבנה מרחבי המאפשרות אלקטרודיפוזיה ספונטנית של יונים דרך הממברנה. במחקר זה נתייחס לפעילותה של תעלה מסוימת ממשפחת תעלות הדלף של אשלגן, $K_{2p}2.1$ (TREK-1). כשאר תעלות דלף האשלגן (תעלות K_{2P}), תעלה זו הנה סלקטיבית לאשלגן ומעבירה זרמי יונים בכל טווח המתחים הפיזיולוגי. פעילות התעלה מבוקרת על ידי גורמים רבים זירחון. פתיחתן של תעלות $K_{2p}2.1$ מקרבת את מתח הממברנה למתח ההיפוך של יוני האשלגן (-98 mV) בעוד סגירתן תגרום דה-פולריזציה של הממברנה (מעבר למתח חיובי יותר). אי לכך, בתאי עצב, פתיחתן של תעלות אלו תוביל לירידה בתדירות פוטנציאלי הפעולה וסגירת התעלות תוביל לייתר פעילות (4). נמצא כי תעלות אלו מתבטאות גם בעצבי חישת כאב (nociceptors) וכי הן פעילות בתהליך חישת הכאב (5).



מבנה תלת מימדי של תעלת דלף של אשלגן. *מוצגות שתי תת היחידות של התעלה K2P4.1, באדום ובכחול. יוני האשלגן אשר נכלאו בזמן הגיבוש מצוינים ככדורים סגולים. צדה החוץ תאי של התעלה מוצג למעלה.*

קשר אפשרי בין MC1R לבין תעלות $K_{2p}2.1$

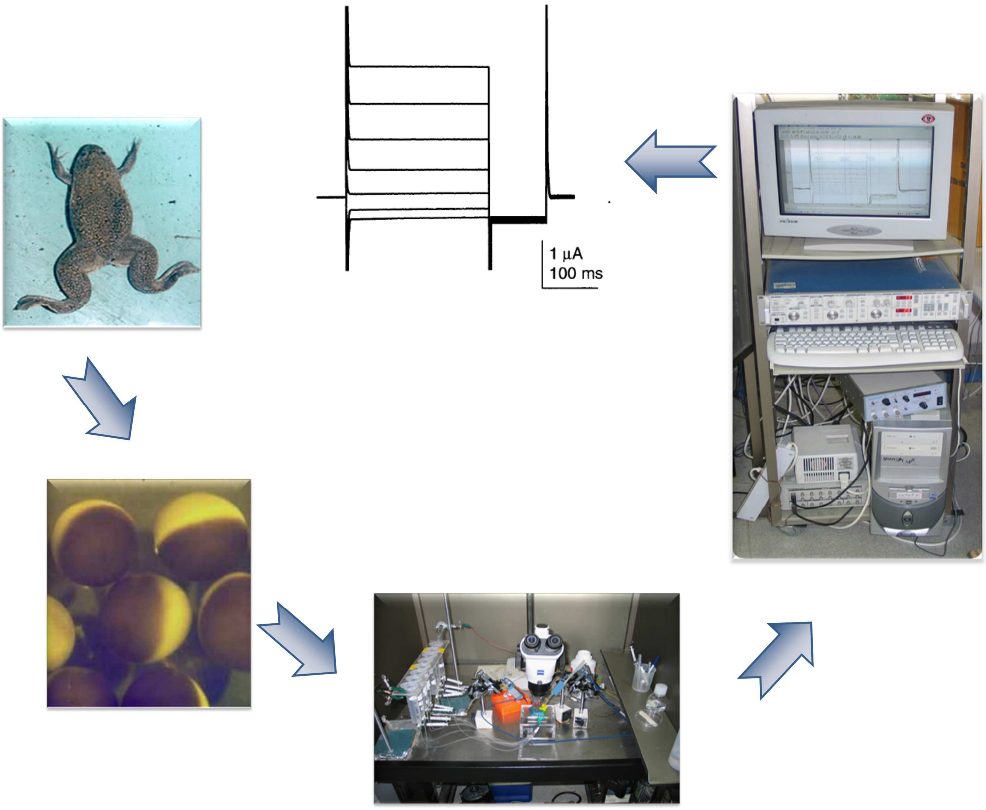
הפעלתו של הקולטן MC1R, המתבטא בסוגי תאים רבים וביניהם תאי עצב, מעודדת פוספורילציה של חלבונים על ידי PKA. נמצא כי זירחון של $K_{2p}2.1$ בשייר סרין מסוים על ידי PKA גורם לירידה ניכרת בזרמי התעלה. לכן, לפי ההשערה אותה נבדוק בניסוי, ייתכן קשר אפשרי בין פעילות הקולטן וחישת כאב דרך פעילותו על תעלות $K_{2p}2.1$: באלו שאינם אדומי שער, פעילות הקולטן MC1R בנוסיספטורים תוביל לדהפולריזציה של הממברנה ועלייה בחישת כאב בעוד אצל ג׳ינג׳ים, בהם הקולטן פגום, לא יתרחש תהליך זה ובמצבים מסוימים תיפגם רגישותם לכאב.



מסלול העברת האותות בעזרת MC1R. *אקטיבטור של MC1R, aMSH, נקשר לקולטן ומשרה שינו מבני אשר גורם לחלבוני Gs להפעיל את האנזים אדנילאט ציקלאז. אנזים זה משתמש ב-ATP נוקלאוטידי כדי לסנתז cAMP אשר מאקטב את האנזים פרוטאין קינאז A (PKA), המזרחן את התעלה $K_{2P}2.1$.*

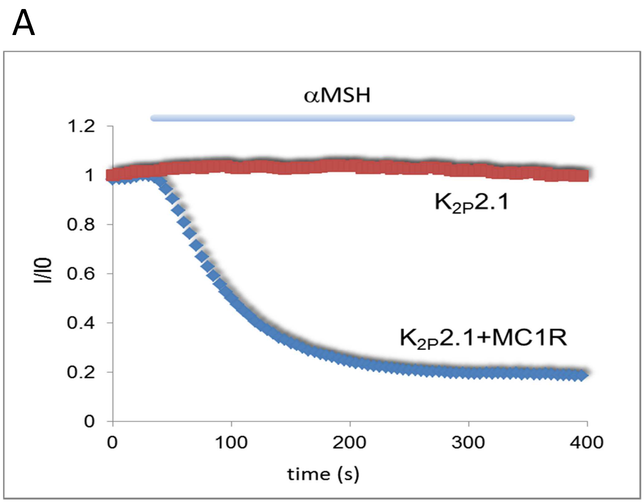
שיטות

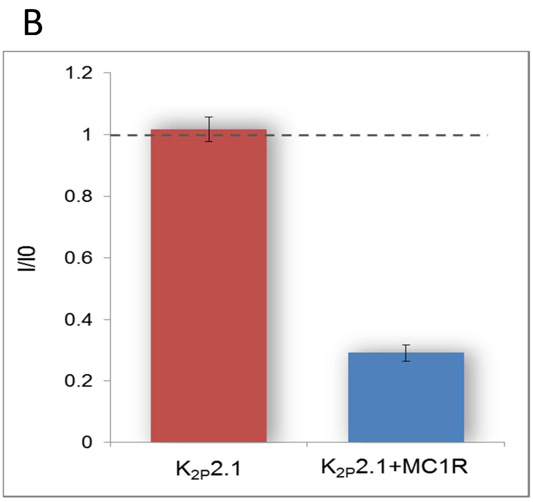
לבדיקת האינטראקציה בין MC1R ו-$K_{2P}2.1$ בחנו את זרמי התעלה המבוטאת בביציות הצפרדע *Xenopus laevis* תוך שימוש בטכניקת ה-two electrode voltage clamp (TEVC). MC1R שהופעל על ידי האקטיבטור הטבעי שלו, αMSH. שבטי ה-cDNA המקודדים לקולטן ולתעלה הוחדרו לפלסמידים במורד הזרם לאתר קישור ל-T7 RNA polymerase ו- cRNA הוכן בעזרת ערכה מתאימה. cRNA הוזרק לביציות, וזרמים נבדקו כיומיים לאחר מכן.



תוצאות

ראשית, נערכו ניסויי ביקורת ובהם וידאנו כי האקטיבטור של MC1R, αMSH, אינו משפיע על זרמי התעלה באופן ישיר או עקב אינטראקציה עם קולטן אנדוגני (איורים A ו- B). כאשר בוטאו במקביל הקולטן ותעלת הדלף לאשלגן באותה הביצית, הפעלתו של הקולטן באמצעות האקטיבטור αMSH גרמה ירידה של פי שלוש לערך בזרמי התעלה, בהשוואה לפעילות התעלה לפניי הפעלתו של הקולטן (איורים A ו-B). הניסויים נערכו בתמיסה פיזיולוגית, מתח הממברנה נשמר על 80 mV- וזרמים נבחנו במתח של 40 mV+ כל חמש שניות. לכל בדיקה נערכו שש חזרות והנתונים מוצגים ± ערכי sem.





דיון ומחשבות לעתיד

תוצאותינו מראות כי הפעלתו של הקולטן MC1R אכן גורמת לירידה בזרמי תעלת הדלף ותומכות בהשערה כי הסיבה לסף כאב גבוה בבעלי שיער אדמוני עשויה לנבוע מהשפעה שונה על התעלה $K_{2P}2.1$. עם זאת, כדי לחזק את ממצאינו יש לבחון את השפעתו של קולטן מוטנטי, כזה הנמצא בג׳ינג׳ים, על פעילות התעלה וכן לאשר את ההנחה כי שני החלבונים אכן מתבטאים באותם תאים בדיוק.

מקורות

1. Mogil JS, Ritchie J, Smith SB, Strasburg K, Kaplan L, Wallace MR, Romberg RR, Bijl H, Sarton EY, Fillingim RB and Dahan A. (2005) Melanocortin-1 receptor gene variants affect pain and mu-opioid analgesia in mice and humans. J Med Genet. 42(7):583-7.

2. Liem EB, Joiner TV, Tsueda K and Sessler DI. (2005) Increased sensitivity to thermal pain and reduced subcutaneous lidocaine efficacy in redheads. Anesthesiology. 102(3):509-14.

3. Delaney A, Keighren M, Fleetwood-Walker SM and Jackson IJ. (2010) Involvement of the melanocortin-1 receptor in acute pain and pain of inflammatory but not neuropathic origin. PLoS One. 5(9):e12498.

4. Goldstein SA, Bockenhauer D, O'Kelly I and Zilberberg N. (2001) Potassium leak channels and the KCNK family of two-P-domain subunits.Nat Rev Neurosci. 2(3):175-84.

5. Alloui A, Zimmermann K, Mamet J, Duprat F, Noël J, Chemin J, Guy N, Blondeau N, Voilley N, Rubat-Coudert C, Borsotto M, Romey G, Heurteaux C, Reeh P, Eschalier A and Lazdunski M. (2006) TREK-1, a K^+ channel involved in polymodal pain perception. EMBO J. 25(11):2368-76.

Metallicity and Filling Factor of the Intergalactic medium

חניך: בר רוזנבלום, נופית
מנחה-עמית: פרופ׳ אהוד בכר, הטכניון חיפה

Preface

When observing the universe one notices the brightest sources, which are galaxies. In between the galaxies most of the Universe is empty. Surprisingly, when counting the atoms in the universe, astronomers have found out that only 10% of the atoms lie in galaxies. The remaining 90% therefore are thought to reside in the intergalactic medium (IGM). The detection of these "missing atoms" is difficult. Since they are so rarefied, the light that they emit is extremely faint. One effective way to probe these atoms in the IGM is to observe light from the most remote sources in the Universe and to measure how it is absorbed as it travels through the IGM.

Research challenges and Goals

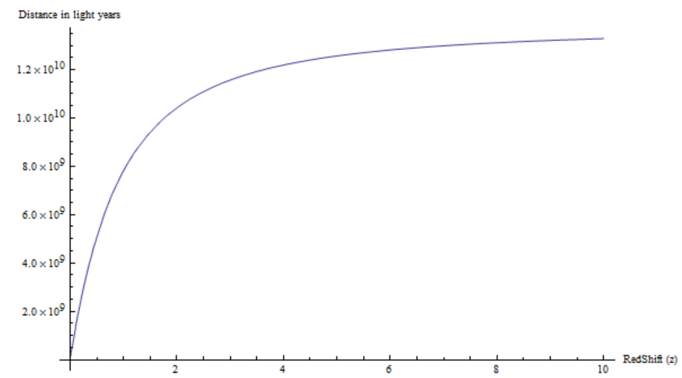
The aim of the research was to find the average metallicity and filling factor of the intergalactic medium by calculating the absorption at different filling factors and metallicity arguments.

Theoretical Background

First we need to define a few terms:

- **Metallicity- Z**: Astrophysicists call any chemical element other than hydrogen and helium a metal. The Metallicity, marked in the present work as Z is a measure of the total abundance of metals relative to their abundance in solar-composition gas, which well represents average cosmic abundances. Metallicity is changing as the z grows because that as the z grows we go farther and farther in the universe and as we go in the universe the level of metallicity is decreased. This beaver is defined by the formula$Z(1+z)^{-1}$.

- **Red Shift – z**: Due to the expansion of the Universe, distant sources are receding and therefore their radiation is (red)shifted to lower frequencies by a factor of 1+z, where z is the redshift. Given the currently known geometry of the Universe, this redshift is synonymous to a distance measurement. Figure 3.1 shows the connection between redshift and distance.
- **Filling Factor- f**: The filling factor of the IGM in our models is the fraction of the volume of the Universe that has gaseous content, whereas the rest of the Universe is assumed to be empty. The filling factor is the ratio of the number of model cells filled with matter to the number of the total cells. Here, we define the parameter f as one over the filling factor. For example a filling factor of f = 25 means that for every 25 cells there is one cell with gas content and 24 Empty ones. The total amount of atomic matter in the universe is known and thus is constant in our models. Therefore, when the value of the filling factor increases (less full cells), the gas density in each filled cell increases.



- **Absorption optical depth – τ**: The optical depth of a medium marked with the letter τ represents the chance ($e^{-\tau}$) for a photon (light particle) to be absorbed in the medium. Absorption in the intergalactic medium as a function of Red Shift at a given photon frequency (or energy) is defined by the formula $\tau(z) = \int Z(z) * n(z) * r(z) * \sigma(z)\, dz$, where Z(z) represents the metallicity, n(z) represents the atom number density in the intergalactic medium, r(z) represents the mean free path of light, and $\sigma(z)$ represents the cross section for absorption of X-ray photons at an energy of 0.5 keV at any given z. The length scale r(z) represents the standard cosmological and geometrical model of the Universe, including the dark energy and dark matter components.

This research is motivated by a recent work by Professor Behar entitled "Can the soft X-ray opacity towards high redshift sources probe the missing baryons", where absorption of distant X-ray sources indicated the presence of all the missing atoms in the IGM.
We use a one dimensional grid to describe the Universe. The starting point of our research is that the matter is spread in "full" and "empty" bins across the universe in a constant filling factor.

Method

In the research we calculate $\tau(z)$ by applying the formula above. We generated a simulated intergalactic medium in the computer. We assign a redshift value to a 1000 cells from z=0 to z=10 (with redshift steps of 0.01). Subsequently, by applying the formula we find the absorption contribution of each cell.

In the formula$\tau(z) = \int Z(z) * n(z) * r(z) * \sigma(z)\, dz$, we know that n, r, and σas functions of z, so we have one more free parameter in the formula- Z (metallicity). Another free parameter in the simulation is the filling factor. Filling factor influences the resultingτ, because it determines the amount of matter in each cell, or n in the formula, and thus directly the level of absorption.

One of the problems with the filling factor is that we don't know where the "full" cells are. For example we know that for a filling factor of 25 there is 1 full cell for every 25 cells. We don't know which one it is along a line of sight through the intergalactic medium. The full cell and its distance from us determine the value of τ. By using different random values for the filling factors, the position of the full cells change, thus changing the value of τ. Through this method we obtain an ensemble of simulations, which in effect simulate different lines of site (directions) in the IGM. For example figure 1.1.

