

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

האוניברסיטה הפתוחה
המחלקה למתמטיקה ולמדעי המחשב

חקירת מגמות העשור האחרון בכנסי - SIGCSE

Technical Symposium on Computer Science Education

עבודת תזה זו הוגשה כחלק מהדרישות לקבלת תואר
"מוסמך למדעים" M.Sc. במדעי המחשב
באוניברסיטה הפתוחה
המחלקה למתמטיקה ולמדעי המחשב

על-ידי
עידו קרלן

העבודה הוכנה בהדרכתה של פרופ' יהודית גל-עזר

ספטמבר 2018

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

תודות

ראשית, תודה לדינה – אשתי היקרה, על התמיכה והדחיפה לסיים בהצלחה את עבודת התיזה שלי, ולתומר בני – על זה שעצם לידתו גרמה לי לרצות להתקדם בעבודה.

לפרופ' יהודית גל-עזר על ההנחיה וההכוונה לכל אורך העבודה, על בחירת הנושא המעניין לעבודה ועל כך שצעדה איתי עד לקו הסיום.

למשפחה שתמכה בי החל מתחילת לימודי,

המפקדים בצבא שאפשרו לי ללמוד ועזרו עם העומס בשתי המסגרות,

ואחרונים והחשובים ביותר – הקוראים של העבודה, תודה!

תוכן

1.....	תקציר העבודה	1
3.....	מבוא	2
4.....	רקע ואירועים מעצבים	3
4.....	קורסי AP	3.1
5.....	הקמת ארגון CSTA	3.2
5.....	פרסום דו"ח "Running On Empty"	3.3
7.....	הצהרת "CS For All"	3.4
7.....	יוזמת Promote Computer Science / CODE.ORG	3.4.1
9.....	דוחות החברה המלכותית הבריטית	3.5
11.....	מטרת העבודה	4
12.....	שיטות המחקר	5
14.....	הצגת התוצאות וניתוחן	6
15.....	מדינות המוצא של מחברי המאמרים	6.1
19.....	שפות תכנות	6.2
23.....	ביקוש ללימודי מדעי המחשב (תואר ראשון)	6.3
26.....	שכבות הגיל	6.4
28.....	קורסים עליהם מתבסס המאמר	6.5
30.....	הלהבה וחיבור של הסטודנטים למקצוע	6.6
32.....	מורים	6.7
35.....	מגוון אוכלוסיות הסטודנטים	6.8
35.....	נשים במדעי המחשב	6.8.1
37.....	מיעוטים במדעי המחשב	6.8.2
41.....	הגנה והתקפה במרחב המקוון	6.9
44.....	הצצה לכנס 2018	7
46.....	דיון ומסקנות	8
49.....	כיווני מחקר נוספים	9
50.....	ביבליוגרפיה	10
53.....	נספחים	11
53.....	נספח א'	

רשימת טבלאות ואיורים

טבלאות

- טבלה 1 - מדינות מחברי המאמרים לכנסים : 16.....
טבלה 2 - מדינות מחברי המאמרים בתוך ארה"ב : 17.....
טבלה 3 - דוגמה השפעת ההטייה לארה"ב על מגמות בכנס : 18.....
טבלה 4 - 5 שפות התכנות המובילות והמאמרים העוסקים בהן : 20.....
טבלה 5 - דירוג שפות התכנות של חברת TIOBE לשנת 2017 : 21.....
טבלה 6 - טבלת מספר המאמרים העוסקים בחינוך לגילאי K-12 מתוך המאמר [11] : 45.....

גרפים

- גרף 1 - מספר הלומדים את קורס מדעי המחשב א' : 4.....
גרף 2 - אחוז וכמות המאמרים, 3 המדינות הנפוצות : 18.....
גרף 3 - מגמות בשפות תכנות : 20.....
גרף 4 - 5 שפות התכנות המובילות : 21.....
גרף 5 - השפות המובילות בעולם על פי TIOBE : 22.....
גרף 6 - מספר המאמרים העוסקים בביקוש למדעי המחשב לפי שנה : 23.....
גרף 7 - מספר מסיימי מדעי המחשב בארה"ב לפי שנים : 24.....
גרף 8 - מספר המאמרים ומספר הבוגרים לפי שנים : 25.....
גרף 9 - שכבות הגיל לאורך השנים : 26.....
גרף 10 - קורסים בסיסיים ומתקדמים : 28.....
גרף 11 - קורסים בסיסיים והוראת מדעי המחשב ל K-12 : 29.....
גרף 12 - נושאים להלחבת סטונדטים בתחום לימודיהם : 31.....
גרף 13 - עיסוק במדעי המחשב אל מול עיסוק בהלחבת הסטונדטים : 31.....
גרף 14 - מאמרים העוסקים במורים : 32.....
גרף 15 - עיסוק במורים ועיסוק בחינוך בשכבות K-12 : 33.....
גרף 16 - מגמת עיסוק בנשים : 35.....
גרף 17 - מסיימי תארים במדעי המחשב בארה"ב - 2004-2014 : 36.....
גרף 18 - מאמרים העוסקים בנשים מול הנשים המסיימות תארים : 36.....
גרף 19 - מגמת עיסוק בשילוב מיעוטים : 37.....
גרף 20 - מספר הבוגרים בארה"ב על פי שנים בחלוקה למיעוטים ולשאר : 38.....
גרף 21 - אחוז הבוגרים המיעוטים בארה"ב : 39.....
גרף 22 - אחוז המיעוטים הבוגרים ומספר המאמרים העוסקים בנושא : 39.....
גרף 23 - מאמרים העוסקים בהגנה ובהתקפה במרחב המקוון : 41.....

1. תקציר העבודה

בעבודת תזה זו חקרנו את המגמות העיקריות שבאות לידי ביטוי בעשור האחרון (2008-2017) במאמרי כנס Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE. בכנסי העשור הוצגו מעל ל-1,300 מאמרים.

להלן עיקרי המגמות שנמצאו:

- **מדינות המוצא של מחברי המאמרים** – מצאנו שבאופן ברור 77% מהמאמרים נכתבו במעורבות כותבים אמריקאים. ממצא זה מראה כי הכנס מוטה למגמות אמריקאיות, ובכך הופך לפחות גלובאלי.
- **שפות התכנות בהן עוסק המאמר** – באופן יחסי במאמרי הכנס יש שימוש במגוון של שפות, רובם מתאימים למגמה העולמית.
- **ביקוש ללימודי מדעי המחשב (תואר ראשון)** – ראינו קשר הפוך ברור בין מספר בוגרי תואר במדעי המחשב בארה"ב לבין מספר המאמרים העוסקים בנושא של ביקוש ללימודי מדעי המחשב.
- **שכבת הגיל** – ראינו עליה משמעותית בשני כנסים – 2010 ובשנת 2017, וזאת בעקבות עיסוק בדו"ח אמריקאי הסוקר את מצב ההוראה בגילאים הצעירים (2010) וביוזמת הנשיא אובמה להוראת מדעי המחשב בגילאים אלו (2017).
- **קורס עליו מתבסס המאמר** – ראינו מגמה ברור לכתיבה על קורסים ראשוניים במדעי המחשב, המתאימה למגמה להוראת מדעי המחשב לגילאים הצעירים. התאמה זו נובעת כנראה מהמשכיות תהליך הלימוד – ההסתכלות המתפתחת שעל פיה יש תהליך המשכי של לימודי מדעי המחשב החל מחטיבת הביניים לתיכון לתחילת התואר הראשון.
- **הלהבת הסטודנטים במדעי המחשב** – ראינו שיש שלוש כיוונים משמעותיים החוזרים בין הכנסים – עיסוק במשחקי מחשב, ברובוטים, ובקורסים רב חוגיים. ראינו שהעיסוק בשיטות להלהבת הסטודנט וליצירת עניין בלימודיו תואמות לחלוטין את המגמות והשנים בהן עסקו בביקוש למדעי המחשב, שכן שניהם עונים על הצורך להעלות את מספר הנרשמים למדעי המחשב, ומספר המתחברים למקצוע וממשיכים ללמוד אותו.
- **מורים** – בדומה לעיסוק בהוראת מדעי המחשב לגילאים הצעירים, גם כאן העלייה המשמעותית ביותר היא בשנת 2010 ושנת 2017, ומסיבות דומות מאוד.
- **גיוון אוכלוסיות** – נשים ומיעוטים במדעי המחשב
- **נשים** – ראינו שיש קשר ברור בין הירידה באחוז הנשים המסיימות תואר במדעי המחשב, לבין העלייה במספר המאמרים העוסקים בנושא בכנס.
- **מיעוטים ואוכלוסיות מיוחדות** – באותו אופן – יש ירידה במספר הבוגרים המגיעים מאוכלוסיות מיעוט בארה"ב, לבין עלייה בעיסוק בתחום.
- **הגנה והתקפה במרחב המקוון** – בתחום זה ראינו כי אירועי סייבר משמעותיים בעלי תהודה עולמית גורמים לעלייה בעיסוק בנושא זה בכנסים בשנה העוקבת.

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

באופן כללי – ראינו קשר איכותי בין המגמות העולמיות לבין הצורה בה הן משתקפות בכנסים לאורך העשור.

נציין שוב את העובדה כי אירועים אמריקאים מייצרים עליה/ירידה גדולה יותר (שאינה פרופורציונאלית -הירידה/עליה בכנסים משמעותית יותר מהשפעתם על העולם) וזאת עקב ריבוי מאמרים הנכתבים על ידי כותבים אמריקאים.