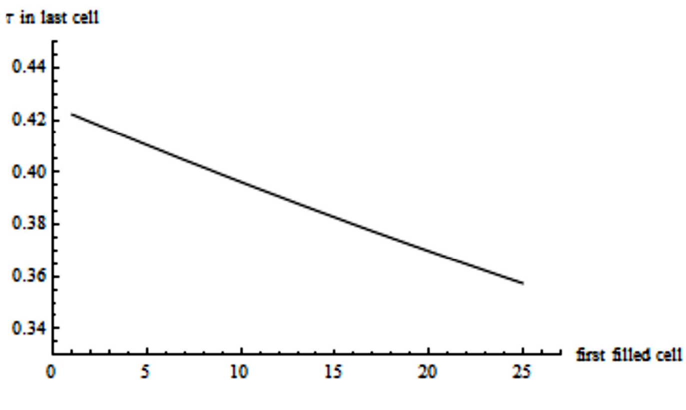


Figure 4.1 This figure shows the importance of the position of the first filled cell in a given filling factor (25). The horizontal axes are the first full cell and the horizontal axes are"τ".

Our solution to this problem was to draw different possibilities and calculate the average τ.

Our goal in the present research was to find the average metallicity and filling factor of the intergalactic medium that will best match the observed optical depth. We did this by comparing our results to the results of Behar et al. (2011) for both τat 0.5 keV (τ = 0.4) and the standard deviation (0.2) of the gamma ray bursts in that sample. Early on, we realized thatτ alone is not enough. We needed to compare two different indicators to obtain a meaningful constrain on the IGM. The reason for this method is that the average τ for 100 (or more) draws, with a given filling factor, is only a function of the metallicity. For example see figure 4.2.

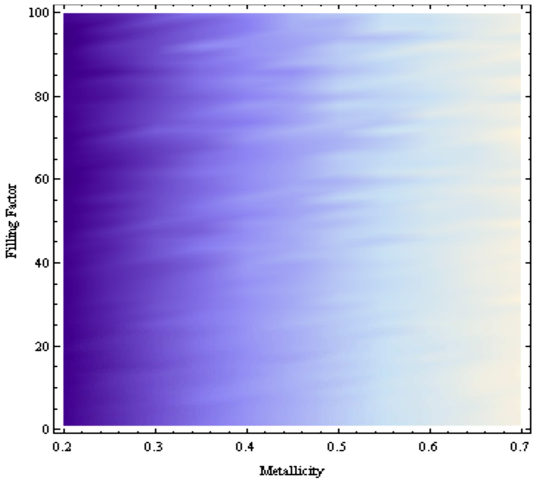


Figure 4.2 This plot shows τ as a function of f and Z; The lighter the color the higher isτ. One can see that for different filling factors the average τ doesn't change and the metallicity is the only factor.

The way we calculated the standard deviation is according to its standard statistical definition. We took the τ values in all of the cells at each draw in a certain simulated intergalactic medium (certain filling factor and metallicity) and compared them to the average τ in the matching cells of the same "intergalactic medium". After that we compared both the average τ and the standard deviation (denoted here as s) in our simulation to the results from Behar et al. (2011). We plot below the parameter regimes in which there is a good match between the calculations and the observed values.

Results

In the following we compare the average $\tau$and standard deviation for different simulated filling factors and metallicitis to the observed values from Behar et al. (2011) that show an average $\tau = 0.4$ and standard deviation of 0.2. First, we wanted to find the differences between different filling factors in their τ value. You can see this in figures 5.1 and 5.2.

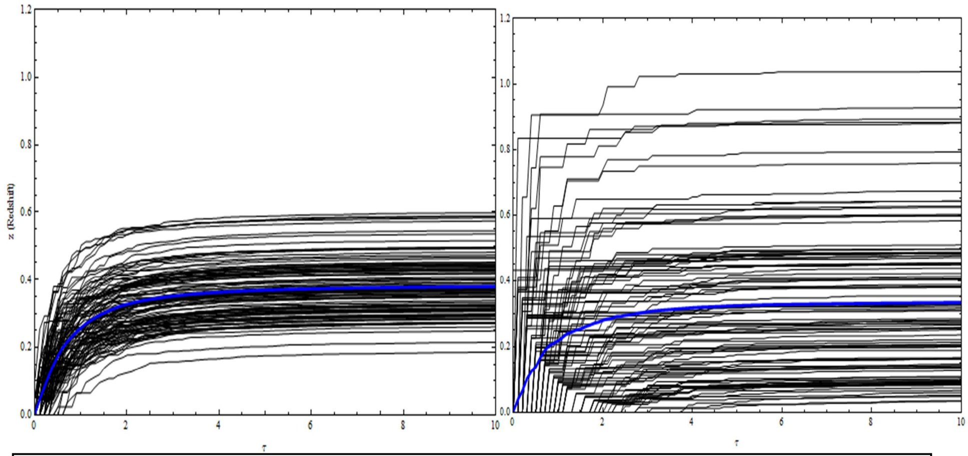


Figure 5.1. In both of these figures we plot τ vs. z. One can see that even though the left plot is for f = 10 and the right one is for f = 80, both have the same average tau(blue

This plot shows that the filling factor does uniquely determine the average τvalue. We turn find the relations between different metallicitis and the average τ. The results are plotted in figure 5.2.

Figure 5.3. In this figure, the lighter the color the higher is the standard deviation. This figure shows that there is a strong relation between both $\tau$and filling factor to the standard

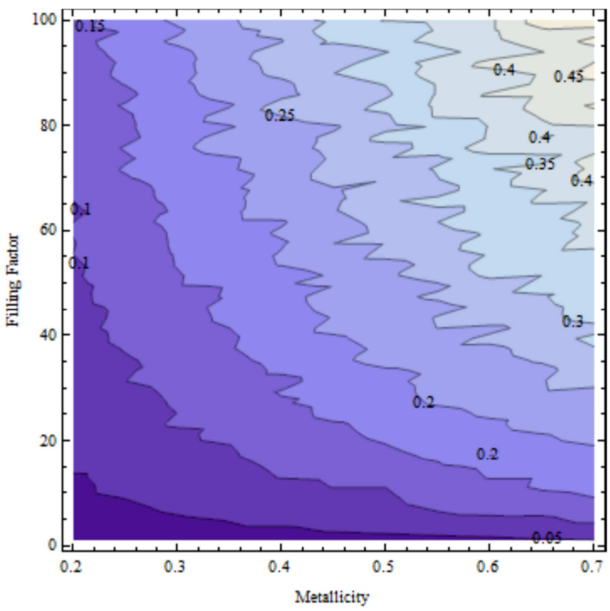
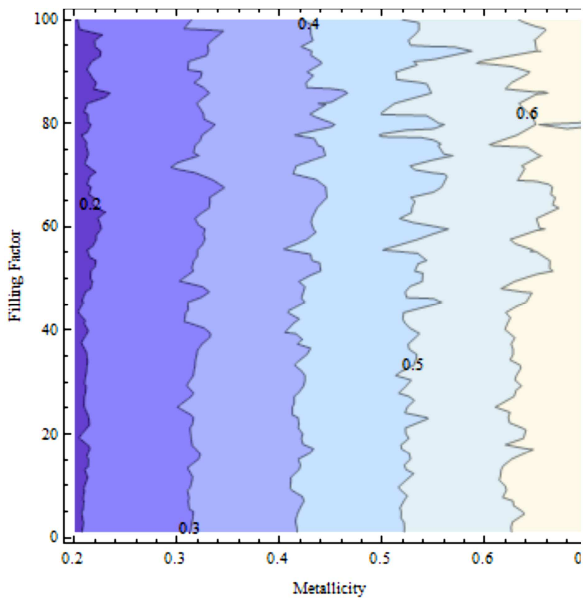


Figure 5.2. In this figure the lighter the color the higher isτ .This plot shows that as the metallicity grows τ grows as well. This figure also shows that the filling factor doesn't influence the



After we understood the relations between different filling factors and metallicitis to the average τ, we wanted to find the connection between different filling factors and metallicitis to the standard deviation. You can see in figure 5.3 that both the filling factor and the metallicity affect the standard deviation. From this plot, we can see that as the metallicity or the filling factor grows, the standard deviation grows too. We also compared the average τ from our calculations to the average τ in Behar et al. (2011) (i.e. $\tau = 0.4$). This comparison is presented in Figure 5.4. Since we already found that the filling factor alone does not affect the average τ, we do not expect to obtain specific filling factors that match the observations of the IGM better than others, but we can still learn from this plot about the metallicitis that better match the observations. It can be seen that the matching metallicity areas are approximately from Z=0.35 to Z=0.5. After we compared the average τ, we need to also compare our standard deviation calculations to that from the IGM observations. This comparison is presented in figure 5.5. From this comparison we learn that the matching filling factor and metallicity are approximately a linear function of each other. These two figures show us that there is only one area where both standard deviation and average tau will be similar to the observations of the IGM. The function for the average τ similarity plot is $sim\tau = \frac{0.4-\sqrt{(\tau-0.4)^2}}{0.4} = similarity\ to\ 0.4$, and the function for the standard deviation similarity is $simS = \frac{0.2-\sqrt{(s-0.2)^2}}{0.2} = similarity\ to\ 0.2$ where s is the standard deviation.

After we found out what are the matching areas of filling factor and metallicity in both average τ and standard deviation, we merge the plots (5.4 and 5.5) into a single one, which gives the combined best-matching values of the metallicity and the filling factor to the ones in the IGM. This plot is presented in figure 5.6.

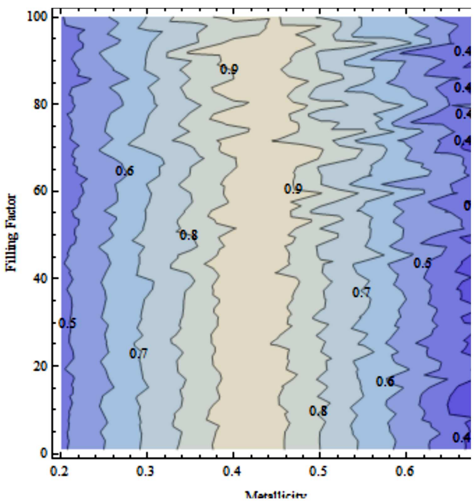


Figure 5.4. In this plot we compare the average τ between the calculations and the observations. The lighter the color, the better is the agreement.

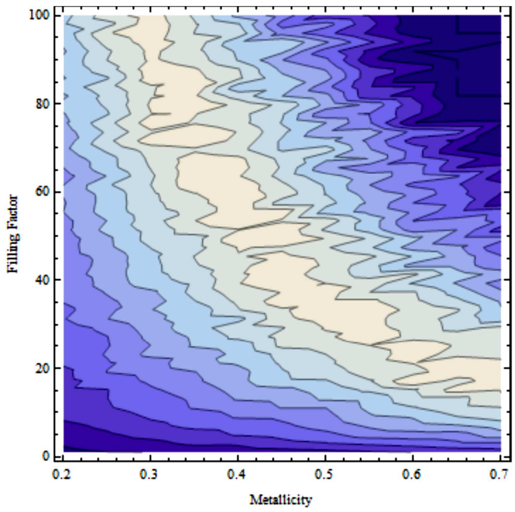


Figure 5.5. In this plot we compare the standard deviation between the calculations and the observations. The lighter the color, the better the agreement.

The function for the combined similarity in both τ and standard deviation to the observations is given by the formula sim = $\frac{sim\tau+simS}{2}$.

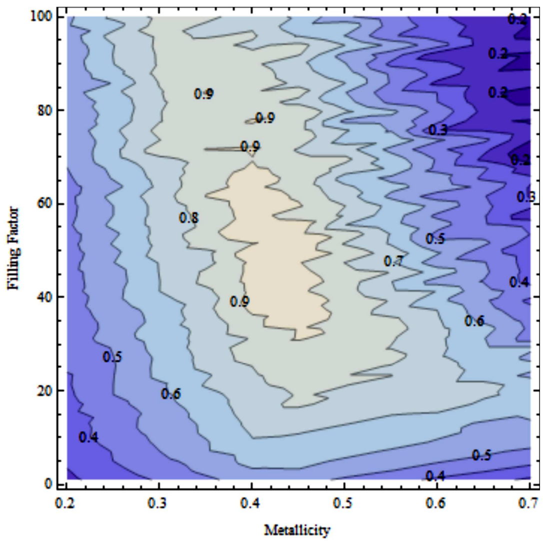
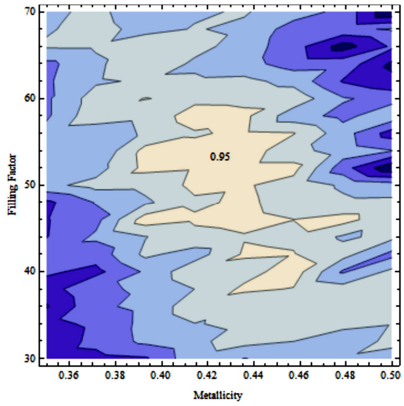


Figure 5.6. This plot displays the similarity areas between our calculations of the combined averageτ and standard deviation to the ones from the observations of the IGM. The lighter the color, the better the agreement.

In this plot one can see that the area with the best agreement between simulations and observations is where the metallicity is between Z = 0.35 to Z = 0.5 and the filling factor is between f = 70 and f = 30. One can also see that this area is quite big, and we need to narrow it down. Thus, we zoom into a small area between Z = 0.35 to Z=0.5 and between f = 30 to f = 70 at higher resolution. This plot is presented in figure 5.7, where one can see that there is a 95% match in the areas between Z=0.38 to Z=0.45 from a filling factor of f = 45 to f = 60.

Figure 5.7. This plot displays the similarity areas between our calculations of the average tau and standard deviation to the ones from the observations of the IGM. The lighter the color, the better the agreement.



Conclusion

The conclusions from our plots and calculations are that the filling factor and metallicity that best match the observations of absorption in the IGM are between Z = 0.38 to Z = 0.45 and f = 45 to f=60. In these areas the similarity was over 95%. We can narrow down this areas to a smaller one, but because the errors in the observations and the randomness of our calculations, we won't be able to get a more accurate result over small areas in parameter space.

Further Research

There are several ideas for further research. The observations we compared our results with were all from the same kind of sources (GRBs) and do not necessarily represent the entire IGM. An idea that is already under research is to look at other radiation sources in the far universe, for example quasars, and to compare our results to those observations. Another thing that can be done is to get more accurate theoretical results by using a stronger computer to run these calculations with more random lines of sight. One more thing that can be done is to use censored statistic. In the observations of the GRBs, many sources featured low absorption that was not properly constrained, so the telescope could only provide an upper limit to the optical depth, which the absorption cannot exceed. This field of research, which uses upper limits for statistics, is called "survival analysis". This approach will be beneficial because it will enable the estimate of average$\tau$and standard deviation for these sources as well.

Bibliography

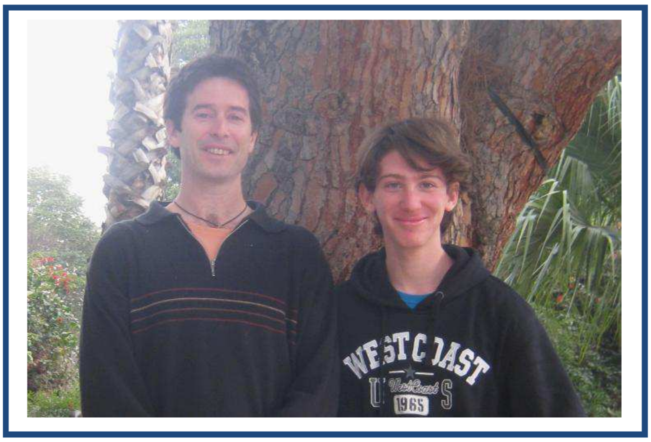
Astronomy, a beginner's guide to the universe. Chaisson, McMillan.2004.

Behar, Dar, Dado, & Laor. Can the soft X-ray opacity towards high redshift sources probe the missing baryons. The Astrophysical Journal

Radiative Processes in Astrophysics. Rybicki and Lightman. 1985.