2. מבוא

ארגון ACM (Association for Computing Machinery) הוא הארגון הבינלאומי הגדול ביותר למדעי המחשב ומחשוב (ACM, n.d.), והוא מאגד בתוכו את העוסקים במקצועות המחשוב בעולם כולל אקדמאיים ואנשי תעשייה. בארגון חברים בהתנדבות מעל ל-100 אלף חברים מ-100 מדינות שונות – אנשי הוראה, מרצים ומורים.

ACM מהווה "ארגון אב" ותחתיו נמצאים מספר תתי ארגונים (נקראים גם "קבוצות עניין מיוחדות" – SIG – Special Interest Groups) ובהם גם ארגון SIGCSE (Special Interest Group on Computer Science Education). מטרת ארגון SIGCSE היא לשפר ולחלוק ידע בנושאי הוראת מדעי המחשב, לפתח מנגנונים, סילבוסים ועוד, וחברים בו כ-3300 אנשי מקצוע והוראה.

מידי שנה מקיים ארגון SIGCSE שלושה כנסים:

- **SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education** הוא המתקיים מידי שנה בחודשי פברואר-מרץ בארה"ב, ומוצגים בו מעל למאה מאמרים העוסקים בהוראת מדעי המחשב (בכל שנה נבחר נושא מוביל לכנס). בשנת 2018 השתפו בכנס למעלה מ-1700 משתתפים.
- **ITiCSE - Innovation and Technology in Computer Science Education** – כנס שנתי המתקיים בסוף יוני באירופה (התקיים בשנת 2012 בישראל). בתחילה עסק הכנס בעיקר בחדשנות וטכנולוגיה בהוראת מדעי המחשב, אך בשנים האחרונות הוא די דומה ל-symposium והוא נחשב לכנס האירופאי של ה-SIGCSE, ומגיעים אליו מידי שנה כ-200 משתתפים. בכנס מתקיימות קבוצות עבודה, בהן המשתתפים לוקחים חלק פעיל בגיבוש התכנים וההכוונות שיצאו מהכנס.
- **ICER - International Computing Education Research** – בדרך כלל מתקיים באוגוסט, לסירוגין בארה"ב ומחוצה לה. הכנס הוא מצומצם – כ-80 משתתפים. בכנס מוצגים מאמרים ברמות שונות, ויש סדנאות שמובלות על ידי מומחים בתחום ובהם יכולים המשתתפים לקבל משוב על עבודתם ולהעמיק בעבודות שהוצגו. הכנס נחשב ככנס היותר מחקרי מבין השלושה.

המאמרים המתקבלים לכלל הכנסים עוסקים במגוון נושאים – מהוראת מדעי המחשב מגילאי בית הספר היסודי ועד לתארים מתקדמים, בניית סילבוסים, קורסים, שיטות, הכשרת מורים, סדנאות ועוד.

במחקר בחרנו לחקור את כנס SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education – הוא הגדול ביותר מבין השלושה, הן מבחינת מספר המשתתפים והן מבחינת מספר המאמרים המתקבלים אליו, ולכן חקר המגמות שבו יהיה המעניין ביותר.

3. רקע ואירועים מעצבים

בהמשך התיזה נציג מאמרים שפורסמו ונושאים שבהם עסקו במהלך העשור הנחקר (2008-2017), אך ישנם מספר אירועים שקרו ברקע (או בשנים שקדמו לעשור זה), שהם מחוץ לגבולות המחקר, שמשפיעים עליו באופן עקיף. נסביר ונתאר כאן מספר נושאי רקע כאלה:

3.1 קורסי AP

קורסי AP (Advanced Placement) (Wikipedia) הינם קורסים הנלמדים במסגרת לימודי התיכון ומזכים בנקודות זכות אקדמאיות. הקורסים מכילים חומר אקדמי מהסמסטרים הראשונים בתואר, ומבוקרים על ידי סגל ההוראה האקדמי שמבטיח את רמתם האקדמית. לכל קורס כזה יש מבחן ובו ציון (5-1), ומעבר המבחן הוא שקובע את הזכאות בנקודות. הקורסים ניתנים במגוון של נושאים – החל מהתיאוריה של המוזיקה, לטינית, תרבות צרפת ועוד, מתמטיקה, וכמובן בנושאי מדעי המחשב.

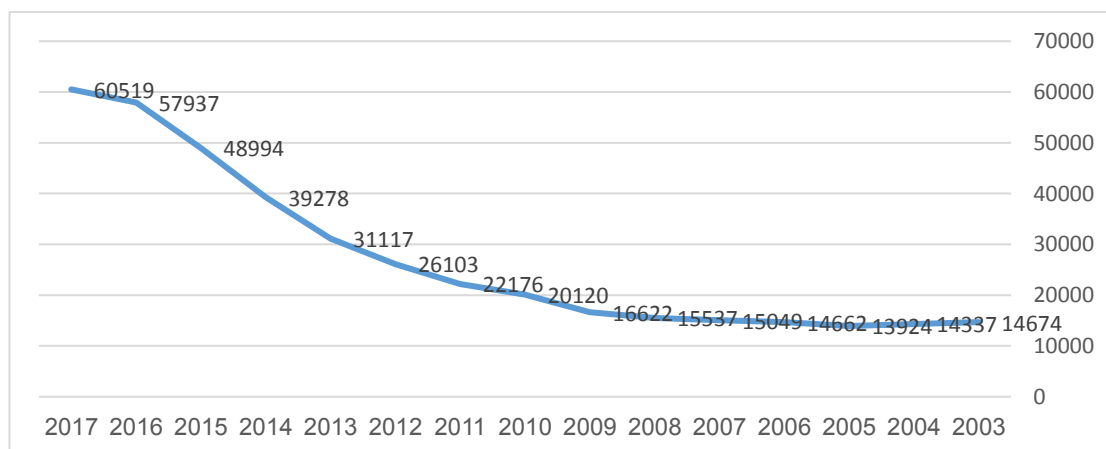
קורסי מדעי המחשב עברו שינויים בשנים האחרונות –

ישנם שני סוגי קורסים אותם ניתן ללמוד במתכונת AP –

- מדעי המחשב א' (Wikipedia) – קורס העוסק במבוא לתכנות ובחשיבה מבוססת עצמים. בעבר נלמד הקורס בשפת פסקל, עד לשנת 1999, אז עבר הקורס להוראה ב-C++. לאחר מכן בשנת 2003 הוחלפה שפת התכנות הנלמדת בקורס ל-Java הנלמדת עד היום. בין הנושאים הנלמדים בקורס – קריאה והבנה של תוכנה, תכנות מונחה עצמים, מבני נתונים ועוד.

מספר התלמידים הלומדים קורס זה נמצא בעלייה מתמדת, כפי שניתן לראות בגרף

המבוסס על הנתונים של (Wikipedia):



גרף 1 - מספר הלומדים את קורס מדעי המחשב א'

- עקרונות מדעי המחשב (AP Computer Science Principles) (Wikipedia) – קורס חדש יחסית שעוסק בפיתוח חשיבה תכנותית ופתרון בעיות. הקורס מתמקד בצורה בה המחשבים משנים את העולם ועוזר ללומדיו להיכנס לעולם של מדעי המחשב. הקורס מיועד להילמד במקביל לקורס מדעי המחשב א', ובכך לייצר הבנה מתמשכת ולפתח יכולות חשיבה הקשורות למדעי המחשב. הקורס הוצע לראשונה בשנת הלימוד 2016 ובשנה זו נלמד על ידי יותר מ-44 אלף תלמידים.
 - בעבר היה קורס נוסף (Wikipedia) - מדעי המחשב AB שהופסק עקב הביקוש הנמוך. קורס זה היה קורס שנתי (שנה מלאה) ועסק במבוא לתכנות. הקורס הכיל את כל הנושאים הנלמדים במדעי המחשב א', ובנוסף נושאים מתקדמים – עצים בינאריים, רקורסיות ועוד. בשנים האחרונות בהן הקורס נלמד (עד 2009) בחרו בו פחות ופחות תלמידים, עד שבשנת 2009 בחרו בו 3881 תלמידים בלבד.
- תוכנית זו מאפשרת לתלמידי תיכון רבים להיחשף בשלב מוקדם לתכני מדעי המחשב, ולאחר מכן מעניקה להם נקודות אקדמאיות בהן יכולים להשתמש ללימודים מתקדמים. בזכות תוכנית זו נחשפים התלמידים לתחום ובעצם כבר בגילאי התיכון מתחילים ללמוד את התואר הראשון במדעי המחשב – דבר התורם להכנסת צעירים נוספים ללימודים אלה.

3.2 הקמת ארגון CSTA

בשנת 2004 הוקם בחסות ה-ACM ארגון חדש - Computer Science Teachers Association (CSTA). לארגון זה יכולים להירשם מורים מכל העולם, ומטרתו היא העצמה והכשרה מקצועית למורי מדעי המחשב לגילאי K-12. הארגון מאפשר לחבריו בין השאר לשתף תכנים וללמוד ממורים אחרים. חברים בו כ-25 אלף חברים מ-145 מדינות כפי שמתואר באתר הארגון - (CSTA, n.d.).

עצם הקמת הארגון העלתה למודעות את העיסוק במדעי המחשב בגילאים הצעירים מאוד, ויצרה שיתופי פעולה שלפני כן לא היו קיימים כמעט.

הארגון עוסק במגוון של נושאים לשיפור הוראת מדעי המחשב, בהם מחקר ופרסומים, שיתופי פעולה בין לאומיים, הגדרת סטנדרטים וכתובת סילבוסים.