זיכרון מגנטי חי ו"מתנות" מווירוסים לחיידקים

חניך: אור שגיא, בית יצחק
מנחה-עמית: ד"ר רותם שורק, מכון ויצמן למדע, רחובות



חיידקים רבים דווקא מועילים לאדם, למרות שאנו רגילים לחשוב עליהם כגורמי מחלות. הפרויקט עסק בחקר חיידקים מועילים כאלה בשני היבטים: שימוש בחיידקים כ"זיכרון מגנטי חי" (מחקר יישומי) ומחקר חיידקים החיים במעי האדם (מחקר בסיסי).

מחקר ראשון – פיתוח מודל לזיכרון מגנטי-ביולוגי

מטרה: פיתוח שיטה לזיכרון דיגיטלי-מגנטי מבוסס חיידקים מגנטיים.

רקע

חיידקים מגנטיים

חיידקים מגנטיים (מגנטוטקטיים) הנם חיידקים שבאופן טבעי מכילים בתוכם שרשרת אחת או יותר של מגנטים ננומטריים[1] (תמונה 1). חיידקים אלה באים במגוון צורות, ונמצאים ברבים ממקורות המים הטבעיים, בעיקר מים מלוחים. החיידקים המגנטוטקטיים פועלים כמעין מצפן תלת-מימדי, הם חשים את השדה המגנטי של כדור הארץ באמצעות המגנטים שבתוכם ושוחים לכיוונו בעזרת "שוטון" (מעין זנב)[2].

ישנם שני סוגים עיקריים של חיידקים מגנטוטקטיים – פולריים (Polar; קוטביים) – המכוונים לכיוון אחד הקטבים המגנטיים (צפון או דרום), ואקסיאליים (Axial; ציריים) – המשתמשים בקווי השדה המגנטי כציר ואינם מכוונים לקוטב מגנטי מסוים[3]. בעבודה זו אנו מתייחסים לחיידקים מגנטוטקטיים פולריים.

חיידקים מגנטוטקטיים פולריים מחולקים לשניים – חלקם תרי צפון (North Seeking) והשאר תרי דרום (South Seeking).

תמונה 1: *חיידק מגנטוטקטי*

במחקרים נמצא כי כ-99% מהחיידקים המגנטוטקטיים הפולריים במקורות המים הטבעיים בחצי הכדור הצפוני הינם תרי צפון, וכ-99% מאלה שנמצאו בחצי הכדור הדרומי הינם תרי דרום. בסביבות קו המשווה נמצא ריכוז דומה של תרי צפון ותרי דרום[4].

תמונה 2 *: מכשיר לבידוד חיידקים מגנטוטקטיים[5], שנופח עבורנו בנפחיית מכון ויצמן למדע, ולצדו מגנטים למשיכת החיידקים*

אחסון מגנטי כיום

אחסון מגנטי הוא השיטה הנפוצה ביותר לאחסון מידע דיגיטלי, הבאה לידי שימוש בכוננים קשיחים. השיטה מבוססת על ייצוג ביטים של מידע (0ים ו-1ים, בעזרתם מיוצג מידע דיגיטלי) באמצעות מגנוט של מגנטים זעירים. הפולריזציה של כל מגנט (צפון/דרום) מייצגת את ערך הביט המתאים.

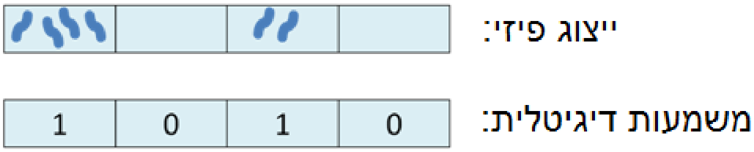
מידע נכתב ונקרא על משטח מגנטי דק בעזרת ראש קורא-כותב. כאשר מידע נכתב, הראש הקורא-כותב יוצר שדה מגנטי מקומי סביבו בעזרת העברת זרם חשמלי. השדה המגנטי ממגנט פיסה מגנטית זעירה במשטח המגנטי וכך מאוכסן המידע. כאשר מידע נקרא – מתרחש התהליך ההפוך. הפולריזציה של הפיסה המגנטית שעוברת מתחת לראש הקורא-כותב יוצרת בו זרם, שעל פי כיוונו ניתן לזהות את ערך הביט.

השיטה שפותחה

במסגרת הפרויקט, פותח מודל תאורטי לאחסון מגנטי על בסיס ביולוגי. המודל מבוסס על חיידקים מגנטיים, ומאפשר שכפול מידע באופן פסיבי ובקצב אקספוננציאלי. זאת בניגוד לשכפול האקטיבי, בעל הקצב הלינארי, בו ישנו שימוש כיום.

כיוון שהחיידקים מכילים מגנטים זעירים, העלינו רעיון שניתן יהיה להשתמש בהם כ"זיכרון מחשבי חי". במודל שפותח, המידע מאוחסן בשורות תאים פיזיים, שבהם סביבה המאפשרת לחיידקים לגדול ולהתרבות. כל שורה של תאים מייצגת עותק של פיסת מידע. תא בו נמצא חיידק אחד או יותר (ולכן מתקיים בו שדה מגנטי) מייצג ביט 1, ותא בו אין חיידקים מייצג ביט 0 (תמונה 2).

תמונה 3 *: דוגמא לייצוג פיזי של מידע בעזרת זיכרון ביולוגי*



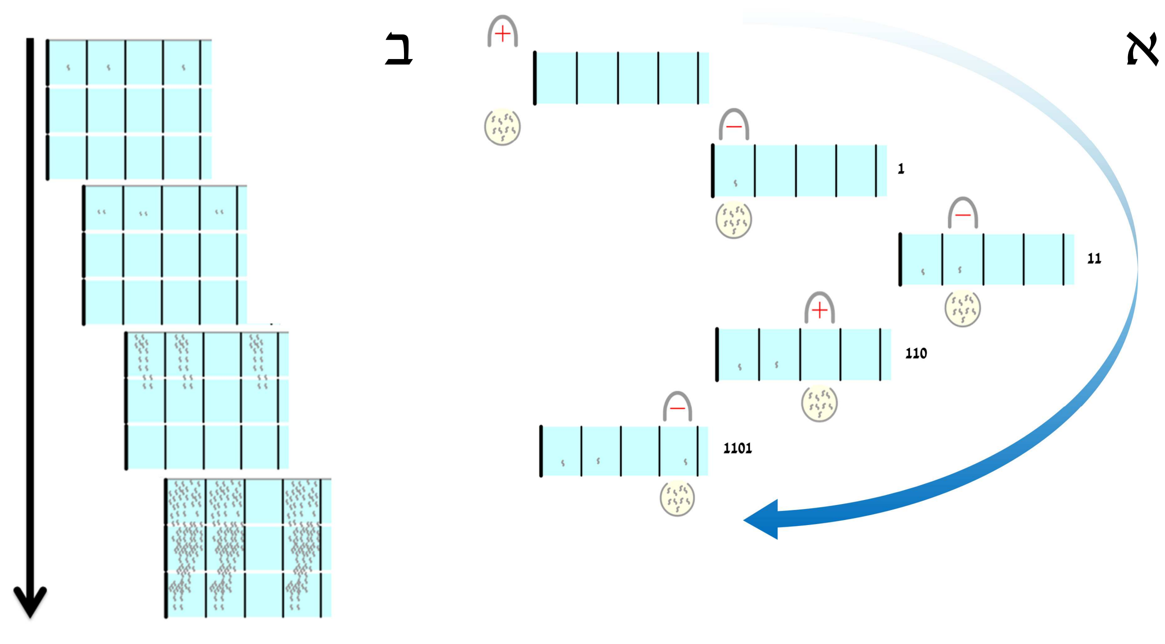
המידע נכתב באמצעות מעבר על פני שורת תאי אחסון, תא-תא, כאשר מצדה האחד "מאגר" חיידקים ומצדה האחר ראש קורא-כותב סטנדרטי (עם התאמות נדרשות בהתאם לגודל החיידקים שבשימוש). כאשר נכתב ביט 1, מופעל הראש הקורא-כותב כך שייצר זרם שייצור שדה מגנטי אליו יימשכו חיידקים מה"מאגר" וייכנסו לתא האחסון. כאשר נכתב ביט 0 ובמעבר בין תאי אחסון, נוצר שדה מגנטי שדוחה את החיידקים כך שלא ישחו לכיוון תאי האחסון.

קריאת המידע מתבצעת באמצעות מעבר ראש קורא-כותב על-פני תאי האחסון. תא שיוצר סביבו שדה מגנטי מייצג ביט 1, ותא שאינו יוצר שדה מגנטי מייצג ביט 0.

כיוון שהחיידקים מתחלקים, המידע יכול להיות משוכפל "בעצמו", מבלי צורך בכתיבה אקטיבית של הראש הקורא/כותב. בנוסף, השכפול הוא אקספוננציאלי ולא לינארי. השכפול מתבצע באמצעות הצבת שורות תאי אחסון ריקים, האחד אחרי השני, לצד שורה אליה נכתב מידע, כאשר יש מעבר חופשי בין כל שני תאים מתאימים של שורות סמוכות.

לאחר זמן קצר מרגע "שתילת" החיידקים, חיידקים מתאים המייצגים ביט 1 ישתכפלו לתוך התאים המקבילים בשורות הסמוכות, ותאים המקבילים לתא המייצג ביט 0 יישארו חסרי חיידקים. לאחר הפרדת שורות התאים, יתקבלו שורות תאים המייצגות מידע זהה.

לאחר כתיבת המידע הראשוני והעמדת השורות אין צורך בפעולות נוספות – החיידקים משכפלים את עצמם, ולפיכך השתכפלות המידע היא פסיבית ואקספוננציאלית.



תמונה 4: *אילוסטרציה של כתיבת מידע שהחלק הנראה שלו הוא 1101 (א) והשתכפלותו לשלושה עותקים (ב)*

השוואה לשיטה המקובלת לזיכרון

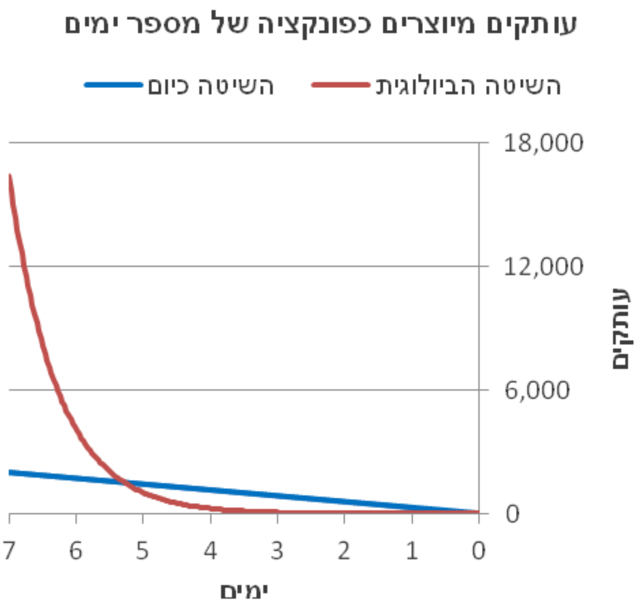
לזיכרון ביולוגי זה יש מספר יתרונות על פני זיכרון מגנטי ואופטי (כדוגמת CD או DVD) קלסי.

- ראשית, שכפול פריט מידע הוא פסיבי, בניגוד לשכפול האקטיבי שנמצא בשימוש כיום (יש צורך לכתוב כל עותק של המידע בנפרד).
- שנית, זמן שכפול של פריט מידע אינו תלוי באורך הפריט (מספר הביטים שהוא לוקח). זאת, מכיוון שכל החיידקים משתכפלים במקביל, ולעומת השיטה הקלסית בה הביטים נכתבים בזה אחר זה.
- שלישית, היתרון העיקרי של הזיכרון הביולוגי, קצב שכפול פריט מידע הינו אקספוננציאלי, בשונה מהשיטה המקובלת לזיכרון מגנטי בה קצב השכפול הוא לינארי – כל עותק נכתב בנפרד.

לדוגמה, נשווה מקרה של שימוש במכונה המייצרת עותק של פריט מידע כלשהו כל חמש דקות (ברוטו; בסך הכול 288 עותקים ביממה) לעומת שימוש במודל הביולוגי המוצע – הצבה חד-פעמית של חיידקים בשורת תאי אחסון אחת, כלומר יצירת עותק יחיד של פריט המידע, והצבת שורות תאים ריקות בכמות הרצויה, לצדו.

את כמות העותקים שמייצרת המכונה הפועלת בשיטה המקובלת כיום כפונקציה של כמות ימים ניתן לייצג כ-$\text{copies}(\text{days}) = 288 \cdot \text{days}$, ואת כמות העותקים שמייצרת השיטה החיידקית כ-$\text{copies}(\text{days}) = 4^{\text{days}}$ (בשימוש בחיידקים מגנטוטקטיים המשתכפלים מדי שש שעות, זמן שכפול הגיוני).

ניתן לראות את כמות העותקים הנוצרים בשבוע ובשבועיים בגרף ובטבלה שלהלן:



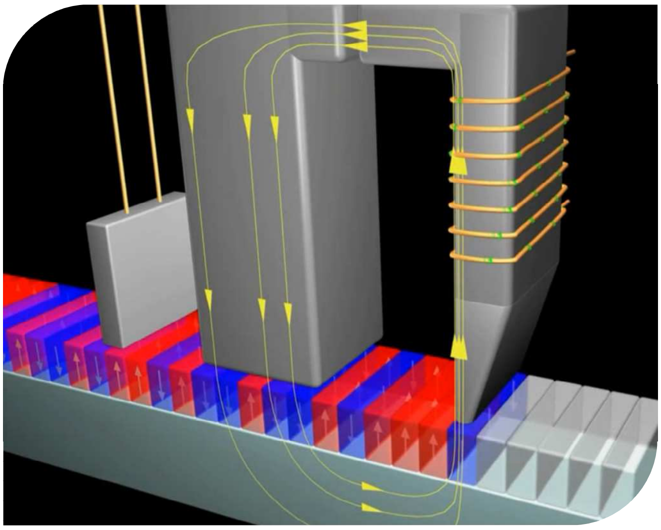
ימים	השיטה כיום	השיטה הביולוגית
1	288	4
2	576	16
3	864	64
4	1,152	256
5	1,440	1,024
6	1,728	4,096
7	2,016	16,384
8	2,304	65,536
9	2,592	262,144
10	2,880	1,048,576
11	3,168	4,194,304
12	3,456	16,777,216
13	3,744	67,108,864
14	4,032	268,435,456

טבלה 1: *כמות מקורבת של עותקים המיוצרים בשיטה כיום ובשיטה הביולוגית, כפונקציה של מספר ימים, בקונפיגורציה המתוארת לעיל*

עבור כ-1,500 העותקים הראשונים השיטה המגנטית הקלסית מהירה יותר, אך מאותו השלב והלאה השיטה הביולוגית מהירה ממנה משמעותית. ליצירת מיליון עותקים, למשל, למכונה אחת שפועלת בשיטה הקלסית, כפי שתוארה להלן (המייצרת עותק כל חמש דקות), ייקח כ-9.5 שנים ואילו בשיטת הזיכרון הביולוגי השכפול ייקח כ-10 ימים בלבד.

תרומה עתידית

שיטת הזיכרון הביולוגי יכולה לחסוך זמן וכסף ואולי אף זיהום סביבתי. השיטה מתאימה למקרים בהם מיוצרים עותקים רבים של פריט מידע זהה, לדוגמה, מוזיקה, סרטים ותוכנות – שכיום מאוחסנים על גבי CDים ו-DVDים (שאינם מבוססים על זיכרון מגנטי) – וכן לקושחה, התוכנות הקטנות של המכשירים הביתיים השונים (כדוגמת שלטים רחוקים ומכונות כביסה).



איור 5: *אילוסטרציה של כתיבת מידע בדיסק קשיח, הפועל בשיטת האחסון המגנטי*
(לקוח מתוך הסרטון Magnetism: Data Storage, http://goo.gl/bi4ui)

מחקר שני – וירוסים המתקיפים חיידקים במעי

מטרה: בחינת התאוריה שווירוסים שמדביקים חיידקים במעי האדם יכולים להעניק לחיידק "מתנות" גנטיות על-מנת שיהיה לו אינטרס שלא לסלקם.

רקע

לכל אחד מאתנו יש מספר עצום של חיידקים החיים באופן טבעי בגופו. מספר החיידקים בגופנו גדול ביותר מפי 10 מכמות תאי האדם שבו[6-7], ומחקרים מהשנים האחרונות הראו שלמיקרוביום (כלל החיידקים בגוף) השפעה רבה על בריאותנו. רוב החיידקים בגוף חיים במעי, ושם הם עוזרים בעיכול, מגנים מפני חיידקים אחרים מחוללי מחלות, ועוזרים ביצירת ויטמינים חיוניים[8-9].

במעבדת ד"ר שורק זוהו וירוסים התוקפים את חיידקי המעי. וירוסים התוקפים חיידקים מכונים, ככלל, פאג'ים, ואלה יכולים לחיות בשני מצבים:

- מצב ליטי – תקיפה של החיידק, השמדתו וניצול מנגנוני השכפול שלו ליצירת מאות וירוסים חדשים;
- מצב ליזוגני – בו מוטמע הד.נ.א. של הווירוס בגנום החיידקי ומשתכפל עמו.

שיטת המחקר

בעבודה נבחנה התאוריה, שווירוסים שמדביקים חיידקים במצב ליזוגני יכולים להעניק "מתנות" לחיידק, בדמות גנים בגנום הפאג', שמעניקים לחיידק יכולות שעוזרות לו בסביבתו. "מתנות" אלו מאופיינות בכך שאינן תורמות ישירות לפאג', אלא משמשות את המארח החיידקי שלו, ובכך מספקות למארח אינטרס להשאיר את הפאג' כחלק מהגנום שלו. לשם בדיקת התאוריה, נאספו כל הגנים מ-991 פאג'ים שזוהו והושוו לכלל הגנים שנמצאים בתוך 392 חיידקים החיים באופן טבעי במעי. כיוון שמדובר במאות אלפי גנים, נכתבה תכנית בשפת Python 3 לניתוח המידע.

ממצאים

לאחר ניתוח המידע נתגלה שבפאג'ים יש כמות גבוהה של גנים הגורמים לעמידות לאנטיביוטיקה – ריכוז גנים אלה בפאג'ים גבוה פי 9 מריכוזם בחיידקים.

מסקנות

במחקר נמצא כי בפאג'ים ריכוז גבוה של גנים הגורמים עמידות לאנטיביוטיקה, ביחס לריכוזם בחיידקים – ממצא מעניין, המעיד שהפאג'ים הם כלי חשוב בהעברת עמידויות לאנטיביוטיקה בחיידקי מעי.

תוצאות המחקר הוגשו לפרסום כחלק ממאמר העוסק באיתור ואיפיון וירוסים שתוקפים חיידקי מעי[10].

הזדמנויות בעקבות התכנית

בזכות התכנית והמוניטין של ד"ר שורק, ניתנה לי ההזדמנות לבצע פרויקט ייחודי בנושא פאג'ים במסגרת מחנה המחקר הבין-לאומי SciTech בטכניון. כמו כן, המחקר בנושא הזיכרון המגנטי-ביולוגי משתתף ב"תחרות מדענים ומפתחים צעירים בישראל 2012".

מקורות

[1] Jogler, C. & Schüler, D. 2009. Genomics, genetics, and cell biology of magnetosome formation. *Annu Rev Microbiol* **63**: 501-521.

[2] Frankel, RB. 1984. Magnetic guidance of organisms. *Annu Rev Biophys Bio* **13**: 85-103.

[3] Bazylinski, DA., Frankel, RB. 2004. Magnetosome formation in prokaryotes. *Nat Rev Microbiol* **2**: 217-230.

[4] Frankel, RB., Blakemore, RP., Torres De Araujo, FF., Esquivel, D.M.S. & Danon, J. 1981. Magnetotactic bacteria at the geomagnetic equator. *Science* **212**(4500): 1269-1270.

[5] Jogler C, Lin W, Meyerdierks A, Kube M, Katzmann E, Flies C, Pan Y, Amann R, Reinhardt R, Schüler D. 2009. Towards cloning the magnetotactic metagenome: Identification of magnetosome island gene clusters in uncultivated magnetotactic bacteria from different aquatic sediments. *Appl Environ Microbiol* **75**:3972–3979

[6] Eckburg PB, Bik EM, Bernstein CN, Purdom E, Dethlefsen L, Sargent M, Gill SR, Nelson KE, Relman DA. 2005. Diversity of the human intestinal microbial flora. *Science* **308**(5728): 1635-1638.

[7] Walter J, Ley RE. 2011. The Human Gut Microbiome: Ecology and Recent Evolutionary Changes. *Annu Rev Microbiol.*

[8] Hooper LV, Midtvedt T, Gordon JI. 2002. How host-microbial interactions shape the nutrient environment of the mammalian intestine. *Annu Rev Nutr* 22: 283-307.

[9] Dethlefsen L, McFall-Ngai M, Relman DA. 2007. An ecological and evolutionary perspective on human-microbe mutualism and disease. *Nature* **449**(7164): 811-818.

[10] Mick E., Stern A., Tirosh I., Sagy O., Sorek R. CRISPR targeting reveals a reservoir of common phages associated with the human gut microbiome. *under review*

מדעי החברה
ומדעי הרוח

המחאה החברתית: דרישת מעמד הביניים לפיתוח הון אנושי

חניכה: בר לוזון, חיפה (לימודים בירושלים)
מנחה-עמית: פרופסור שמואל שי, מכון ון-ליר והאוניברסיטה העברית בירושלים

נושא המחקר ומטרתו

המחאה החברתית שהתרחשה בישראל בקיץ 2011 תפסה את תשומת ליבם של תושבי המדינה כולה, ורבים ראו בה את מחאת מעמד הביניים. ואמנם, טענתנו היא שבבסיסה הייתה זו מחאה של מעמד הביניים, ולא מחאה כלל ישראלית, שכן דרישותיה היו דרישות המייחדות את מעמד הביניים. למחאה הצטרפו קבוצות נוספות ובמיוחד בני המעמד הנמוך בדרישתם למילוי צרכים בסיסיים.

מטרת המחקר היא לאתר את המצוקות שהובילו למחאה החברתית ובכך להצביע על דרכים לתיקונן. המחקר מבהיר את צרכיו של מעמד הביניים, מחד גיסא, ואת תרומתו הייחודית לתרבות, לחברה ולכלכלה בישראל, מאידך גיסא. ומפרספקטיבה רחבה יותר של החברה הלאומית כמערכת, המחקר מאפשר לפרש את המחאה החברתית כמנגנון הישרדותי החותר לרפא כשלים בחוסנה הכלכלי-חברתי של ישראל.

שיטת המחקר

המחקר התנהל בשני מישורים – תאורטי ואמפירי. בחלק התאורטי, נעשה ניסיון להגדיר את מעמד הביניים ולהבין את מניעיו. בחלק המעשי, נערך סקר בקרב 129 פעילים במחאה החברתית, במטרה למפות את הגורמים שהובילו לפריצת המחאה. רשימת הגורמים האפשריים לפרוץ המחאה נגזרה מ-16 התפקודים של מודל איכות החיים המערכתית (Shye, 1989).

ממצאי סקירת הספרות

מעמד הביניים מהו? – הגדרת מעמד הביניים מתבססת לא רק על רמת הכנסותיו של מעמד זה. מעמד הביניים מאופיין בראש ובראשונה על ידי נטייתו המיוחדת (העודפת) להשקיע בהון האנושי שלו התורם ישירות, ומתוקף ההגדרה, להון האנושי הלאומי. השקעה זו קובעת את כל אורחות חייו ומחייבת גם דפוסי צריכה מסוימים המעוצבים על ידי ההקשר החברתי והנסיבות. מכאן שנוכל לכנות את צריכתו של מעמד הביניים כ"צריכה מניבה".

מהו ההון האנושי? – המושג הון אנושי נועד להקביל להון חומרי (הון פיננסי או נכסים, קרקעות) והוא נוצר מתוך ההכרה כי השכלה, ידע, מיומנות ותכונות אישיות נוספות מהוות משאב שניצולו בתנאים מתאימים תורם ישירות לכושר הייצור של הכלכלה הלאומית, ממש כמו הון חומרי ובשיתוף עמו. בדרך כלל בהגדרת הון אנושי מושם דגש על השכלה, ידע ומיומנויות. פיתוח הון אנושי עצמי, אם נעשה על פי בחירת הפרט, הריהו חלק מאיכות חייו – אותו חלק המהווה למעשה משאב בעל פוטנציאל לייצור כלכלי.

ההשקעה בהון אנושי דורשת יציבות. לבני מעמד הביניים יש צורך חיוני לתכנן את חייהם לטווח ארוך – גם אם בקווים כלליים – וזאת כתנאי להשקעה מחושבת ויעילה בהון האנושי שלהם. תכנון כזה דורש יציבות כלכלית, אך לא רק יציבות מאקרו-כלכלית (ז"א במישור הלאומי – הימנעות מיצירת בועות ומיצירת חובות לאומיים מוגזמים) – אלא גם, ואולי במיוחד, יציבות מיקרו-כלכלית (ז"א במישור של משקי הבית). המשמעות המעשית של היציבות המיקרו-כלכלית היא ביטחון תעסוקתי, מוסדות חברתיים אפקטיביים, מוסדות השכלה ובריאות יעילים, וכן מוסדות כלכליים אמינים – תכניות פנסיה ותכניות חסכון יציבות. וכמובן, יציבות מאקרו-כלכלית הנה תנאי הכרחי (אך לא מספיק) ליציבות מיקרו-כלכלית. רק בתנאי יציבות כלכלית יכולה משפחה לתכנן את השקעותיה לשם קידום ההון האנושי של מפרנסי המשפחה וילדיה.

גורמי המחאה החברתית: ניתוח לפי חסכים במרכיבי איכות חיים. הנחתנו היא כי כאשר אדם עושה מעשה, ובמיוחד מעשה מכוון הדורש מאמץ רב ואף הקרבה, הריהו חותר בכך לשפר את מצבו, את איכות חייו. מניע כזה כולל כמובן גם את החתירה להקלת מצוקה.

לאיזה שיפור באיכות חייהם חתרו משתתפי המחאה, או איזה סוג של מצוקה שאפו להקל?

בכדי לענות על שאלה זו יישמנו את מודל איכות החיים המערכתית (Shye, 1976; 1989) אשר, על סמך הנחות-יסוד סבירות מתורת מערכות הפעולה ההתנהגותיות (Shye, 1985), מניב רשימה ממצה ומוציאה של תפקודי הפרט האנושי בארבע תת-מערכות של הקיום האנושי: האישיותית, הפיזית, החברתית והתרבותית; ובכל אחת מהן, מתייחס לארבע אופנויות תפקוד: ביטוי, סיגול, איזון, שימור. מודל זה משלים ומחזק במובן חשוב את גישתו של הכלכלן אמרטיה סן (חתן הפרס ע"ש נובל לכלכלה לשנת 2002) אשר אמנם חתר לתאר רווחה אנושית במונחים של תפקוד הפרט, אך נמנע מלקבוע מהם התפקודים האלה או למיינם. מודל איכות החיים המערכתית (Shye, 1989) דורג במקום הראשון מבין 68 מודלים לאיכות חיים שפורסמו בספרות המדעית במהלך 37 שנים (1965-2001. ר' Taillefer et al., 2003).

ממצאי הסקר שערכנו

הלוח הבא, המבוסס על מודל איכות החיים המערכתית (Shye, 1989), מציג את ממצאי הסקר שערכנו וממיין את תפקודי הפרט לפי תת-מערכות ואופנויות על פי המודל.

לוח 1: בעיות באיכות החיים ממוינות לפי המודל, ולכל בעיה אחוז המשיבים שסברו כי המחאה נובעת ממנה "במידה רבה" [בסוגריים מרובעים- דירוג הבעיות]

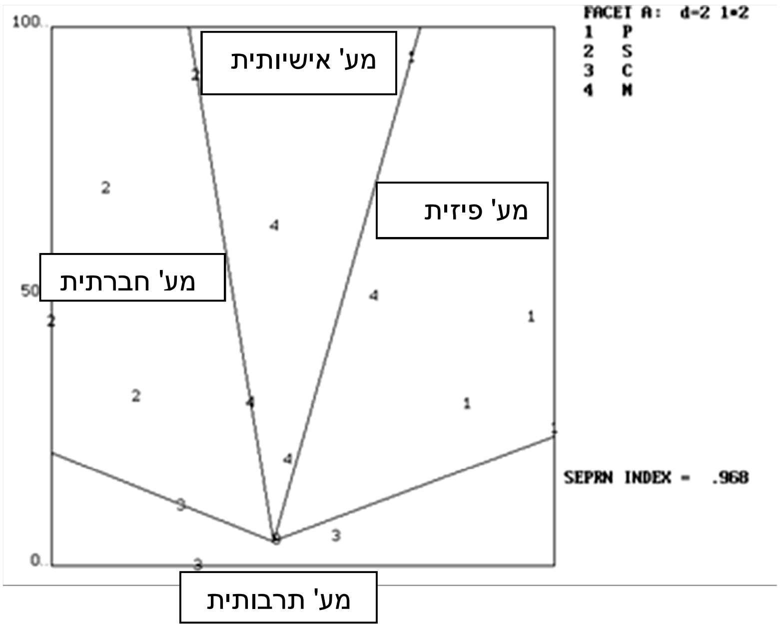
		תת-מערכת			
		אישיותית	**פיזית**	**חברתית**	**תרבותית**
אופנות	**ביטוי**	חוסר יכולת של אנשים במדינה לבטא את האישיות הייחודית שלהם **12** [15]	הרגשה שלא יכולים לארגן את הסביבה הפיזית בה רוצים לחיות **42** [7]	הרגשה שאין השפעה על הנעשה בחברה הישראלית **63** [2]	אין אפשרות להביע באופן חופשי את הערכים בהם אנשים מאמינים **16** [13]
	סיגול	היעדר אפשרויות להינפש ולנוח מעבודה ומטרדות היומיום **33** [8]	היעדר תנאים פיזיים נאותים כגון דיור, מזון וצריכת מוצרים נחוצים **55** [4]	קשיים במגעים של האזרח מול מוסדות המדינה **59** [3]	אין מספיק נגישות לסוגי התרבות המתאימים לכל אחד **15** [14]
	איזון	תחושה של אי-שקט, לחצים וחרדות **43** [6]	בעיות בתחום הבריאות וההרגשה הפיזית הטובה **22** [12]	היעדר תחושת קרבה ויחסי חברות **23** [11]	אנשים מוצאים את עצמם בהתנגשות בין ערכים אישיים מנוגדים **24** [10]
	שימור	היעדר בטחון עצמי ואי-ביטחון בזהות האישית של הפרטים במדינה **11** [16]	חששות מהעתיד והיעדר תחושת ביטחון פיזי-כלכלי **81** [1]	היעדר סולידריות במדינה, הרגשת חוסר אמון ושותפות בין אזרחים **44** [5]	היעדר ביטחון בערכים שבהם אנשים מאמינים **25** [9]

מן הממצאים עולה תמונה ברורה, לפיה הגורמים המרכזיים למחאה מתרכזים בעיקר בתת-מערכות הפיזית והחברתית. הדבר איננו מפתיע בשל העובדה שהמחאה הצהירה על אי-שביעות רצון כללית בתחומים אלה. אולם, מעניין שדווקא העילה המוצהרת של המחאה, דהיינו היעדר תנאים פיזיים נאותים, נרשמה רק במקום הרביעי ברשימת גורמי המחאה. לפניה ניצבו שלושת הגורמים הבאים: חששות מהעתיד והיעדר תחושת ביטחון פיזי-כלכלי (*שימור פיזי*, בלשון המודל), הרגשה שאין השפעה על הנעשה בחברה הישראלית (*ביטוי חברתי*) וקשיים במגעים של האזרחים מול מוסדות המדינה (*סיגול חברתי*). הממצא הבולט ביותר הוא כי גורם המחאה העיקרי הוא תחושת אי-ביטחון פיזי-כלכלי (81% מהמשתתפים העריכו כי המחאה נובעת ממנו), מה שתואם את ראיית המחאה כמשקפת את צרכיו של מעמד הביניים, שכאמור זקוק ליציבות כלכלית

למען המשך קיומו. ההסבר לממצא זה הוא היות המחאה מחאת מעמד הביניים, מעמד אשר מעצם טיבו חותר להשקיע בעצמו השקעות ארוכות טווח הדורשות תכנון. תכנון משמעותי, מצדו, דורש לאו דווקא רמת חיים גבוהה, אלא תחושת ביטחון ביציבות המערכת הכלכלית חברתית. תחושת אי-ביטחון ביציבות המערכת וב"חוקי המשחק" שלה מכשילה כל אפשרות לתכנן את החיים ולכן מייצגת את מקור המצוקה הכבד ביותר המאיים על מעמד הביניים. למצוקה זו הכוח לגרום למחאה מתמשכת של בני מעמד הביניים להוציא מאות אלפים מהם להפגנות רחוב.