הארגון מעודד פיתוח ויצירה של הוראת מדעי המחשב, ומקיים מידי שנה מספר אירועים, בהם Education Week (CSTA, 2018) שבוע שמוקדש ללמידה ודרכי למידה ייחודיות, פרס קוטלר-בל (בשיתוף ACM) לתלמידים מצטיינים במדעי המחשב, ועוד.

3.3 פרסום דו"ח "Running On Empty"

בשנת 2010 נעשה מחקר מקיף בארה"ב על מצב הוראת מדעי המחשב. המחקר - (CSTA, 2010) שנעשה בשילוב של ACM וארגון CSTA, מכיל מסקנות חותכות ומטרידות על מצב מדעי המחשב, וקריאה חד משמעית לפעולה על מנת להעלות את מספר הלומדים.

המאמר מתחיל בתיאור המצב הקיים. במאמר מבהירים כי תחום המחשבים הוא התחום המבוקש ביותר במאה ה-21, וכי הביקוש לבוגרי מדעי המחשב ילך ויעלה עם השנים.

נקודות מרכזיות במצב הקיים, כפי שתוארו בדוח:

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

- מדעי המחשב אינו נושא ליבה ואינו תנאי על מנת לסיים תיכון.
 - על פי סקר של CSTA, התברר שברוב המדינות אין הגדרה ברורה וחד משמעית למהות המקצוע ומה הוא כולל.
 - למרות הגדרת סטנדרט הוראה למדעי המחשב, רק 55% ממנו אומץ על ידי המדינות (משתנה על פי גילאים).
 - במאמר פירקו את הסטנדרטים שהוגדרו ללימוד לקבוצות – "נושאים" (למשל ארגון מידע), "יכולות" (בחירת כלים לפתרון בעיות) ו"כישורים" (השתמש בקלט/פלט סטנדרטי), ובדקו עבור כל רמה את אחוז המדינות שאימצו אותה. המפרים הראו שאחוז קטן מהמדינות מלמדות את כל הקבוצות (המספרים מפורטים במאמר).
- במאמר יש המלצות ברורות במספר רמות – ברמת הממשל הפדרלי האמריקאי, ברמת המדינות החברות בארה"ב, וברמת אזורי בתי הספר. בכל אחת מהרמות ממליצים במאמר מה נדרש לתקן ואיך על מנת לשפר באופן ניכר את הוראת מדעי המחשב, ולייצר עניין וביקוש ללימודי מדעי המחשב בארה"ב.
- עיקרי ההמלצות:
- לכל רמות הממשל:
 - להגדיר בצורה איכותית מהי הוראת מדעי המחשב ומהו החומר הנלמד
 - לממשל הפדרלי (הממשל הכללי בארה"ב):
 - לתמוך בתוכניות של המדינות להוראת מדעי המחשב
 - לבנות רשת שיתופי פעולה בתחום
 - לבנות תוכניות פיתוח למורים למדעי המחשב
 - להקים קבוצת מבחן להבנת המשבר בכמות המורים למדע המחשב בארה"ב
 - להרחיב את תוכניות לימוד המדעים בגילאי K-12
 - לממשל המדינות השונות:
 - לבנות הוראת אלגוריתמים וחשיבה לגילאי K-12
 - להוסיף קורסי במדעי המחשב כקורסי ליבה לתואר
 - פיתוח קורסים לשיפור סטנדרטים במדעי המחשב
 - פיתוח שיטות הערכה לקורסי מדעי המחשב
 - הכרה בקורסי מדעי המחשב כקורסים אקדמיים
 - להרחיב את אפשרויות הפיתוח המקצועיות ולגייס מורים נוספים
 - לאפשר לאוכלוסיות מיעוטים גישה לקורסי מדעי המחשב
 - לאפשר תוכניות לימוד גמישות במדעי המחשב
- על פי המלצות המאמר, נדרש לשפר באופן כללי את כמות ותכני הוראת מדעי המחשב ברמה הפדרלית וברמת מדינות ארה"ב. על פי כותבי המאמר – יישום המלצות אלה הינו קריטי על מנת לבנות ולהעלות את רמת לומדי מדעי המחשב, ומורים המלמדים מקצוע זה.

3.4 הצהרת "CS For All"

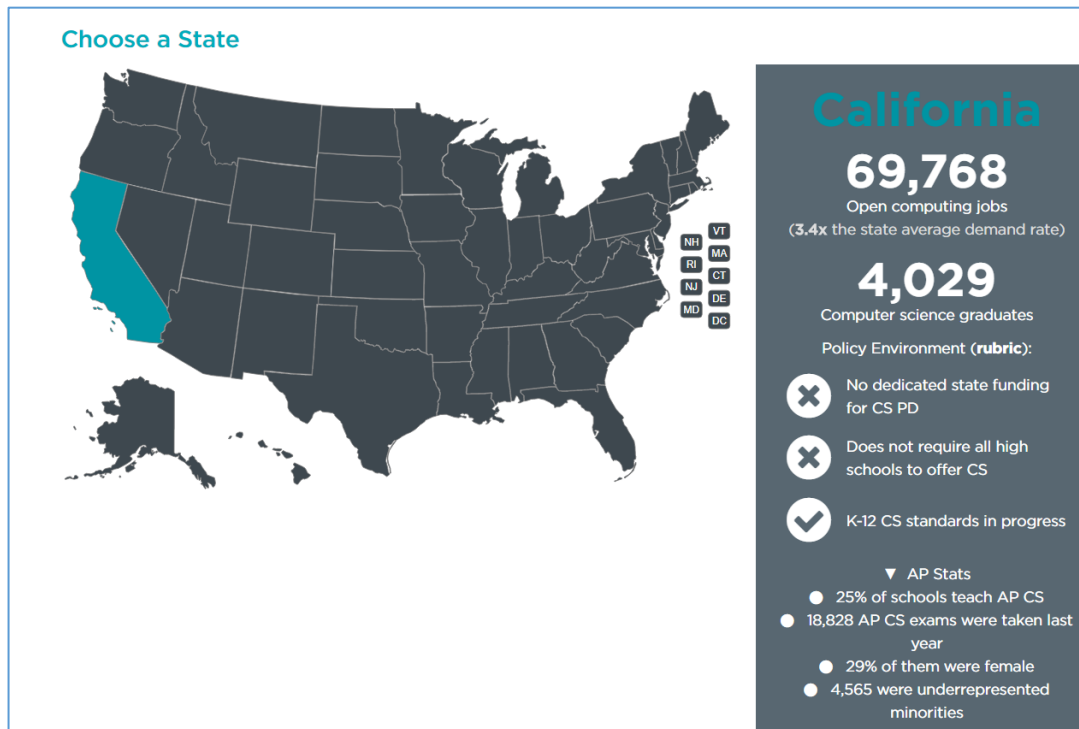
ב20/1/2016 כחלק מ"נאום מצב האומה" של הנשיא האמריקאי אובמה (נאום שנתי שבו הנשיא מדווח על מצב המדינה ועל כוונות החקיקה הקרובות) התייחס הנשיא אובמה ליוזמה חדשה – "CS For All", [4] יוזמה להעלאת חינוך מדעי המחשב בגילאים הצעירים. על פי נאום הנשיא, עולם מדעי המחשב הוא היום חלק מסל הכישורים הבסיסיים של הצעירים בעולם החדש, שעליהם ללמוד על מנת להיות מוכנים לשוק העבודה המתקדם והמשתנה במהירות. הנשיא הקציב ליוזמה 4 מיליארד דולר שיועברו למדינות ארה"ב, ועוד 100 מיליון דולר שיועברו ישירות למחוזות העוסקים בנושא בשנים הקרובות. על פי התוכנית המאמץ יהיה משולב – המדינה תקצה משאבים, בתי הספר ילמדו את המקצוע, והחברות והארגונים הגדולים (לדוגמת Google) ישתלבו יחד בשביל לקדם את התחום ואת הכשרת הנוער.