ניתוח מרחב הממדיות הקטנה (Faceted SSA) של גורמי המחאה על פי מודל איכות החיים המערכתית מוצג בתרשים הבא:

תרשים 1: מפת הגורמים למחאת מעמד הביניים: ניתוח מרחב הממדיות הקטנה (Faceted SSA) של גורמי המחאה על פי מודל איכות החיים המערכתית



ניתוח זה מאשש את המבנה המערכתי המנובא על ידי המודל ומצביע על עקביות מבנית בתביעות המחאה.

מסקנות ומחשבות לעתיד

מתוך המחקר עולה באופן ברור כי המחאה החברתית הייתה מחאתו של מעמד הביניים החותר ליציבות כלכלית שתוכל להבטיח את יכולתו לתכנן את חייו. גם את הדגש שהושם במחאה על יוקר הדיור, ניתן לפרש במסגרת הצורך ביציבות לשם תכנון, שהרי הדיור אינו מוצר ככל המוצרים: מחד גיסא, רכישתו דורשת תכנון ומאידך, הדיור קשור בסגנון חיים ומקום עבודה.

במאמר אודות "הצדק החלוקתי" (Shye, 1995), מוסבר כי אחד מארבעת סוגי העילות לחריגה מחלוקה שווה הוא *תרומה*. כלומר, יש היגיון בהענקת גמול למי שתורם יותר על מנת לעודד התנהלות יצרנית. דרישות מעמד הביניים מתבססות על עילת התרומה, בהשקיעו בהון האנושי ובכושר הייצור שלו. בכך נבדל מעמד הביניים מהמעמד הנמוך אשר תביעתו לנתח מוגדל מ"העוגה הלאומית" מתבססת על עילה שונה להקצאה עודפת, דהיינו על עילת *הנזקקות*.

בסקר שנערך בשני המאהלים המרכזיים – בתל אביב ובירושלים – נמצא כי הגורם העיקרי ליציאה למחאה היה חששות מהעתיד והיעדר תחושת ביטחון פיזי וכלכלי. חשש זה, כאמור, מאפיין את מעמד הביניים, בשל היות תכניותיו לעתיד תלויות ביציבות הכלכלית במדינה.
במקום השני ברשימת הסיבות למחאה הופיעה התפיסה שאין למוחים השפעה על הנעשה בחברה הישראלית. חשיבות ההשפעה הפוליטית למעמד הביניים ברורה – באמצעות השפעה פוליטית אדם יכול להשתתף בעיצוב מדיניות כלכלית-חברתית שתשרת את מטרתו – מסגרות יציבות לתעסוקה מתאימה, להשגת דיור, להשכלה איכותית, ושירותי בריאות. התחושה המסתמנת שאין למעמד הביניים השפעה פוליטית מספקת מצביעה על אפשרות של ניכור מזיק (המתבטא גם בשיעורי הצבעה נמוכים). ייתכן מאוד כי בחברה דינמית לא די בהשתתפות בבחירות ויש לעצב מסגרות למתן ביטוי תכוף יותר להבעת העדפות חברתיות-כלכליות.

לסיכום, המחאה החברתית הייתה, ללא ספק, מחאתו של מעמד הביניים. חשיבותו של המחקר מתבטאת בשתי רמות: ראשית, באופן ממוקד, הוא ממפה ומדרג את הצרכים שהובילו לפרוץ המחאה החברתית בישראל בקיץ 2011, דבר שהשפיע רבות על התנהלות המדינה מאז; שנית, באופן רחב יותר, יש בו משום תרומה להבנה עמוקה של התנהלותו של מעמד הביניים, שמהווה גורם בעל חשיבות עליונה במרקם החברתי של מדינת ישראל. בעתיד, מעניין יהיה לראות את הקשר שבין השפעה פוליטית לבין מעמד הביניים, שכן סיבה זו נמצאה כעילה השנייה בגודלה לפריצת המחאה החברתית בסקר שערכנו. האם הקשר נובע מתוך כך שההשפעה הפוליטית הינה אמצעי לשמירה על יציבות הכלכלה, או שיש בכך משום אפיון נוסף של מעמד הביניים?

מקורות עיקריים

בר, אילנית, **מאפייני מעמד הביניים בישראל וניתוח השינויים שחלו בו בשנים האחרונות**, http://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m02671.pdf.

OCED (2001), *The Well-Being of Nations: The Role of Human and Social Capital* , http://www.oecd.org/dataoecd/36/40/33703702.pdf.

Sen, A. (1992), *Inequality Reexamined*, Harvard University Press.

Shye, S. (1976). *The Interaction Among Variables Determining the Environment and Quality of Life*. Jerusalem: The Israel Institute of Applie Social Research.

Shye, S. (1985). A Nonmetric Model for Behavioral Action Systems. In D. Canter (ed.) *Facet theory: Approaches to Social Research*. New York: Springer.

Shye, S. (1989), "The Systemic Life Quality Model: A Basis for Urban Renewal Evaluation", *Social Indicators Research, 21*, pp. 343-378.

Shye, S (1995), *Facets of Distributive Justice: A Systemic Theory with Application to Educational Resource Allocation*, Jerusalem: Israel Institute of Applied Social Research.

Taillefer, M. C., Dupuis, G. Roberge, M. A. & Le May, S. (2003). Health-related quality of life models: Systematic review of the literature. *Social Indicators Research, 64,* 293-323.

Thurow, L. (1984), *The Disappearance of the Middle Class*, The New York Times, February 5.

באתי נאמתי שכנעתי
יסודות רטוריים בנאומים מפורסמים בשנת 2011

חניך: לי באלאן, הרצליה
מנחה-עמיתה: ד"ר פנינה טרומר, אוניברסיטת תל אביב

שאלת המחקר

מהו שכנוע? מהם הקריטריונים (אמצעי השכנוע) הצריכים להופיע בנאום כדי להפוך אותו לנאום משכנע?

הרקע למחקר

מנאומים לעם במחאת האוהלים (מפי נואמים בלתי מיומנים, סתיו שפיר), עד לנאומים לעולם בבית הלבן (מפי נואמים מיומנים – נתניהו, אובמה) – שנת 2011 הייתה שנה עמוסה בנאומים שהשפיעו על סדר היום הציבורי. הנאומים היו שונים באידאולוגיות שלהם, במטרותיהם, ובמקצועיות/מיומנות הנואמים. עם זאת, הם גרמו לאותה תוצאה – הזדהות/הסכמה בקרב מאזיניהם, דהיינו, היו נאומים משכנעים. נאומים אלו היו הגורם לכך שבחרנו כנושא למחקרנו את העיסוק בתורת הנאום (רטוריקה), ובסופו של דבר בחרנו להוסיף לרשימה גם שני נאומים שלא נישאו בשנת 2011, אך בכל זאת מצאנו אותם כבעלי תרומה למחקר שלנו.

רשימת הנאומים שנבחרו למחקרנו:

- נאום ראש ממשלת ישראל, בנימין נתניהו, בפני הקונגרס האמריקאי ב- 25/5/11
- נאום דפני ליף, ממובילי מחאת האוהלים ב-3/9/11
- נאום דוד גרוסמן, בעצרת הזיכרון לרבין ב-4/11/06
- "נאומי" השף אייל שני בתחרות "מאסטר שף" (אוקטובר 2010)

שיטת המחקר

מחקרנו בנוי על פי השלבים הבאים:

השלב הראשון – שלב הקריאה הביבליוגרפית

בשלב זה קראנו ספרות ביבליוגרפית רלוונטית שעסקה בנושאים שלהלן:

א) ההיסטוריה של הרטוריקה;

ב) עקרונות רטוריים: לשוניים סגנוניים, טיעוניים-לוגיים;

ג) הרטוריקה בשיח הפוליטי בישראל;

ד) עקרונות תורת פעולות הדיבור.

השלב השני – שלב הכנת רשימה של הקריטריונים המאפיינים נאום משכנע

בספר **רטוריקה** של אריסטו חולק מעשה השכנוע לשלושה רכיבי יסוד:

האתוס – משקל אישיותו של **הדובר** בתהליך השכנוע: המידע המוקדם שיש לקהל היעד על דמותו, כוחו, יכולתו, אמינותו ושמו הטוב של הנואם.

הלוגוס – התוכן, המידע, הסיפור, המבנה וההיגיון הפנימי של **הנאום**.

הפאתוס – האמצעים הרגשיים הגורמים לשומע לשנות את עמדתו ולקבל את עמדת הנואם: אמצעים לשוניים, קול, קצב, סגנון.

בספרות הרטורית במערכות החינוך באירופה, נשתמרה ערכת ההוראה הפופולרית מהתקופה הקלסית הידועה בשם **הקאנון הרטורי**. שיטה זו מציעה לשפוט את הנאום לפי חמישה רכיבי יסוד:

המצאה – מדד הבוחן את מידת החדשנות ברעיונות המושמעים בנאום.

ארגון – מדד הבוחן את מבנה הנאום ואת שיטות ההנמקה וההוכחה.

סגנון, בחירת המילים – מדד הבוחן את האמצעים הלשוניים, הדימויים ורהיטות השפה.

זיכרון – מדד המזהה את אמצעי הזכירה שנקט הנואם לזכור את דבריו במהלך השמעת הנאום.

ביצוע – מדד השופט את אופן הדיבור, הדיוק בהגייה והשימוש בקול ובמחוות הגוף.

להתבוננות המודרנית בנאום מציעה ברוש (1993: 9-15) את המדדים הבאים:

זיהוי נסיבות התקשורת – הבלשן דל היימס תמצת את התלות ההדדית בין מעשה הדיבור ונסיבות התקשורת על פי ראשי התיבות "**SPEAKING**":

הרקע	**S**etting & **S**cene
המשתתפים	**P**articipants
המטרות	**E**nds
המבנה והתוכן	**A**ct sequence
משלב ההבעה (פורמאלי, המוני וכו')	**K**ey
ערוצי התקשורת	**I**nstrumentalistics
הנורמות של המשתתפים	**N**orms
סוג התקשורת	**G**enres

זיהוי מטרות הנאום – לכל סוגי הנאומים משותפת שאיפת היחיד לעורר תגובה מצד הקהל, שכן הנאום הוא אירוע חברתי.

ריתוק תשומת הלב – בדרך כלל, דריכותו השקטה של הקהל מתפוגגת במהלך הנאום, והיא שבה ומתחזקת לקראת סיום. הדובר המיומן יגלה רגישות לקשיי הריכוז של נמעניו, וישתדל לנקוט אמצעים כדי לרתקו אליו. על פי גישתו של חוקר השיח הריס גרייס, המוען ירתק את קהלו אם בדבריו ימסור על חידוש, יהיה רלוונטי, ישמור על עיקרון הכמות (נאום ארוך מדי מכביד, ואילו נאום קצר עלול להתקבל כמביך או כמאכזב), וישמור על עיקרון האיכות (הרבה עדויות בצורת עובדות, קביעות וציטוטים מפי מומחים ובני סמכא, דוגמאות, הדגמות, סטטיסטיקה וכל חומר עזר אפשרי). דובר שמפריח באוויר חדשות ללא זיהוי מקורותיו, מגיש טיעונים שאין להם ביסוס ומשתמש בהכללות גסות וחצי אמיתות – מרחיק מעליו קהל הדורש התייחסות רצינית למעשה התקשורת. שימוש בפתיחה מרתקת וסטיות מכוונות מנושא הדיון אל מוטיבים העשויים לרתק תשומת לב.

אמינות – ציבור מאמינים בין זמנינו מתייחס בהערכה לאינטלקטואלים ומעריך מומחים מנוסים בעלי השכלה, המצטיינים בתחום התמחותם.

שפת הנואם – את האפיונים הלשוניים הנדרשים מטקסט תקין הנישא בע״פ ניסחו חוקרי התרבות המדוברת הבלוק, אונג, אדוארדס וזינקוויץ:

- מבחינה תחבירית, המשפטים הנישאים על-פה מצטיינים בפשטות ובקיצור. נושא הדברים בפומבי מרבה בהקבלות, בחריזות, ובחזרות ריתמיות על מילים.
- הטקסט המדובר שומר על תכונות הדיאלוג באמצעות פנייה אל הקהל בלשון ״אני״, ״את״, ״אתה״, ״אתם״.
- הנואם נדרש לשמור על הגייה רהוטה, על מתח, על קצב ועל מוזיקליות.
- השפה המדוברת נשענת על שימוש בלשון פיגורטיבית: מטאפורות, דימויים נועזים, קולות ותנועה המנפישים את הטקסט הם בני בית מוכרים בנאום הטוב.
- הטקסט הרטורי מאופיין במילות הדגשה, הגבהה והנמכה, כדי להדגיש את עמדתו הרגשית של הדובר.
- בחירה בין מילים נרדפות בהתאם לקונוטציה חיובית/שלילית/ניטרלית שנושאת אחת מהן לעומת זולתה.
- בחירה בשמות תואר אופנתיים לתקופת הנאום כגון: ״רלבנטי״, ״קטסטרופלי״, ״מסורתי״, ״קלסי״, ״היסטורי״, ״מודרני״.

ארגון החומר וסדר הדברים – כשמטרת הדובר היא שכנוע, הוא יכול לבחור באחת מהן התבניות הרטוריות הבסיסיות:

הדגם הרטורי הקלסי: הגדרת הנושא באמצעות שאלה, טענה, הנמקת הטענה, המחשתה בדוגמה, מסקנה.

התבנית הקלסית הרחבה: ריתוק תשומת לב בפתיחה (כגון ציטטה ״חזקה״ הקשורה לנושא הנאום, תיאור סיפורי של מאורע, שימוש בשאלה או בסדרת שאלות, הערה לגבי אירוע הנאום או הסיבה בו, סיפור אנקדוטה מעניינת שיש לה קשר לנאום), הגדרת הבעיה, הצגת הפתרון, הנמקה, הפרכת טענות הצד שכנגד, סיכום המסקנות העיקריות, נעילת הנאום.

מה הסדר שעל פיו יש להגיש את הטיעונים? הומלצו שלושה סדרים, שיסודם בעוצם הטיעונים: הסדר של עוצם גדל והולך, הסדר של עוצם פוחת והולך והסדר ״הנסטורי״ ששם פותחים ומסיימים בטיעונים רבי העוצם ביותר, ואת שאר הטיעונים משאירים באמצע.

סוגי טיעונים לוגיים: השאלה הרטורית, ההשוואה, הפרדוקס, שאלת שואל ומשיב, הציטוט, הציטוט העצמי, **טיעון** המתבסס על סיסמאות/ קלישאות המקובלות כחיוביות/שליליות.

השלב השלישי – חשיפת ממצאי המחקר
בשלב זה הקשבנו לארבעת הנאומים, וניסינו להסיק מכל אחד מהם את הקריטריון העיקרי ההופך אותו לנאום משכנע.

מסקנות המחקר

מהו נאום משכנע?
הנאום המשכנע חותר ליצור קונצנזוס, הסכמה כללית בקרב השומעים. הוא עושה זאת באמצעות הצורה ובאמצעות התוכן. הצורה מבוססת על אמצעים לשוניים-סגנוניים שנוקט הנואם בעת נאומו; התוכן מבוסס על טיעונים לוגיים שהוא מעלה.