3.4.1 יוזמת Promote Computer Science /

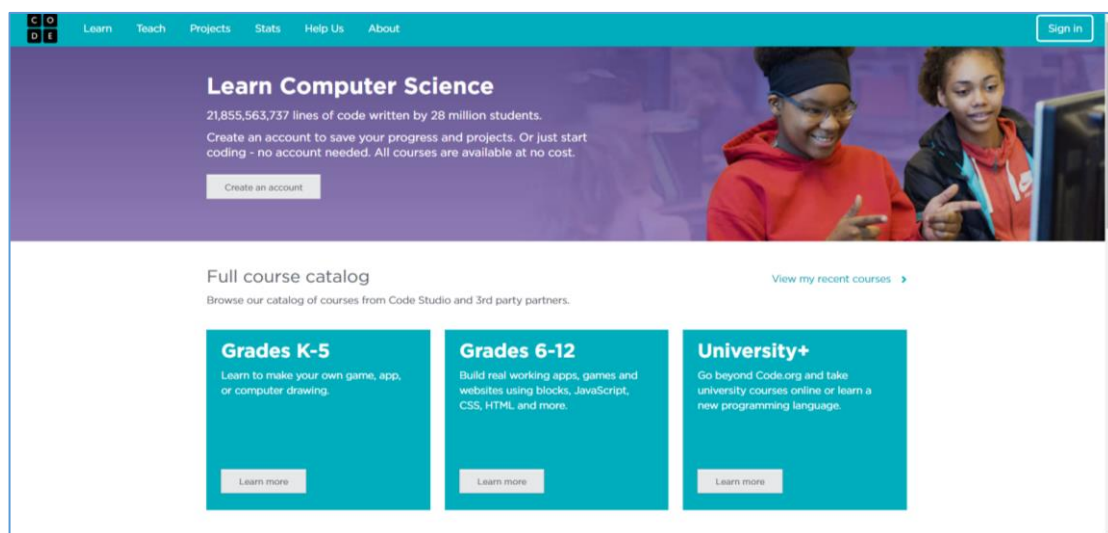
CODE.ORG

כחלק מיוזמת "CS For All" התחברו למאמץ ארגונים רבים, אחד מהם הוא אתר ההכשרה הפופולארי CODE.ORG. האתר מהווה פלטפורמה ללימוד עצמי של תחומים רבים במדעי המחשב ותכנות, ומשמש בני נוער ובוגרים רבים שרוצים ללמוד שפות ויכולות תכנות חדשות. האתר הוקם ב2013 והיה בשימוש נרחב וחינמי ללימוד שפות תכנות. לאחר ההכרזה של הנשיא אובמה על התוכנית, פתח האתר התוכנית חדשה – "Promote Computer Science" (CODE.ORG, n.d.) שאיגדה חברות מסחריות (Google, Microsoft ועוד) וארגונים (ACM, CSTA ועוד) שמעוניינים לתמוך ולעודד ללימוד מדעי המחשב. משפט הקיום של התוכנית – "לכל תלמיד בכל בית ספר צריכה להיות ההזדמנות ללמוד מדעי המחשב". באתר התוכנית ניתן לראות נתונים על המדינות השונות בארה"ב, המציגים את מספר משרות התכנות הקיימות בכל מדינה ואחוז התלמידים שניגשים לקורסי AP.

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר



באתר ובתוכנית יש כלים פרקטיים ללמידה של התחום, ללמוד שפות תכנות וללמוד חשיבה תכנותית. האתר מהווה פלטפורמה לילדים שרוצים את ההזדמנות ללמוד מדעי המחשב, גם אם בית הספר (עדיין) לא מאפשר זאת. האתר מציע לימוד ברמות השונות – ממשחקים לילדים לקידום החשיבה, ועד קורסים מלאים שניתנים לשימוש על ידי מורים.



בעוד שבעבר התמקד האתר בלמידה של תכנות ושפות תכנות, עם השנים חל שינוי במגמה וכעת האתר מקדם לקדם את התפיסה שעל פיה כלל התלמידים צריכים ללמוד מדעי המחשב וחשיבה תכנותית. על מנת לקדם את הנושא ברמה הלאומית האתר מציע לשלוח מכתבים למורים, מנהלי בית ספר ומושלי המדינות על מנת להעלות בקרבתם את המודעות.

3.4.2 הכרזת ממשל טראמפ

לאחר החלפת הממשל האמריקאי בתחילת שנת 2017, יצאה הצהרה דומה מממשל טראמפ החדש בהקשר להוראה וחינוך למדעי המחשב.

על פי ההכרזה, שנחתמה במזכר נשיאותי בספטמבר 2017, תקצה הממשלה 200 מיליון דולר לטובת קידום החינוך להוראת מדעים מדויקים (STEM - Science, Technology, Engineering, and Mathematics) ומדעי המחשב. המטרה של הנשיא היא להעלות את מספר המכסות בתחומים אלו, ולהגדיל את היקף המשרות בתחומי המדעים המדויקים על מנת לשמור את ארה"ב כמעצמה בתחום. בהכרזה נכתב (The White House, 2017):

"This effort is about providing students pathways to jobs. And allowing a new generation of students the opportunity to thrive in STEM education and computer science will also help ensure the United States remains a global leader in innovation."

3.5 דוחות החברה המלכותית הבריטית

בבריטניה קיימת אגודה מדעית הנקראת "החברה המלכותית של לונדון לשיפור הידע במדעי הטבע" (באנגלית: The Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge), או בקיצור החברה המלכותית (The Royal Society). החברה המלכותית חוקרת ונותנת ייעוץ בנושאי חינוך, ומתקצבת על ידי ממשלת בריטניה. החברה הוציאה שני דוחות הקשורים להוראת מדעי המחשב, וביצעו בהם ניתוח למצב הוראת המדעים בבריטניה:

- After the reboot : computing education in UK schools (2017) (The Royal Society, 2017)
- Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools (2012) (The Royal Society, 2012)

בדוחות, שעוד נתייחס לתוכנם לאורך המחקר, מפרט הארגון את המצב בהוראה במספר הקשרים – מספר הלומדים, מספר הנשים הבוחרות במקצוע, מצב הכשרת המורים וכדומה. הדוח מתאר קשיים משמעותיים בגיוס מורים לתחום, ברמת בטחון עצמי נמוכה של המורים כלפי החומר אותם נדרשים להעביר והכשרת מורים שאינה מספקת. הדוח מתאר אחוז נשים נמוך הבוחרות בתחום, הוראה ברמה שאינה מספקת – העוסקת בעיקר בבסיס של שפות התכנות ולא בפיתוח החשבה וההבנה העמוקה. הדוחות מתארים מצב שאינו חיובי כלפי ההוראה בבריטניה, ומזכירים מאוד את ההמלצות והתחומים שהועלו בדוחות האחרים שצוטטו בעבודה זו.

בדוחות עולות המלצות שמוכרות לנו מעבודות אחרות שהוצגו כאן (ויוצגו לאורך העבודה) – לדוגמא כמה מההמלצות שעלו בדוחות:

דוח 2012:

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

- לעקוב אחר מספר המורים המומחים במדעי המחשב ולמשוך בוגרי מדעי המחשב להוראה.
- להציע למנהלי בתי ספר הדרכה ומידע על איך לשפר את תוכנית ההוראה של בתי הספר.
דוח 2017 :
- לבחון את הסילבוס המוצע כיום על מנת לוודא התאמתו לנשים.
- להציע תכנית להסבת מורים להוראת מדעי המחשב.
- להציע אפשרויות קריירה לעובדים שרוצים לעסוק גם בהוראת מדעים במקביל.

4. מטרת העבודה

מטרת עבודת התיזה היא לחקור את המגמות המרכזיות כפי שמשקפות בתכני כנס SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education בעשור האחרון (2008-2017) וזאת אל מול המגמות בעולם בתחום מדעי המחשב בכלל ובהוראת מדעי המחשב.

נרצה לבחון האם הנושאים המוצגים בכנס מידי שנה מייצגים היטב את המגמות, האם הם מנבאים או מייצרים מגמות חדשות והאם הם תואמים את המגמות המתרחשות בעולם באופן כללי.

כאמור, הכנס השנתי של ארגון SIGCSE הוא הכנס החשוב מסוגו להוראת מדעי המחשב. אם נצליח לזהות מגמות המתקיימות (במכוון או שלא) בתכני הכנס, נוכל להתייחס לכמה נושאים/שאלות:

- בחינת רלוונטיות המגמות בכנס אל מול המגמות בעולם – האם הכנס עוסק במגמות דומות להתפתחות התחום בעולם או שמא ייתכן שהכנס עוסק בנושאים מיושנים או שאינם שימושיים באופן רחב?
- תיקוף חשיבות הכנס – אם נגלה כי הכנס אכן משקף את המגמות הנכונות, הדבר ייתן משנה תוקף לכנס ולחשיבות המאמרים המתקבלים אליו.
- מיקוד תכני הכנס במגמות רלוונטיות – האם יש מגמות שאנחנו מזהים שאינן באות לידי ביטוי בכנס? אם כן – ייתכן שנרצה להוסיף לתכני הכנס באופן מודע – נרצה בעתיד אולי להפנות את תשומת הלב של מארגני הכנס ולהקדיש כנס או אולי Session ייעודי לנושאים שלהבנתו התפספסו.

5. שיטות המחקר

באתר הספרייה-הדיגיטלית של ACM (ACM, n.d.) ניתן למצוא את כלל התכנים והמאמרים שהתקבלו והוצגו בכל אחד מהכנסים. חילקנו את המחקר לשלושה שלבים:

שלב 1- עברנו על כל אחד מהמאמרים בכל אחד מהכנסים בעשור האחרון וסימנו פרמטרים שזיהינו כחשובים ומשמעותיים – זאת על ידי בניית טבלה מתכללת הכוללת פרטים על המאמר וכן על הנושאים בו עוסק (ראהנספח 11). בטבלה סימנו עבור כל מאמר את מגוון הפרמטרים שנרצה לחקור (למשל האם עוסק בהגנה או התקפה במרחב המקוון, לאיזו שכבת גיל פונה ועוד). תוך כדי הקריאה מטרותנו הייתה לגבש רשימה של פרמטרים אותם נבחן לאורך השנים, ולבסוף ביצענו ניתוח של הפרמטרים עבור כל אחד מהכנסים. פרמטרים לדוגמא –

- שפת הפיתוח – מהי שפת הפיתוח שבה עסק המאמר. לאחר מכן חקרנו האם יש שיקוף של מגמות שפות התכנות בעולם לשפות התכנות בהוראה?
- עיסוק בהכשרת מורים – האם המאמר עוסק בתכנים או שיטות להכשרת המורים?
- הגנה והתקפה במרחב המקוון – האם המאמר עוסק בכך? ניתחנו האם לאורך השנים העיסוק עלה, האם אירוע סייבר עולמי גורם לעלייה בעיסוק בנושא זה בכנס.
- שכבות גיל – האם פונים במאמר להוראת תארים במדעי המחשב באוניברסיטאות, או אולי דווקא הוראת מדעי המחשב בבתי הספר?

שלב 2- לאחר בניית הטבלה המלאה (1,366 מאמרים), התחלנו בחקר המגמות. לאחר שעברנו על כלל המאמרים, התחלנו לנתח את הנתונים שבטבלה - עבור כל פרמטר בנינו גרף מתאים על העשור האחרון, ומספר המאמרים העוסקים בו בכל אחד מהכנסים. דרך גרף זה אפשר להבין את המגמה - האם הייתה עליה או ירידה משמעותית לאורך העשור?