אילו קריטריונים דרושים להפיכת נאום לנאום משכנע?
לאחר שהקשבנו לארבעת הנאומים, חשפנו בכל אחד מהם את הקריטריון העיקרי, לדעתנו, ההופך אותו לנאום משכנע:
בנאום של ראש ממשלת ישראל בנימין נתניהו בפני הקונגרס האמריקאי ב-25/5/11 בלט השימוש בקריטריון הלשוני-תחבירי – **חזרה של תבניות תחביריות.**
בנאום של הסופר דוד גרוסמן בעצרת הזיכרון ליצחק רבין ב-4/11/06 בלט השימוש ברטוריקה טיעונית – **התבססות על ציטוטים, פנייה אל הקהל בגוף ראשון.**
ב"נאומי" אייל שני בתכנית הטלוויזיה "מאסטר שף" בערוץ 2 באוקטובר 2010 ואילך, בלט השימוש בקריטריון הלשוני סמנטי – **מטאפורות**.
בנאום של דפני ליף ב-3/9/11 בלט השימוש ברטוריקה טיעונית – **שאלות רטוריות, שאלות מסוג "שואל ומשיב".**

השפה ככלי/אמצעי פעולה = משחקי שפה
השפה היא כלי שבאמצעותו אנו עושים דברים (מתארים, מצווים, שואלים, **משכנעים** וכו'). הבנת השפה כרוכה, אם כן, בהבנת הפעולות שאנו עושים באמצעותה. המונח "משחק שפה", שהקנה לנו ויטגנשטיין (1953), משקף את העובדה שלא ניתן לדבר על שימוש קבוע במבעים לשוניים, אלא על שימוש הכפוף להקשר שבו הוא מתבצע.

רשימה ביבליוגרפית

על הרטוריקה באופן כללי:

1. אלון, עמנואל, גרילק, ליאורה, שילה וגילה (2006) **הטקסט הכתוב בעברית בת ימינו – מאפיינים מבניים, תחביריים ולקסיקליים**, תל-אביב: מכון מופ"ת.
2. בנצור, נעמי (1993) **להופיע טוב לפני קהל ומול כלי התקשורת**, תל-אביב: אלפא, זמורה ביתן.
3. ברוש, תמר (1993) **נאום לכל עת**, תל-אביב: האוניברסיטה הפתוחה, ידיעות אחרונות, ספרי חמד.
4. וולמן, משה (1990) **דמגוגיה ורטוריקה**, תל-אביב: פפירוס.
5. וילבר, פרי (1986) **אמנות הנאום**, תל-אביב: אור עם.
6. נדבה, יוסף (1957) **תורת הנאום**, תל-אביב : הדר.
7. פרוגל, שי (2006) **רטוריקה** , אור יהודה: כנרת, זמורה-ביתן, דביר.
8. פרלמן, חיים (תשמ"ד), **ממלכת הרטוריקה**, רטוריקה והעלאת טיעונים, ירושלים: מאגנס.
9. רביד וסרצוג ,אורלי (2010) איך מצליחים לשכנע? **מגזין סטטוס**, גיליון 225.
10. שילה, גילה (תשנ"ז) **אפיוני הכתיבה העיונית העברית** , חיבור לשם קבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", רמת-גן: אוניברסיטת בר-אילן.
11. שפיגל, נתן (תשנ"ד) **אמנות השכנוע – הנואם וקהלו**, ירושלים: מאגנס.

על הרטוריקה במשלב הנאום הפוליטי:

12. לבנת, זוהר (2009) אנטומיה של עמימות ממלכתית: מבט לשוני-רטורי על "נאום ההתנתקות" **מילה בסלע – רטוריקה עכשיו** (בעריכת יהושע גתי), עמק יזרעאל: המכללה האקדמית, עמ' 65-87.
13. לנדאו, רחל (תשמ"ט) **הרטוריקה של משלב הנאום הפוליטי בישראל**, תל-אביב : עקד.
14. לנדאו, רחל (תש"ן) החזרה התחבירית- רטורית כאמצעי שכנוע בנאום הפוליטי של ימינו, **מחקרים בלשון העברית ובספרות התלמודית מוקדשים לזכרו של ד"ר מנחם מורשת,** (בעריכת מ"צ קדרי ש' שרביט), רמת-גן: אוניברסיטת בר-אילן.
15. לנדאו, רחל (1990) הרטוריקה והעברית העילגת של חברי הכנסת, **לשון ועברית** מספר 6, עמ' 8-14.
16. שפירא, אניטה (2008) (עורכת) **אנו מכריזים בזאת – 60 נאומים נבחרים בתולדות ישראל,** אור יהודה: כנרת, זמורה-ביתן.
17. פרופ' יהושע גתי **האוניברסיטה המשודרת (גל"צ)** אמנות הרטוריקה מיוון העתיקה ועד אובמה.

על תורת פעולות הדיבור:

18. אוסטין, ג'.ל (2006) **איך עושים דברים עם מילים** (במקור-1962, תרגום מאנגלית – גיא אלגת, תל-אביב: רסלינג.
19. וינבך, ליאורה, ברוש, שושנה (1986) **אמנות השיח – תקשורת בין אישית ופעולות דיבור,** מפעלים אוניברסיטאיים להוצאה לאור בע"מ.
20. מוצ'ניק, מלכה (2006) פעולות דיבור, **לשון, חברה ותרבות**, תל-אביב: האוניברסיטה הפתוחה, פרק 10.3, עמ' 116-149.
21. ניר, רפאל (1981) פעולות דיבור, **מבוא לתורת הלשון**, יחידה 2.4, רמת-אביב: האוניברסיטה הפתוחה.
22. ניר, רפאל (1989) פעולות דיבור, **סמנטיקה עברית**, יחידה 10.5, רמת-אביב: האוניברסיטה הפתוחה.
23. צרפתי, גב"ע (תשמ"ג) פרגמטיקה ופעולות הדיבור, **לשוננו לעם** לד,ד.
24. עבאדי, עדינה (תשנ"א) פעולות הדיבור, **לשון ועברית** 6, עמ' 46 -47

25. Cruse, Alan (2000) **Meaning in Language An Introduction to Semantics and Pragmatics** Oxford**,:** Oxford University Press, pp. 329 – 347.
26. Lyons, John (1977) **Semantics** 2, Cambridge: Cambridge University Press pp. 725 – 778.
27. Sadock J. M. (1974) Towards a Linguistic Theory of Speech Acts New York: Academic Press.
28. Searle J. (1969) **Speech Acts** , London & New York: Cambridge.
29. Searle J.(1979). **Expression and Meaning, Studies in the Theory of Speech Acts,** London & New York: Cambridge.

אמנות
מוזיקה
וקולנוע

תורת המוזיקה – הרמוניה כתובה, הרמוניה ליד המקלדת וקונטרפונקט
פרק לרביעיית מיתרים

חניך: תומר בר, מלחין ופסנתרן, מודיעין
מנחה-עמית: פרופ׳ מנחם ויזנברג, האקדמיה למוזיקה, ירושלים

רקע

השנה זכיתי לעבוד עם פרופ׳ מנחם ויזנברג, הדיקן לקומפוזיציה באקדמיה בירושלים, מלחין, מעבד ופסנתרן ומגדולי המחנכים המוזיקליים בישראל. עבדנו על פרויקט משותף במסגרת התכנית מנחים-עמיתים של האגף למחוננים ולמצטיינים במשרד החינוך בהפעלת מכון הנרייטה סאלד. בשנה זו, מנחם היה בשבילי מורה, מנטור, שותף ומודל בכל מה שקשור לעבודתנו המשותפת והרבה מעבר לה.

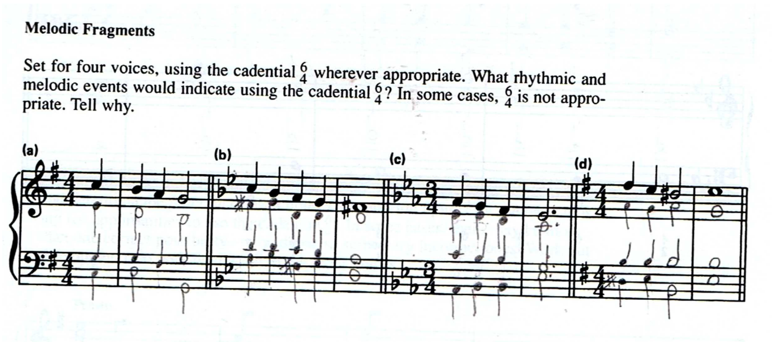
נושא המחקר

הרעיון המרכזי של הפרויקט, מתחילת תהליך העבודה, היה להגיע לשלב יצירת קומפוזיציה מסוימת הנובעת בין היתר מהפנמת קשת רחבה של נושאים בספרות המוסיקה, ביניהם: הרמוניה מסורתית, קונטרפונקט, תזמור, והמוזיקה של בלה ברטוק ושל קלוד דביסי.

שיטת העבודה

לימוד ההרמוניה המסורתית, אשר משקפת את התפיסה ההרמונית הקלסית הנובעת מחוקיות טבעית של צלילי מתח ופתרונם, נעשה דרך מקבץ ספרים של אוניברסיטת Mannes בניו-יורק בשם:
Harmony & Voice Leading, ודרך ספר הקורלים של באך. במסגרת נושא זה התבקשתי לתרגל את הבנת ה״תחביר״ ההרמוני, הדרך הקלסית בה ההרמוניה מסוגלת להתפתח, ואת חוקיו הרבים של תחביר זה.

דוגמה ל"הרמון" קווים מלודיים נתונים מתוך הספר:


Melodic Fragments

Set for four voices, using the cadential $^6_4$ wherever appropriate. What rhythmic and melodic events would indicate using the cadential $^6_4$? In some cases, $^6_4$ is not appropriate. Tell why.

את נושא הקונטרפונקט (אמנות הכתיבה המלודית לקולות נפרדים בו-זמנית) למדתי מתוך הספר Counterpoint In Composition (מאותה האוניברסיטה שבה למד גם מנחם), ובאופן מופשט יותר מיצירתו לפסנתר של בלה ברטוק: מיקרוקוסמוס. תהליך הלמידה בתחום זה כלל תרגילים מעשיים של כתיבת קווים "נגדיים" לקו נתון, כשקיימים חמישה סוגים של קווים כאלה.

דוגמה לכתיבת קו נגדי לקו נתון ("cf" = קו נתון):

במהלך השיעורים בנושאים אלו, האזנתי לכמויות רבות של חומר, שחלקו קשור לנושאי הלימוד וחלקו קשור לשיחות שהתפתחו בינינו במהלך המפגשים. בין המלחינים הבולטים להם הקשבתי, היו ברטוק ודביסי, שביצירותיהם קיימים אלמנטים מהנושאים הנ"ל באופנים שונים ומשונים. בין היתר נחשפתי בתקופה זו למוזיקה של מוצרט, שוברט, שופין, ביל אוונס, רבל, ועוד רבים, טובים ומגוונים, מהעולם הקלסי ומעולמות אחרים, כמו עולם הג'אז (ממנו אני בא) למשל.

דוגמה לקומפוזיציה קצרה
בהשראת "מיקרוקוסמוס" של ברטוק:

לאחר מספר חודשים של התעמקות בנושאים אלו, לרוחבם ולאורכם, מנחם החליט שמטלת הקומפוזיציה, כלומר משימת הגמר של הפרויקט, תהיה לרביעיית מיתרים. החלטה זו באה מהרצון "לזרוק אותי למעין בריכה של אפשרויות קומפוזיטוריות בלתי נגמרות", בניגוד לאפשרויות בסגנון ה"מתובנת" היטב בו יצרתי עד כה. במצב זה, של יצירה ללא מבנה קבוע מראש, "הליכה בערפל" באיזשהו אופן, אוכל להשתמש בהרמוניה ובקונטרפונקט ככלי עזר להאיר את דרכי, תוך שאיבת השראה מהמלחינים אותם שמעתי בהמלצת מנחם.

תוך כדי העבודה, התחלתי ללמוד גם תזמור מספר בשם "The Study of Orchestration" של סמואל אדלר, כדי להבין את יכולות הכלים השונים ברביעיית מיתרים: הכינור, הוויולה והצ'לו.

ביבליוגרפיה

Harmony & Voice Leading (3rd editin), by Edward Aldwell & Carl Schachter – 2003

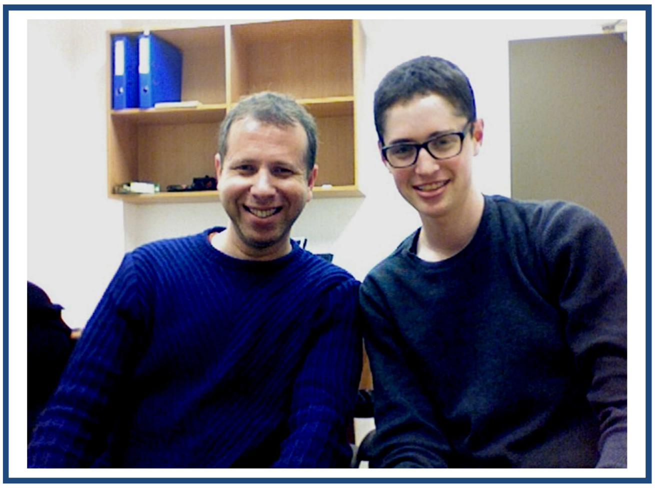
Counterpoint In Composition, by Felix Salzer & Carl Schachter – 1989

The Study of Orchestration, by Samuel Adler – 1989

371 Harmonized Chorals & 69 Choral Melodies With Figured Bass – J.S. Bach

מסך הגאולה
ייצוגים של החיפוש אחר גאולה בסרטי קולנוע עלילתיים העוסקים בשואה

חניך: עידו בתר-פוקר, תל אביב
מנחה-עמית: ד"ר גלעד פדבה, אוניברסיטת תל אביב, האוניברסיטה הפתוחה, בית ברל



שאלות המחקר / מטרות העבודה

עבודה זו מבקשת לעמוד על טיבו של הקשר שבין גאולה ובין שואה בראי הקולנוע – כיצד מעוצב החיפוש אחר הגאולה בסרטי קולנוע עלילתיים העוסקים בשואה, משנות ה-80 המאוחרות ומשנות ה-90?

התמקדתי בארבעה טקסטים קולנועיים: **הבריחה מסוביבור** (ג'ק גולד, בריטניה-יוגוסלביה, 1987), **רשימת שינדלר** (סטיבן ספילברג, ארה"ב, 1993), **רכבת החיים** (ראדו מיכאליאנו, צרפת, 1998) **ויעקב השקרן** (פטר קסוביץ', ארה"ב-צרפת-הונגריה, 1999).

הבריחה מסוביבור מגולל את סיפורם של אסירי הכפייה במחנה ההשמדה סוביבור, ומתאר את קורותיהם החל משגרת היום-יום הקשה במחנה, ועד להתנגדות ולמרד בנאצים שמסתיימים בבריחה, כפי שמופיעה בסוף הסרט. **רשימת שינדלר** מביא את סיפור הצלתם של למעלה מ-1000 יהודים על ידי התעשיין הגרמני אוסקר שינדלר, שמעסיק את היהודים במפעלו לייצור אמייל וכך מצילם. **רכבת החיים** מציג את סיפורה של עיירה יהודית טיפוסית במזרח אירופה, שבהצעת שוטה הכפר שלמה, בוחרת להקים רכבת משלוחים פיקטיבית, שתחת האמתלה של הובלת יהודים להשמדה, תסיע את בני הכפר לרוסיה ומשם לארץ ישראל. **יעקב השקרן** מתעסק בסיפורו של יעקב, יהודי אלמן שחי בגטו וכתוצאה מידיעה, ששמע במקרה ברדיו, אודות התקדמות הצבא האדום, נגרר למסכת שקרים וגוזמאות שלמה הגוררת אחריה את הגטו כולו.

ארבעת הנושאים בהם התמקדתי הנם: גאולה וזהות לאומית; גאולה ואלימות; גאולה וסבל; גאולה ואפוקליפסה.