שלב 3- לאחר שזיהינו את המגמות, בחנו אותן אל מול התחום באופן כללי (בעיקר בארה"ב¹). לפי הגרפים שבנינו לכל פרמטר ניתן היה לראות עליות או ירידות חדות בעיסוק בכל אחד מהפרמטרים. בחנו את העיסוק העולמי באותו פרמטר בשנים שלפני הכנס (המאמרים לכנס מוגשים כשנה לפני הכנס עצמו). כך בחנו למשל בעקבות עלייה בעיסוק במרחב המקוון - האם היו אירועי סייבר שהביאו את התחום לתודעה? בעקבות עלייה בעיסוק בביקוש למדעי המחשב – האם יש ירידה במספר הנרשמים לתחום הלימוד? ועוד.

1 יוסבר בסעיף העוסק במדינות המוצא של מחברי המאמרים

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

שלב 4- לאחר שסיימנו לנתח את הפרמטרים השונים, ראינו את המגמות בכנס אל מול המגמות המקבילות בעולם. דנו בנושאים שפירטנו, והמלצנו על כיווני מחקר עתידיים.

6. הצגת התוצאות וניתוחן

בחנו את המגמות בתשעה פרמטרים שהגדרנו במהלך סקירת המאמרים, והם:

- מדינות המוצא של מחברי המאמרים
- ביקוש ללימודי מדעי המחשב (תואר ראשון)
- הלהבה וחיבור של הסטודנטים למקצוע
- הגנה והתקפה במרחב המקוון
- מורים
- מגוון אוכלוסיות הסטודנטים – נשים במדעי המחשב ומיעוטים
- שפות תכנות
- שכבות גיל
- קורסים עליהם מתבסס המאמר

נציג כל אחד מהניתוחים בנפרד.

6.1 מדינות המוצא של מחברי המאמרים

כנס SIGCSE אמור להיות כנס בינ"ל העוסק בהוראת מדעי המחשב.
לאחר מעבר על מאמרי העשור האחרון, בחנו מאילו מדינות מגיעים הכותבים של המאמרים
שמתקבלים לכנס.
בטבלה 1 ניתן לראות את המדינות המובילות במספר המאמרים לכנס.

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

טבלה 1 - מדינות מחברי המאמרים לכנסים :

#	מדינה	מספר המאמרים ²	% מכלל המאמרים
1	 ארה"ב	1,144	77.7%
2	 קנדה	71	4.8%
3	 הממלכה המאוחדת	38	2.6%
4	 אוסטרליה	27	1.8%
5	 ישראל	25	1.7%
6	 גרמניה	17	1.2%
7	 פינלנד	17	1.2%
8	 ניו זילנד	17	1.2%
9	 שוודיה	16	1.1%
10	 ברזיל	9	0.6%
סה"כ – 10 המדינות המובילות			
		1,381	93.8%
11	 שוויץ	9	0.6%
12	 הולנד	7	0.5%
13	 אירלנד	7	0.5%
14	 קטאר	6	0.4%
15	 סקוטלנד	6	0.4%
16	 מקסיקו	6	0.4%
17	 ספרד	5	0.3%
18	 הודו	5	0.3%
19	 יפן	4	0.3%
20	 סין	3	0.2%
סה"כ – 20 המדינות המובילות			
		1,439	97.8%

אפשר לראות בבירור שהרוב המוחלט של המאמרים בכנס (77.7%) נכתבו על ידי חוקרים מארה"ב, ועוד כ- 20% נוספים מקורם ב-19 מדינות אחרות בלבד.

² מאמר שכותביו היו ממספר מדינות יחדיו – ייספרו למספר שורות, ולכן ייתכן שסכום המאמרים המחושב בטבלה זו גבוה מכמות המאמרים בכנס, וזאת עקב ריבוי כותבים.

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

הפיזור היחסי המצומצם של המדינות עלול לגרום לכך שמגמות המתרחשות במדינות מסוימות משפיעות על הכנס בצורה שאינה פרופורציונאלית (כך למשל אירוע סייבר גדול בארה"ב עשוי להטות את המאמרים בכנס לכיוון הגנה במרחב המקוון בעוד שייתכן שבשאר העולם המצב אינו תואם).

כאשר מסתכלים על פיזור המדינות בתוך ארצות הברית, אפשר גם ברזולוציה הזו לזהות את המקורות החזקים יותר של מחקר בתחום הוראת מדעי המחשב³.

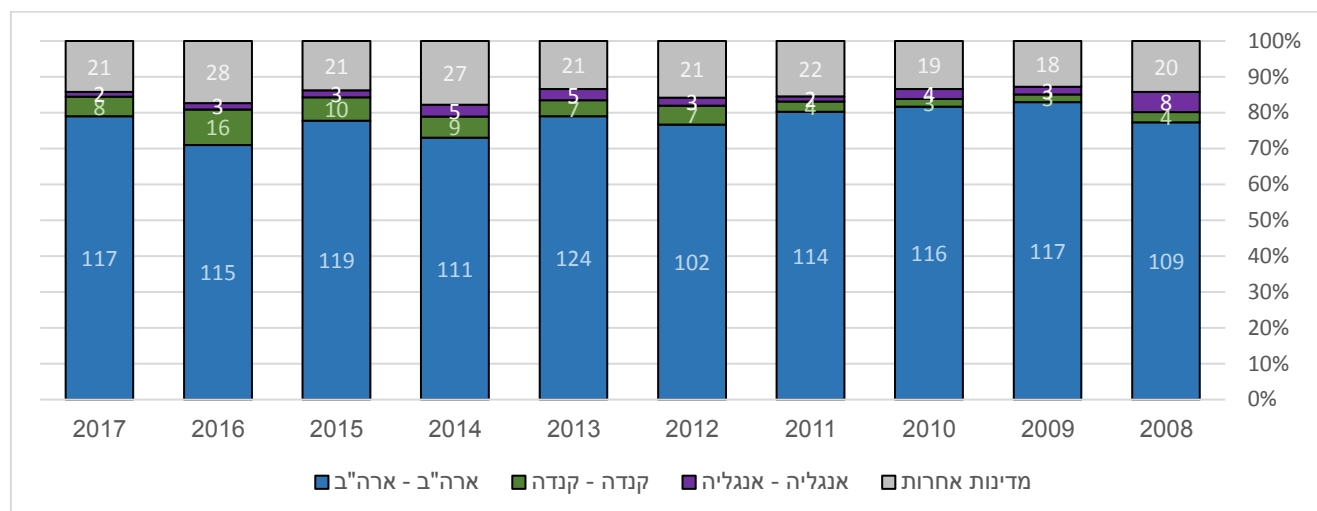
טבלה 2 - מדינות מחברי המאמרים בתוך ארה"ב:

#	מדינה	מספר המאמרים	% מהמאמרים מארה"ב
1	 קליפורניה	179	10.7%
2	 ניו יורק	126	7.5%
3	 פנסילבניה	108	6.4%
4	 וושינגטון	97	5.8%
5	 צפון קרוליינה	94	5.6%
6	 וירג'יניה	86	5.1%
7	 ג'ורג'יה	72	4.3%
8	 מסצ'וסטס	65	3.9%
9	 טקסס	59	3.5%
10	 קולורדו	57	3.4%
11	 אילינוי	48	2.9%
12	 דרום קרוליינה	47	2.8%
13	 אינדיאנה	45	2.7%
14	 אוהיו	45	2.7%
15	 ניו ג'רזי	39	2.3%
**	 מספר מדינות ⁴	76	4.5%

מבחינת המגמות, נסתכל על הנתח שתופסות שלוש המדינות הגדולות (ארה"ב, קנדה, הממלכה המאוחדת):

³ מאמר שכותביו היו ממספר מדינות יחדיו – יופיע במספר שורות, ולכן ייתכן שסכום המאמרים המחושב בטבלה זו גבוה מכמות המאמרים בכנס, זאת עקב ריבוי כותבים.
⁴ מאמרים שנכתבו על ידי מחברים מ-5 מדינות שונות או יותר.

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עוזר



גרף 2 - אחוז וכמות המאמרים, 3 המדינות הנפוצות

ניכר כי ארה"ב תופסת נתח ניכר מהמאמרים לאורך השנים, וכי סה"כ בין 70%-80% מהכותבים מגיעים ממנה.

ההשפעה של מגמה זו ברורה – אם נסתכל למשל על פרק הביקוש ללימודי מדעי המחשב (6.3) – נראה את השפעת ארה"ב על המגמות בטבלה 3.

טבלה 3 - דוגמה השפעת ההטייה לארה"ב על מגמות בכנס :

שנה	מאמרים העוסקים בביקוש שמקורם בארה"ב	מאמרים העוסקים בביקוש שמקורם אינו בארה"ב
2008	10	0
2009	7	2
2010	25	2
2011	20	2
2012	7	1
2013	5	1
2014	5	1
2015	3	0
2016	8	0
2017	32	1

בטבלה ניתן לראות בבירור שמאמרים שמקורם בארה"ב מכתיבים את המגמה לכנס – ניתן לראות שמקור עיקר המאמרים העוסקים בביקוש למדעי המחשב הוא בארה"ב, ולכן המגמה אינה משקפת בהכרח את מצב הביקוש במדינות אחרות. ניתן לצפות שכאשר יהיה משבר משמעותי במספר לומדי מדעי המחשב בארה"ב, הדבר ישתקף באופן ברור במאמרי הכנס, אך מנגד אם למשל יהיה משבר כזה בסין או בספרד – ייתכן שתכני הכנס לא יושפעו באופן משמעותי.