הרקע למחקר

פנים רבות לה לגאולה – זהו מושג אבסטרקטי בעל משמעויות שונות בתחומים רבים: דת, היסטוריה, לאום, רוח – כולם מייצגים פרשנויות ואפשרויות שונות לאופן שבו ניתן לתפוש את הגאולה. יש שיגידו שהשואה מהווה אנטיתזה מוחלטת לגאולה. ברמת הפשט זה נכון – בציר שבין שואה לתקומה ובין חורבן לגאולה, ברור כי השואה מייצגת חורבן. ואף על פי כן, החיפוש אחר גאולה דווקא בולט במיוחד בעתות מלחמה ומשבר. פניה הרבות של הגאולה מאפשרות לחשוב על אופנים רבים שבהם נוצר החיבור שבין החיפוש אחר גאולה לבין השואה. סינתזה שכזו קיימת במדיומים רבים כמו ספרות ואמנות. הקולנוע, שהנו מדיום חזותי קונקרטי מתמודד עם ייצוג הגאולה, שהנה אלמנט אבסטרקטי, בהקשר הרגיש והבעייתי של השואה. בדיוק את המקום הזה, של מורכבות סבוכה אשר לא משתמעת לשתי פנים, מבקש מחקר זה לחקור.

שיטת המחקר

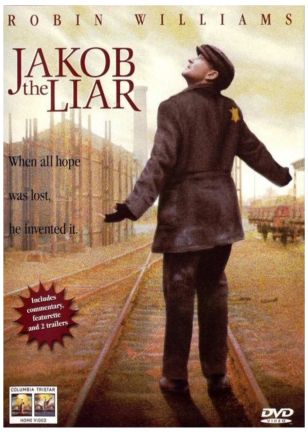
ניתוח סמיוטי, נרטיבי ופילוסופי של סצנות מרכזיות מתוך הסרטים הנדונים, על מנת לעמוד על טיב הסינתזה שנוצרת בין החיפוש אחר גאולה ובין האופן בו משתקפת השואה בכל אחד מן הסרטים. הניתוח עצמו התייחס, מחד גיסא, להקשר הספציפי של הסצנה בתוך הנרטיב העלילתי של הסרט, ומאידך גיסא שם דגש על ההקשר הנרחב יותר שניתן לייחס לאותה הסצנה בנרטיבים שונים, בין אם ברמה הישראלית או היהודית, העולמית, הדתית או החילונית, האתית והאסתטית.

ממצאים

גאולה וזהות לאומית

בסרטים **רכבת החיים**, **יעקב השקרן** ו**רשימת שינדלר** קיים ונוכח הקשר שבין גאולה ללאום. **רכבת החיים** מעלה את המתח האפשרי שבין הצלה לגאולה – שני מונחים שאינם סותרים זה את זה בהכרח. בסרט, שלמה, שוטה הכפר, מציע פתרון שיציל את יהודי השטעטל ממוות – הוא מציע לבנות רכבת משלוחים מפוברקת שתחת אמתלה של הובלת יהודים להשמדה, תוביל את היהודים לארץ ישראל. בסרט מוצגת הגאולה הלאומית המיוחלת – ההגעה של בני השטעטל לארץ ישראל. הגעה זו מצטיירת כחלום, שמסתבר בסוף כפיקציה. ב**יעקב השקרן**, מוצג מצב שונה בתכלית – הסרט מסתיים בעצירת רכבת משלוחים על ידי הצבא האדום. במקרה זה, החלום לא מסומן בבירור כפיקציה, ונשאר בגבולות האפשרי.

מתוך **רשימת שינדלר** (סטיבן ספילברג, ארה״ב, 1993)

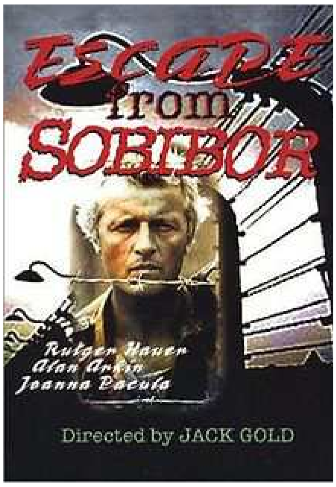


כרזת הסרט **יעקב השקרן** (פטר קסוביץ׳, ארה״ב-צרפת-הונגריה, 1999)

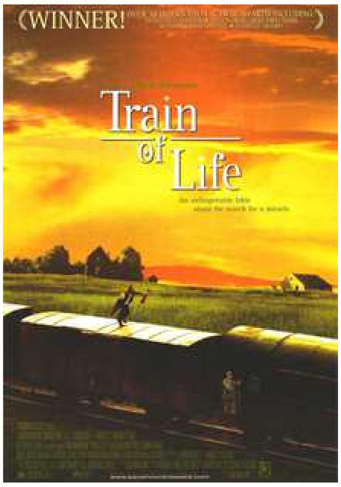
עוד עלה כי ב**רכבת החיים** קיימת התייחסות למעבר בין שואה לתקומה – הגאולה במקרה זה הנה החיבור הפיקטיבי שעושים שלמה והצופים בין הסצנה שבה היהודים והצוענים שהצטרפו אליהם חוצים את הגבול לרוסיה לבין ההגעה המתבקשת לבית הלאומי. מסתבר, כאמור, כי מדובר בפיקציה, דבר שגורם לחשוב על המעבר החלק שרבים עושים באופן מיידי בין שואה לתקומה. ב**רשימת שינדלר** מוצג מעבר בין שואה לתקומה שמדגיש את הגאולה הלאומית – ההגעה לארץ ישראל קודמת להינצלות עצמה.

גאולה ואלימות

בסרט **הבריחה מסוביבור**, האסירים מפעילים התנגדות אלימה על מנת לברוח ממחנה ההשמדה. על אף שההתנגדות של האסירים, מכורח הנסיבות, היא אלימה, הסרט בוחר שלא להתמקד בגרפיקה של האלימות. יוצרי הסרט יצרו מקצב מיוחד של הצגת האלימות בסרט – מקצב הגאולה. מקצב זה מכיל מנגנון השהייה, שמציג אלימות במשורה. השהייה זו יוצרת קתרזיס רגשי אצל הצופים שמתפרץ עם פריצת גדרות המחנות בידי האסירים. קיימים קווי דמיון בין אופן הצגתה של הגאולה במעמד פריצת הגדרות ב**הבריחה מסוביבור** לבין מעמד קריעת ים סוף המקראי, כפי שמשתקף בסרטים **עשרת הדיברות**, (ססיל ב. דה מיל, ארה״ב, 1956) ובעיקר ב**נסיך מצרים** (ברנדה ג׳אפמן, סטיב היקנר, סיימון וולס, ארה״ב, 1998).



הבריחה מסוביבור (ג׳יק גולד, בריטניה-יוגוסלביה, 1987)



רכבת החיים (ראדו מיכאליאנו, צרפת, 1998)

הסרט **ממזרים חסרי כבוד** (קוונטין טרנטינו, ארה״ב-גרמניה, 2009) מעלה סוגיה אתית – האם הגאולה הצפויה מצדיקה את האלימות והופכת אותה לאתית? בסרט האלימות מקבלת ממד תרפויטי בעודה מאפשרת לממזרים לנקום בנאצים ולהפוך את ההיסטוריה על פיה. ב**רכבת החיים** האלימות מיוצגת על ידי קבוצה של פרטיזנים לא מתוחכמים, שחושבים שרכבת המשלוחים המפוברקת של היהודים הנה רכבת אמיתית, ומוצגת בגיחוך רב.

גאולה וסבל

בדיון על גאולה וסבל, קל מאוד לחשוב על הסבל במונחים הירואים ואלטרואיסטים – הנכונות לסבול למען הכלל, להקריב מעצמך על מנת להציל אחרים ולגאול אותם. הסבל יכול להתפרש כאלמנט גואל ומציל. ב**יעקב השקרן**, יעקב אמנם מקריב עצמו על מנת ששקריו לא יחשפו. בהקרבה זו ניתן לזהות יסודות אלטרואיסטים

מובהקים ובראשם הנכונות לשמור על תקווה וקור רוח בקרב יושבי הגטו. לא הסבל הוא הגואל בסרט, אלא התקווה, העזרה והסולידריות.

סרט אחר, בו דווקא מוצגת גלוריפיקציה מובהקת של הסבל, הנו **אושוויץ** (אווה בול, קנדה- גרמניה, 2011). הסרט שמתיימר לנוע על הגבול שבין דוקומנטציה לסרט עלילתי מציג בעיקרו סצנות מבוימות של יום במחנה השמדה. הוא מנסה לגאול את הזיכרון על ידי הצגת כרוניקה פורנוגרפית של מוות; גאולה שהיא כלל לא גאולה אלא טקסט בעייתי שהסבל בלבד הוא לחם חוקו.

ב**רשימת שינדלר**, דרך הסבל הרב שמסב אמון גת (Göth), מפקד מחנה פלאשוב לאסירים היהודים, נוצרת אייקוניזציה של הרוע. גת מוצג כרשע המוחלט, תואר שמנוגד לאפיונו של שינדלר בסרט כמושיע. דיכוטומיה זו בעייתית על שום הצגה מגמתית של טוב ליבו של שינדלר, הצגה שאינה תואמת לגמרי את דמותו במציאות.

גאולה ואפוקליפסה

ניתן לראות באפוקליפסה (חזון אחרית ימים פסימי המתאר את קץ העולם, ומשמעותו המילולית 'ליקוי מאורות'), כהפך הגמור מגאולה. שני המושגים מבטאים מצבים דרמטיים. ב**רשימת שינדלר,** אושוויץ מצטיירת כסמל לאפוקליפסה. מוות שורר בכל פינה של המחנה. הן המוות והאפוקליפסה והן ההצלה נקשרים על ידי ספילברג באמצעות אלמנטים אסתטיים לגאולה, בצורה מלאת פאתוס ורליגיוזיות. ב**רכבת החיים**, וב**הפסנתרן** (רומן פולנסקי, צרפת-גרמניה-בריטניה-פולין, 2002) ניתן לראות שימוש באמצעים צורניים ואסתטיים על מנת להמחיש את המתח שבין אפוקליפסה וגאולה.

מסקנות

כשם שמושג הגאולה הוא סבוך ורב פנים, וכל הקשור בייצוגי השואה באמנות הוא כה עשיר ונרחב, כך נחשפתי בעבודה זו לעושר בלתי נגמר של סוגיות למחקר.

העבודה הצליחה לעמוד על חלק ממרכיביו של הקשר שבין החיפוש אחר גאולה ל"סרטי שואה" – בכל אחד מן הפרקים ניתן לראות כי הגאולה מטעינה את הסרט במטענים שונים, אם במטענים רגשיים ואם במטענים אידאולוגיים, אם במטענים דתיים ורוחניים ואם במטענים חילוניים וביקורתיים. יתכן כי המאפיין את הגאולה בכל המקרים הוא מעבר ממצב אחד למשנהו. הגאולה מציינת מצב של התעלות, לאו דווקא רוחנית ומיסטית, איזושהי סינרגיה שמטעינה את היצירות במטענים חדשים, על בסיס אלו שכבר היו קיימים בה קודם לכן.

תחום אחד שלטעמי יש מקום לשים עליו את הדעת, ומפאת קוצר היריעה לא יכולתי להתעסק בו כפי שהייתי מבקש, הנו כל הקשור בהשלכות הדתיות שמלוות את הגאולה, בהתייחס לדתות המונותאיסטיות ובייחוד בהתייחס ליהדות ולנצרות, שמזוהות במידה זו או אחרת עם במאֵי הסרטים שנדונו בעבודה. מכל מקום, סבורני כי הגאולה בסרטים הנדונים אינה קשורה בהכרח באמונה דתית, והדת אינה עומדת בראש מעייניהם היצירתיים של הבמאים. לפיכך, בחרתי להתמקד בנושא זה פחות.

מחשבות לעתיד

אני מקווה להתמקד במחקרי בעתיד במוטיבים של חיפוש אחר גאולה, בהקשר של השואה, בקולנוע ישראלי, תיעודי ועלילתי.

ביבליוגרפיה עיקרית

ארנדט, חנה. **אייכמן בירושלים: דו"ח על הבנאליות של הרוע.** תרגום: אריה אוריאל. תל אביב: בבל, תש"ס, 2000.

פרידלנדר, שאול. **קיטש ומוות: על השתקפות הנאציזם.** תרגום: ג'ני נבות. ירושלים: כתר, 1985.

פרנקל, ויקטור. **האדם מחפש משמעות.** תרגום: חיים איזק. תל אביב: דביר, 1970.

צוקרמן, משה. **חרושת הישראליות: מיתוסים ואידיאולוגיה בחברה מסוכסכת.** תל אביב: רסלינג, 2001.

קלר, הלגה, עורכת. **עולם בדים: אנתולוגיה לאמנות הקולנוע**. תל אביב: עם עובד, תשל"ה, 1974.

רביצקי, אביעזר. **הקץ המגולה ומדינת היהודים: משיחיות, ציונות ורדיקליזם דתי בישראל**. תל אביב: עם עובד, תשנ"ג, 1993.

רכלבסקי, ספי. **חמורו של משיח.** תל אביב: משכל (פרוזה), 1998.

שגב, תום. **חיילי הרשע: מפקדי מחנות הריכוז.** ירושלים: דומינו, 1987.

המיליון השביעי: הישראלים והשואה. ירושלים: כתר, 1991.

תולדות האמנות בהדגשה על התנסות, הבעה-יצירה ופילוסופיה של האמנות

חניכה: תרון גמליאל, מושב אשרת
מנחה-עמית: ד"ר דורון איליה, המכללה האקדמית הערבית לחינוך, חיפה

הילד הוא "פרה-אמן" סקרן, ספונטני בהבעותיו, הוא הבסיס עליו מתפתח בוגר יוצר או אמן בוגר. הוא למעשה זה הממשיך ומלווה כל בוגר בזיכרונותיו וברגשותיו.

זה הרעיון המרכזי שליווה אותנו במהלך הפרויקט שבו ניתנו תנאים אידאליים להבעה וליצירה. כפי שכתב רוסו בהקדמה לספר "אמיל", ומצוטט על ידי Moore (1996):

"דמיין לעצמך סגנון חינוכי שאינו מנסה לשנות את הילד או להפכו למבוגר, אלא מאפשר לילד מקום שבו יוכל לפרוח כילד. מקום שבו למונח חינוך משמעות כ"הובלת הילד לחוץ", לא את הבוגר הכלוא בגוף ילד. חינוך כזה מבקש מהמבוגר לתת אמון מלא וביטחון כי הילד אכן יגלה את העולם, ילמד את דרכיו וטבעו עם חלוף הזמן" (עמ' 54).

הבריחה/בריחה/מילוט

בציור מתוארת דמות שידיה מכסות את פניה, מעליה שלושה חלונות מוארים בצהוב על הרקע השחור. הציור בא להציג את תחושת הרצון לברוח מכל המחשבות המטרידות ללא הרף, הנמצאות בתודעה, בעיקר בשעות הערב, כלומר התודעה עצמה היא מעין כלא עצמי וישנו ניסיון לצאת ממנו – הבעיות עצמן אינן מטרידות אלא המחשבות עליהם.

במהלך העבודה הועלו חומרים אישיים שהיוו את הבסיס ליצירות שאפשרו תקשורת תוך אישית עם "קולו של הילד הפנימי". מושג הילד הפנימי (2000) Elia, מתייחס לתהליך של "גדילה צעירה", שבו הבוגר ממשיך

להביע ולהשתמש בתכונות הילדות שלו גם בבגרות, תכונות כמו: סקרנות, משחקיות, התלהבות, פתיחות, מקוריות, גמישות ושימוש בהומור, כפי שכתב Montagu (1983) בספרו Growing Young.

המודל לפרויקט הוא ספרה של אליס מילר, Pictures of childhood (1995), שהוא בעיקרו אלבום לעבודותיה בציור ב-30 השנים האחרונות, ובו היא מציירת את הרגשות הסמויים של ילדותה בתהליך שעזר לה לבוא במגע עם הילדה הפנימית שלה.