6.2 שפות תכנות

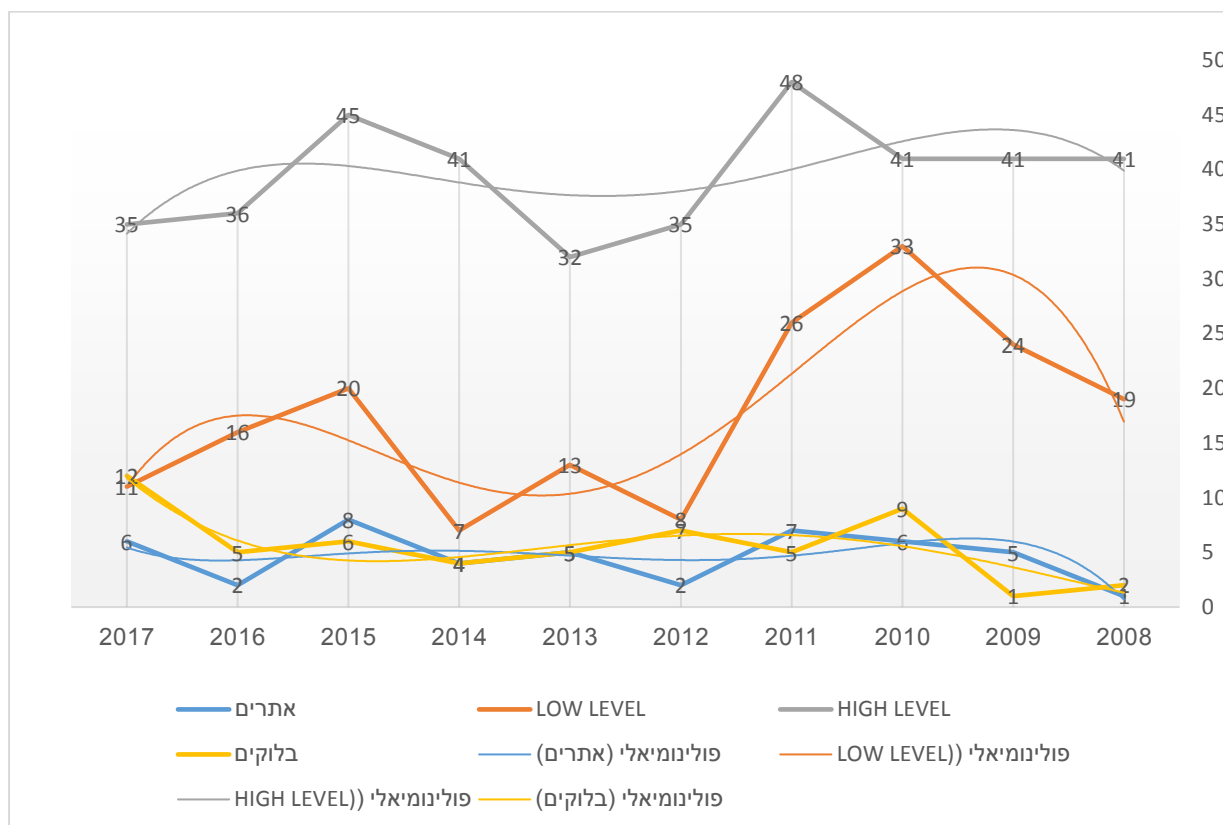
מאמרים בכנס עוסקים בשפות תכנות משתי זוויות הסתכלות :

1. שימוש בשפות קיימות – איך נכון ללמד יכולות של שפות מוכרות, איך נכון להשתמש בשפה מסוימת ללימוד נושאים במדעי המחשב.
2. חשיפת שפות חדשות למשתתפי הכנס – הצגת ובחשיפת השפה החדשה. השפה יכולה להיות חדשה בתחום ההוראה (שפה שהייתה קיימת, אך לראשונה משתמשים בה לצרכי קורס או לימוד), או שפה חדשה לחלוטין (למשל – גרסה חדשה של שפת Alice שיצאה והצגה כמאמר בפני עצמו)

בחנו את השפות עליהן דנו במאמרים השונים, וחילקנו אותן לארבעה קטגוריות שונות :

1. **שפות תכנות עילית "High Level"** – שפות שמהוות אבסטרקציה למעבד ומוסיפות שכבה נוספת בעיבוד הפקודה. למשל – Java, C#.
 2. **שפות תכנות נמוכות "Low Level"** – שפות שבעצם נותנות פקודות ישירות למעבד עם אבסטרקציה יחסית נמוכה. למשל – שפת C, Assembly.
 3. **שפות תכנות לבניית אתרים** – שפות לתכנות מבוסס WEB ופיתוח אפליקציות מבוססות על דפדפן. למשל JavaScript, JQuery.
 4. **שפות תכנות בלוקים** – שפות המיועדות בדרך כלל ללימוד ראשוני של תכנות. בשפות אלה יש ממשק גרפי שמאפשר בניית לוגיקה של תכנות, אך בדרך כלל מבלי לכתוב פקודות ישירות. למשל Alice, Scratch.
- סך הכול, בעשור האחרון 546 מאמרים עסקו בשפות התכנות או השתמשו בהן לצורך למידה (39.9% מהמאמרים). נתבונן במגמות של ארבע הקטגוריות לאורך שנות העשור האחרון בכנס :

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר



גרף 3 - מגמות בשפות תכנות

בגרף 3 הוספנו גם קווי מגמה פולינומיאליים על מנת שנוכל להסתכל על המגמה הכללית לאורך השנים (קו מגמה פולינומיאלי – קו מגמה חזקתי, המשתנה באופן מעריכי לאורך השנים ונועד על מנת לתת לנו להבין את המגמה באופן מופשט יתר מהנקודות הבדידות של הגרף). לאורך שנות הכנס ניתן לראות שאין מגמה ברורה – התנודות הן בגלים הלך ושוב. עוד אפשר לראות שיש שנים שבהן באופן כללי יש פחות עיסוק בשפות תכנות (וכנראה – יותר עיסוק בנושאים אחרים, כמו למשל מורים או ביקוש ללימוד מדעי המחשב).

בגרף הקודם הסתכלנו על **קטגוריות**, אך מעניין לבחון את **שפות התכנות** המובילות באופן פרטני על פי שנים ולהשוות את המגמה לעולם.

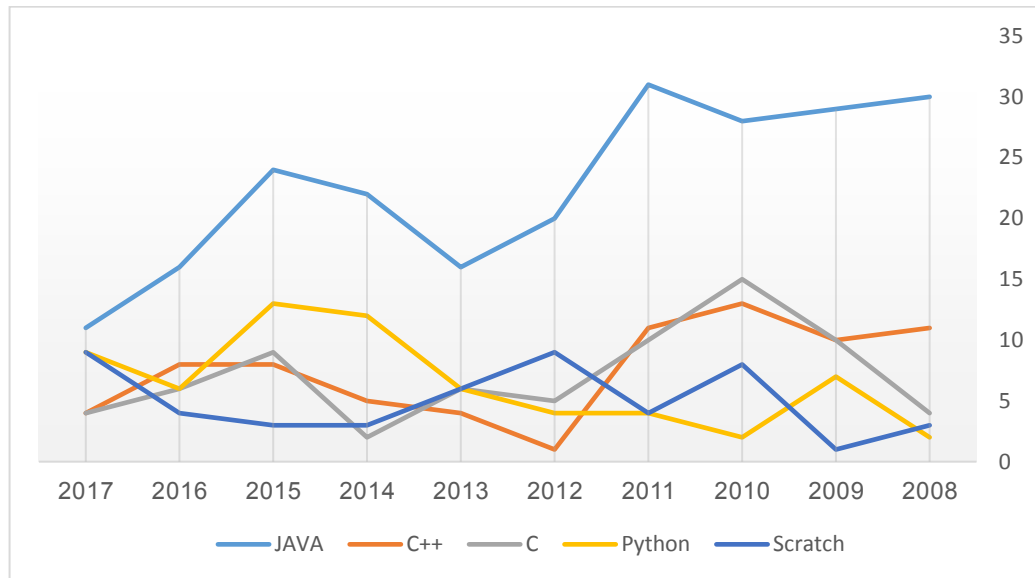
שפות התכנות המובילות בכנס מוצגות טבלה 4.

טבלה 4 - 5 שפות התכנות המובילות והמאמרים העוסקים בהן :

שפה	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	סה"כ
Java	30	29	28	31	20	16	22	24	16	11	227
C++	11	10	13	11	1	4	5	8	8	4	75
C	4	10	15	10	5	6	2	9	6	4	71
Python	2	7	2	4	4	6	12	13	6	9	65
Scratch	3	1	8	4	9	6	3	3	4	9	50

ונראה זאת בגרף :

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר



גרף 4 - 5 שפות התכנות המובילות

באופן ברור – ניתן לראות ירידה במספר המאמרים העוסקים בשפת Java אך למרות זאת היא נותרה כשפה השימושית ביותר בכנס.

נשווה את הנתונים לאינדקס שפות התכנות של חברת TIOBE (שם החברה הינו ראשי תיבות של "The Importance of Being Earnest", אך זהו בעצם שמה של חברת הייטק הולנדית העוסקת באיכות תוכנה) (TIOBE, 2018).