זעקה

הציור מתאר אדם האוחז את ראשו בידיו, בחוזקה. הוא זועק בפה פעור, ומבט חרד ניכר על פניו. הציור נעשה בהשראת עטיפת האלבום In the court of the crimson king מאת King Crimson. האלבום נפתח בשיר "האדם הסכיזואידי של המאה ה-21". בציור ניסיתי לדמות גם את צעקת השיממון של הפועל הפשוט (לא מדובר ממש בפועל בשיר, אך הרקע המוזיקלי של השיר מזכיר קולות מפעל), העולה בעיני משיר אחר We carry on של להקת Portishead. הציור של העטיפה נראה בעיני גאוני ומרהיב, והרגשתי צורך לצייר בהשראתו. הציור בא בעיקר להביא ביקורת על תחושת החוסר זמן והעשייה המרובה של אנשים במאה הנוכחית, הגורמת להם לתסכול מודחק ועייפות מצטברת. המעניין בשיר "האדם הסכיזואידי של המאה ה-21", שהוא נכתב למעשה בשנת 1969, ועם זאת הוא אכן רלוונטי למאה המדוברת.

21st Century Schizoid Man / King Crimson

Cat's foot iron claw
Neuro-surgeons scream for more
At paranoia's poison door
Twenty-first century schizoid man.
Blood rack barbed wire
Politicians' funeral pyre
Innocents raped with napalm fire
Twenty-first century schizoid man.
Death seed blind man's greed
Poets' starving children bleed
Nothing he's got he really needs
Twenty-first century schizoid man.

ביבליוגרפיה

איליה, ד. (2000), עבודת מחקר כחלק ממילוי חובות לתואר שלישי באוניברסיטת "אנגליה פוליטכניק" בלונדון לקראת תואר PHD בבית הספר לחינוך – "נגיעה במספר תכונות של הילד הפנימי בבוגר על ידי התנסות באמנות ויזואלית – פיתוח מתודולוגיה ייחודית בעבודה עם קבוצת מורים".

MILLER, A. (1995). *Pictures of childhood*. London, Vertigo Press.

MONTAGU, A. (1983). *Growing young*. New York, McGraw Hill.

MOORE, T. (1996). *The re-enchantment of everyday life*. New York, Harper Collins Inc.

אופן השימוש בדיסוננסים בפוגות בלה במול מז'ור שנכתבו על ידי באך ושוסטקוביץ' – מבוא תאורטי

חניכה: עידית רז, יסוד המעלה
מנחה-עמית: פרופ' איתן שטיינברג, מרכז לאמנויות, אוניברסיטת חיפה

מבוא תאורטי

פוגה (שילוב של שתי מילים בלטינית שפירושן לרדוף ולתפוס): מבנה מוזיקלי, הנמצא בשימוש החל מהמאה ה-14, ומבוסס על חיקוי ועל פוליפוניה (מוזיקה רב-קולית). 'פוגה' הינה סוג של יצירה, אך גם טכניקה מוזיקלית בתוך יצירה בעלת מבנה אחר. המושג פוגה כפי שמתייחסים אליו היום מתייחס לפוגה הבארוקית של המאה ה-18. למרות חשיבותה והתבלטותה של הפוגה על צורותיה השונות, במוזיקה המערבית מימי הביניים ועד ימינו, אין הסכמה ברורה על מאפייניה, מלבד עקרון מופע הקולות באקספוזיציה (החלק הפותח של הפוגה) ועקרון החיקוי בין הקולות.

מבנה הפוגה: הפוגה מתחילה בתצוגה (אקספוזיציה), שבה מוצגים הנושאים בכל הקולות. תחום האקספוזיציה הוא תחום הופעת כל הקולות. אחד הנושאים מתחיל עם הנושא בסולם הטוניקה, ורק כאשר הוא מסיים נכנס הקול הבא עם אותו נושא בדומיננטה. במקביל לתשובה, בקול הראשון ישנו "נושא נגדי" (קונטרפונקט המלווה את הנושא במרבית כניסותיו לאורך הפוגה). הנושא יחזור ויופיע בסולם הטוניקה בכניסה הבאה של קול חדש. לאחר האקספוזיציה מופיע פיתוח המורכב מאינטרלודים וכניסות נושאים לסירוגין. הפיתוח הינו אזור חופשי יותר גם מבחינה הרמונית, ובו ישנה אפשרות לבצע 'גלישות' לסולמות אחרים (מודולציות). בסיום הפוגה, לעיתים קרובות, ישנה קודה: סיום שבו מופיע לרוב הנושא בצורה ברורה, באחד הקולות.

דיסוננס: (במוסיקה) צריר, חוסר הרמוניה, צירוף צלילים הצורם את האוזן. הגדרה נוספת: (בהשאלה) מעשה או התנהגות הנוגדים בצורה חריפה את ההשקפות או הנימוסים המקובלים (מתוך מילון אבן שושן). ממילון אינטרנטי FARLEX: אכזריות, שילוב לא נעים של צלילים, מחלוקת.

מהגדרות אלו ניתן ללמוד, שדיסוננס הוא מונח שניתן להשתמש בו לא רק במוזיקה, אלא בתחומי חיים נוספים, וכי המשמעות של המילה היא חוסר התאמה או צרימה.

באופן מדעי, יחס דיסוננטי בין שני צלילים נובע מהתדרים שלהם, הקרובים אחד לשני. ההפך של דיסוננס הינו קונסוננס, שהוא צירוף צלילים הנעים לאוזן.

המרווחים הדיסוננטיים ביותר הינם סקונדות גדולות וקטנות (2), טריטון = קוורטה מוגדלת או קווינטה מוקטנת (+4 או -5), ספטימות גדולות וקטנות, (7) ונונות גדולות וקטנות (9). בתקופות מסוימות גם הקוורטה הזכה (4) נחשבה למרווח דיסוננטי ודרשה פיתרון קונסוננטי.

לאורך ההיסטוריה השתנה היחס לדיסוננס ושילובו במוזיקה המערבית. לדיסוננס היה תפקיד של יצירת תנועה, מתח, ומעבר בין הצלילים הקונסוננטיים – על מנת שתהיה תנועה בין הצלילים, נהוג לשלב דיסוננסים ליצירת מתח, כך שהאוזן "תבקש" פיתרון. הדיסוננס במוזיקה המבוססת על הרמוניה פוקציונלית הוא כלי ליצירת תחושת כיוון טונאלי. מהתקופה הרומנטית ואילך, ובעיקר במוזיקה המודרנית של המאה ה-20, הורחב השימוש בדיסוננס, בין היתר בעקבות פריצת הגבולות הטונאליים והשימוש בהרמוניה כרומטית. בחלק מסגנונות המוזיקה האמנותית של המאה ה-20 הדיסוננס נחשב כנורמטיבי ושווה ערך לקונסוננס, ללא משמעות נוספת או מרכיב תנועתי.

שאלת המחקר

השימוש של באך בדיסוננסים פרובוקטיבי ויוצר לעתים חספוס ואינטנסיביות. מכאן הועלו שלוש שאלות:

1. מהו הדיסוננס?
2. כיצד באך 'מטפל' (הכנה ופתרון) בדיסוננסים בפוגה?
3. כיצד מלחין מתקופה אחרת 'מטפל' בדיסוננס בפוגה?

השערת המחקר

בחרתי לחקור את הפוגה בלה במול מז'ור (Ab) של יוהן סבסטיאן באך (מלחין מתקופת הבארוק), מתוך הספר הראשון של הפסנתר המושווה (24 פרלודים ופוגות, כשכל אחד מהם בסולם אחר), ופוגה באותו הסולם של דמיטרי שוסטקוביץ' (1906-1975) מתוך ספר הפרלודים והפוגות לפסנתר שנכתב בשנת 1951 בהתייחסות לבאך. ניתחתי כל פוגה בנפרד, ולאחר מכן השוויתי את התוצאות. המחקר הסתמך על השלבים הבאים:

1. ניתוח הרמוני (על מנת לבדוק את ההתייחסות של שני המלחינים לטונאליות).
2. ניתוח קונטרפונקטי (בדיקת הולכת הקולות).
3. אופן הטיפול בדיסוננס, מידת השימוש בו וסוגי הדיסוננס הבאים לידי שימוש.

השימוש בדיסוננס אצל באך נובע משתי פרוצדורות:

1. תשתית אנכית הרמונית פונקציונאלית של יצירת מתח ופתרון.
2. תשתית אופקית הולכת קולות.

ההשערה שעל פיה עבדתי היא שבין הפוגות יש הבדל בדרך הטיפול בדיסוננס: בפוגה מאת באך הטיפול יהיה על פי חוקי הולכת הקולות והפונקציונליות, בעוד הטיפול בפוגה של שוסטקוביץ' יהיה חופשי יותר. בנוסף,

המעברים בין המרכזים הטונליים בפוגה של שוסטקוביץ' יהיו פחות נורמטיביים (בהשוואה לחוקי טונאליות הפונקציונאלית), ויותר כרומטיים.

חקר-ניתוח: פוגה מאת באך

מבנה הרמוני: סולם הפוגה הינו לה במול מז'ור (Ab). בחלק הפיתוח ישנו מעבר לפה מינור (Fm = המינור המקביל), ומשם לסי במול מינור (Bbm). לאחר מכן חוזרים לטוניקה בעזרת הדומיננטה Eb.

Ab → Eb → Fm → Bbm → Cm → Fm → Bb → Eb → Ab

המעבר לסי במול מינור מתרחש בתיבות 14- 18, בעזרת המז'ור המקביל של סי במול מינור - רה במול מז'ור.

את המבנה ההרמוני של הפוגה ניתן לראות גם בדרגות שבהן נכנסים הנושאים:

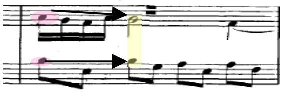
נושא מס'	דרגה
.1	Ab
.2	Eb
.3	Ab
.4	Eb
.5	Ab
.6	Fm
.7	Bbm
.8	F Phrygian
.9	Eb
.10	Ab
.11	Ab
.12	Fm
.13	Eb
.14	Fm
.15	Ab

מכאן ניתן לראות כי הדרגות המרכזיות בפוגה הינן I (Ab), ii (Bbm), V (Eb) vi (Fm).

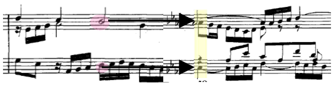
בשלב הפיתוח המעבר הינו לסולמות קרובים יחסית לסולם הטוניקה, ללא מודולציות חריגות.

יחס לדיסוננס: באך עיגן את הדיסוננסים בחוקי הולכת הקולות:

1. דיסוננס שנפתר מלמעלה ומלמטה: על מנת לחזק את הפתרון ישנה תנועה מעל לצליל הפתרון ומתחתיו (דוגמה: תיבה 3).



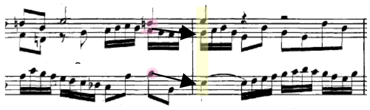
2. פתרון על ידי צליל עובר תחתון: הדיסוננס יורד באותו הקול צליל אחד על מנת להגיע לקונסוננס (דוגמה: תיבות 9-10).



3. פתרון על ידי צליל עובר עליון: הדיסוננס עולה צליל אחד על מנת להיפתר לקונסוננס
4. פתרון על ידי צליל שוהה: באחד הקולות ישנו צליל ארוך, ובקול אחר ישנה תנועה של צלילים שיוצרת דיסוננס ואת פתרונו (דוגמה: תיבה 6).

5. דיסוננס על פעמה חזקה: דיסוננס המופיע על פעמה חזקה והפתרון הקונסוננטי מופיע על פעמה חלשה. בכך מודגש הדיסוננס (דוגמה: תיבה 35).

6. דיסוננס על פעמה חלשה: דיסוננס המופיע על פעמה חלשה, ופתרונו הקונסוננטי על פעמה חזקה. בכך מודגש הפתרון. (דוגמה: תיבות 22-23).



ניתוח: פוגה של שוסטקוביץ׳

מבנה הרמוני: לאורך כל הפוגה ישנו משחק בין הטוניקה (Ab) לבין המינור המקביל (Fm), אבל בלי הטון המוביל שלו (E). דוגמה: בתיבה 18 יש מעבר לF, אבל בעזרת דומיננטה מינורית (Cm). מעבר זה נוגד כלל חשוב בהרמוניה, שלפיו כל דומיננטה חייבת להיות מז׳ורית, על מנת להדגיש את המשיכה לטוניקה.

בפוגה זו שלב הפיתוח הנו חופשי יותר, וכולל מודולציות לסי מז׳ור ולסול מז׳ור, שאין להם קשר ישיר עם סולם הטוניקה (פירוט למטה).

מבנה: Ab → F → Cm → B → G → Dm → Ab → F → Dm → Eb → Bbm → Ab

מעברים הרמוניים חשובים:

1. תיבות 30-31: מעבר מסולם Cm לסולם B.
2. תיבות 36-37: מעבר מסולם סול דיאז מינור (G#m) לסולם סול מז׳ור (G).

בתיבה 55 ישנה האטה, ולאחריה, בתיבות 56-61 ישנה רפריזה (חזרה) מדויקת על תיבות8-14. מונח זה הינו חלק ממרכיבי צורה מוזיקלית רווחת: תצוגה פיתוח וחזרה. ההאטה בתיבה 55 הנה הדגשה לכך שזוהי פוגה שנכתבה בסגנון מודרני, בתקופת הבארוק לא היה מקובל לשנות את הקצב באמצע היצירה.

יחס לדיסוננס: לאורך הפוגה השימוש בדיסוננסים הינו "עדין" יותר מזה של באך מצד אחד ומאידך פחות טונאלי. אין דיסוננסים צורמים, שיוצרים מתח. מרבית הדיסוננסים הינה תוצאה של תהליכים ליניאריים של הולכת קולות. במקומות בעלי משמעות (הכנה לרפריזה, מודולציה) ישנם דיסוננסים רבים יותר (דוגמאות: תיבה 26: לפני המודולציה ל-B, תיבה 52: לפני הרפריזה).

הבחירה במשקל לא סימטרי (5/4) יוצרת אפשרות להתייחס לפעמה השלישית כחלשה. על פעמה זו מופיעים מרבית הדיסוננסים.

שימוש בדיסוננס שלא על פי חוקי הולכת הקולות:

תיבה 11: ברבע השלישי ישנה קפיצה מדו ופה לפה ומי במול. הקפיצה היא מדו לפה, והיא אינה מעוגנת בהולכת קולות. ההסבר הינו שהדו מצלצל עוד מתחילת התיבה, בעוד הפה ממשיך מנגינה שהייתה קודם לכן בסופרן (מי רה מי).

סיכום

הרמוניה: שתי הפוגות מתפתחות על פי בסיס דומה (מעבר לפה מינור ולסי במול מינור), אך בפוגה המודרנית הפיתוח 'הולך רחוק יותר' לסולמות הרחוקים יותר מהטוניקה (למשל סי מז'ור וסול מז'ור).

היחס לדיסוננס

1. בפוגה המודרנית הדיסוננסים פחות בולטים ולרוב מופיעים על פעמות חלשות.
2. בשתי הפוגות הדיסוננסים נוצרים ונפתרים על פי כללי הולכת הקולות, אך בפוגה של שוסטקוביץ' ישנם פתרונות שהם לא באמת על פי הולכת הקולות, אלא על פי הולכת קולות מדומה שנשמעת אצל המאזין ועל הנייר אפשר לראות כי זוהי למעשה 'קפיצה'.

מכאן ניתן לסכם כי הפוגה המודרנית נכתבה ביחס לפוגה הבארוקית וניתן לראות נקודות דמיון ביניהן, אך היא עדיין שומרת על גוון מודרניסטי.

השוואה בין נושאי הפוגות

1. שני הנושאים מתחילים באותו המרווח באותם הצלילים (קווינטה זכה מלה במול למי במול).
2. מבחינה ריתמית: הנושא בפוגה של באך מורכב רק משמיניות, ובנושא בפוגה המודרנית מורכב ברובו משמיניות, רבעים ומעט חלקי שש עשרה.
3. הנושא של באך טונאלי: מורכב מפירוק של אקורד הטוניקה וסיום בדומיננטה, תוך הכנסת הדרגה השישית – Db. לעומת זאת בנושא של שוסטקוביץ' ישנה יציאה מהטונליות של הסולם בתיבה הראשונה (ישנו רה בקר, שמהווה חריגה מהסולם).