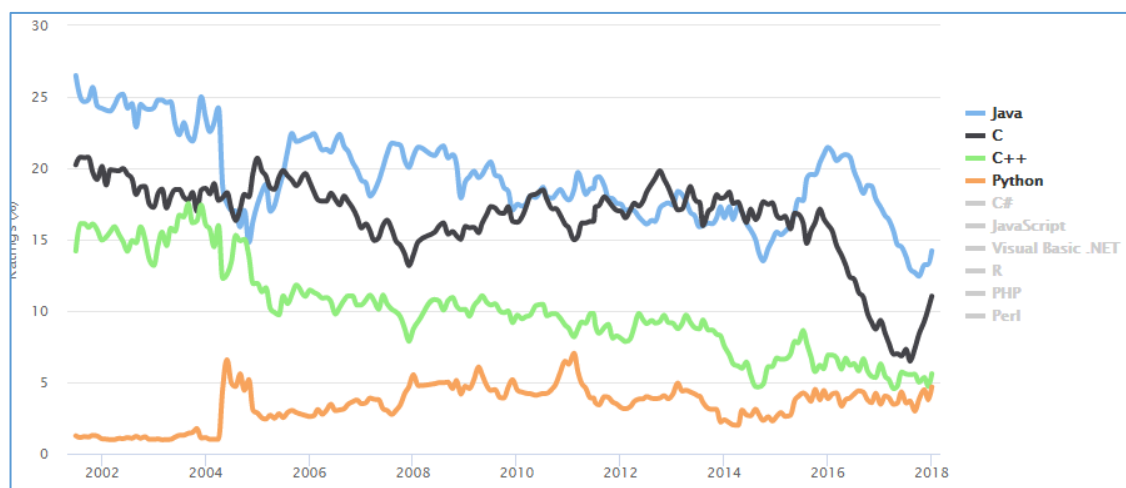
האינדקס של חברת TIOBE מפורסם מידי שנה והוא מדרג את שימושיות שפות התכנות בעולם. הוא מחושב על פי מנועי חיפוש שונים, והוא מכיל מידע סטטיסטי הקיים אחורה במשך מספר עשורים.

באינדקס החברה קיימים ניתוחים על המידע שמתקבל, למשל – איזה שפות היו בשימוש יותר או פחות מהשנים הקודמות, איזה שפות נוספו או הוסרו, וסטטיסטיקות לאורך השנים. על פי החברה – המקומות הראשונים של שנת 2017 מוצגים בטבלה 5.

טבלה 5 - דירוג שפות התכנות של חברת TIOBE לשנת 2017 :

מקום	שפה
1	Java
2	C
3	C++
4	C#
5	Python
...	...
23	Scratch

וגרף השימוש :



גרף 5 - השפות המובילות בעולם על פי TIOBE

באופן כללי ניתן לראות התאמה של המגמות – השפות השימושיות ביותר בכנס הן גם השימושיות ביותר בעולם, והמגמות באות לידי ביטוי באופן זהה. כך למשל שפת Java נמצאת בירידה בכנס וגם בעולם, ולעומת זאת יש עליה של שפות חדשות כמו Python או Java Script שהופכות שימושיות בעולם, וניכר שהן מתחילות להיכנס כשפות שימושיות גם בכנסים.

ספציפית - שפת Scratch היא שפת תכנות בלוקים מהנפוצות בעולם. מכיוון ששפות תכנות בלוקים משמשות בעיקר להוראה ולמידה בגילאים צעירים, טבעי שהיא תופיע בעוצמה גבוהה יותר בכנס מאשר במגמות בעולם. מבין כלל שפות תכנות הבלוקים שנמצאות במדד TIOBE – שפת Scratch היא השימושית ביותר על פי (TIOBE, 2018), ומופיעה במקום הגבוה ביותר מבין כולן, כאשר היא מדורגת במקום ה-23 מבין כלל שפות התכנות (אבל כאמור – 1# מבין שפות תכנות הבלוקים).

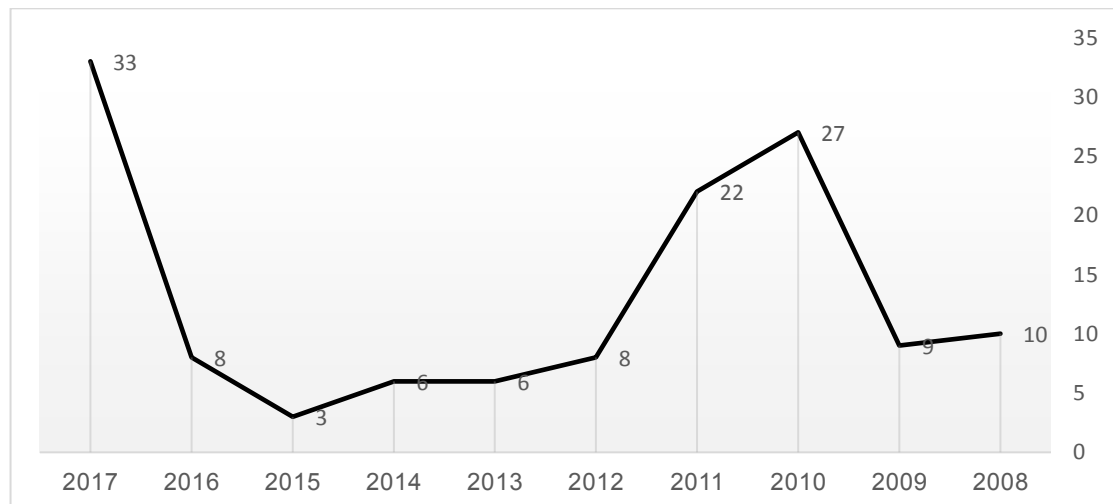
6.3 ביקוש ללימודי מדעי המחשב (תואר ראשון)

אחד הנושאים הבולטים שחזרו על עצמם לאורך הכנסים הוא הביקוש ללימודי מדעי המחשב (9.6% מסך המאמרים עסק בנושא זה – 132 מאמרים). העיסוק בביקוש הוא נושא חשוב – מאמרים רבים עוסקים בירידה ההדרגתית בביקוש למדעי המחשב והשפעתה לאורך זמן על שוק ההייטק האמריקאי והעולמי. במאמרים שואלים המחברים את עצמם - מדוע יש ירידה במספר הנרשמים? איך אפשר להפוך את המגמה? איך לגרום ליותר סטודנטים להתעניין בתחום מדעי המחשב?

במאמר "Computational thinking in high school courses" (Vicki Allan et al, 2010) התייחסו לנושא בצורה ישירה –

"The number of undergraduates entering computer science has declined in recent years [...] The declines come at a time when career opportunities in CS continue to grow and computer science graduates are seen as crucial in building a globally competitive workforce for the 21st century."

לאחר ניתוח טבלת המאמרים המלאה, ניתן לראות בגרף הבא את המגמה וכמות המאמרים העוסקים בביקוש לפי שנים בכנס:



גרף 6 - מספר המאמרים העוסקים בביקוש למדעי המחשב לפי שנה

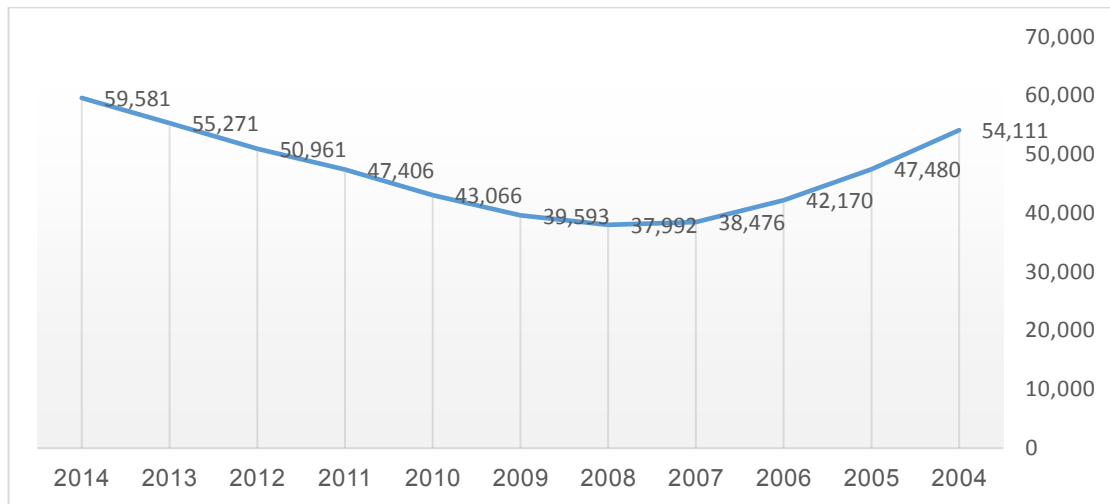
מהמגה נראה בבירור שבשנים 2010-2011 היה עיסוק משמעותי בנושא, ובשנים שלאחר מכן יש ירידה במספר המאמרים העוסקים בביקוש. עוד אפשר לראות בבירור שבשנה האחרונה (2017) הייתה עלייה משמעותית מאוד בעיסוק בנושא זה. נרצה אם כך – לחקור את הסיבה לנקודות שיא אלו – מדוע לקראת שנת 2010 התקיימו מספר שיא של מחקרים העוסקים בביקוש ללימודי מדעי המחשב בכנס, ומה גרם לעלייה הפתאומית בשנת 2017.

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עוזר

נחלק את הבדיקה לשני חלקים – חלק א' יתרכז בשנים שלקראת 2010-2011 וחלק ב' יתרכז בשנת 2017.

שנים 2010-2011

נסתכל על מספר מסיימי תואר ראשון במדעי המחשב בשנים המקבילות בארה"ב (שכאמור – רוב המאמרים בכנס מקורם שם), מתוך הסטטיסטיקה האמריקאית לבוגרים (National Center for Education Statistics (NCES), 2017):



גרף 7 - מספר מסיימי מדעי המחשב בארה"ב לפי שנים

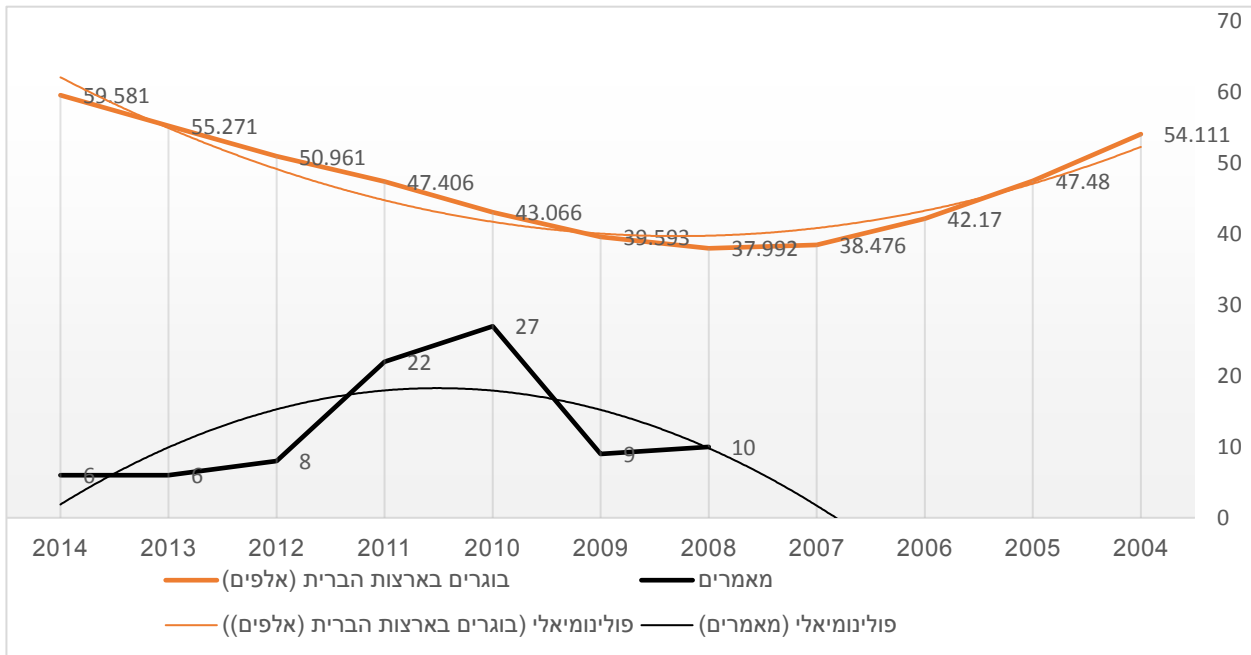
המאמרים שהתקבלו לכנס בשנים 2010-2011 נכתבו על סמך מחקרים שבוצעו בשנים שלפני הכנס (2008-2009), ולכן אלו הן שנות המפתח להבנת המגמה.

נשים לב שבשנים שקדמו ל-2010 הייתה מגמת ירידה ברורה של מסיימי מדעי המחשב, עד ששנת 2007-2008 היו נקודת השפל בהיבט מסיימי תואר ראשון במדעי המחשב – לקראת שנים אלו הייתה ירידה במספר הבוגרים מידי שנה, והמגמה שהתקיימה אז היא מגמה שלילית ברורה. בשנת 2009-2010 נכתבו אם כך מאמרים בנושא, המסכמים את המגמה של השנים שקדמו להן, והם אלו שהוצגו בכנס SIGCSE של 2010-2011.

ניתן לראות כי לאחר שנה זו החלה התאוששות במספר הנרשמים, ולכן בכנסים שלאחר 2010 יש ירידה משמעותית במספר המאמרים העוסקים בנושא זה.

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

נסתכל על שני הגרפים יחד על מנת להבין טוב יותר את המגמה :



גרף 8 - מספר המאמרים ומספר הבוגרים לפי שנים

מכאן ניתן לראות בבירור את הקשר בין מספר מסיימי התארים לבין מספר המאמרים לאורך השנים. לאחר שנת 2011 ולאחר שיפור מגמת הבוגרים, הייתה ירידה במספר המאמרים העוסקים בביקוש למדעי המחשב עד לשנת 2017.

שנת 2017

בפרק הרקע סקרנו את תוכנית "CS For All". עם יציאת התוכנית בינואר 2016, החלו מחקרים והצעות בנושא, שהתקבלו לכנס של SIGCSE של השנה הבאה – 2017. בזכות תוכנית זו, אפשר לראות עליה חדה מאוד בעיסוק בביקוש למדעי המחשב בכנס 2017 – מ-8 מאמרים העוסקים בביקוש בשנת 2016, ל-33 מאמרים בשנת 2017. בנושא זה אפשר גם לראות בבירור את השפעות ההטיה של מדינות המחקר בכנס – שכן היוזמה האמריקאית משפיעה על ארה"ב בלבד, ובכל זאת הביאה לקפיצה משמעותית במגמות המחקר בכנס.

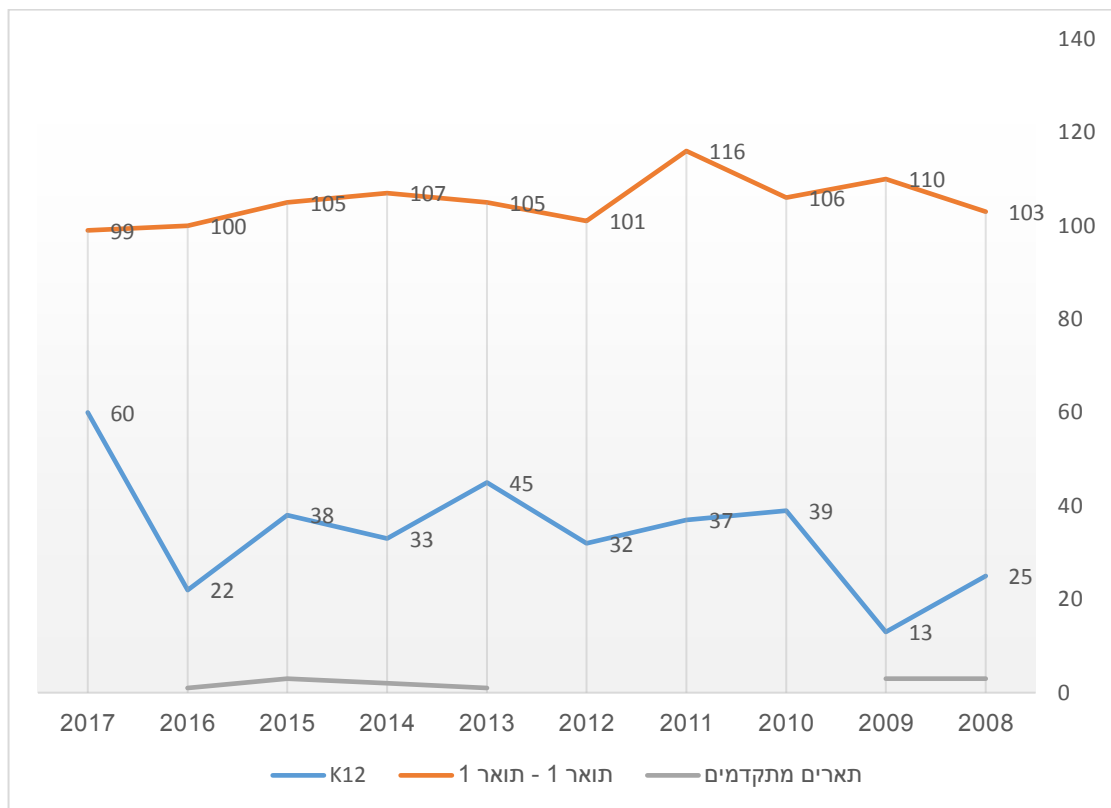
6.4 שכבות הגיל

במאמרי הכנס השונים עוסקים בהוראה למספר שכבות הגיל.

השכבות מחולקות באופן גס ל-3 קטגוריות :

- תואר ראשון – השכבה הנפוצה ביותר (1052 מאמרים – 74.5%)
- K-12 – לימודים מבית הספר היסודי ועד לסיום התיכון (344 מאמרים – 24.3%)
- לימודי תארים מתקדמים – תואר שני, דוקטורט ופוסט-דוקטורט (15 מאמרים – 1%) – מכיוון שהעיסוק בנושא זה בכנסים הינו מועט מאוד, לא נחקר את המגמות שבו במחקר זה (ניתן לראות בגרף 9 כי העיסוק בתארים מתקדמים הוא במאמרים בודדים בלבד).

נתבונן בגרף המחלק את העיסוק לשלושת שכבות הגיל שתיארנו :



גרף 9 - שכבות הגיל לאורך השנים

ניתן לראות מהגרף כי העיסוק בתואר ראשון נשאר יחסית קבוע וגבוה, וזהו היה הנושא המרכזי של הכנס.

בשכבת ה-K-12 (המקביל ל-12 שנות לימוד בישראל) היו שתי נקודות מפנה – שנת 2010 ושנת 2017.

שנת 2010 בהוראת מדעי המחשב לשכת K-12

כפי שפרטנו בסעיף רקע ואירועים מעצבים, לקראת שנת 2010 בוצע מחקר גדול שתוצאותיו סוכם בדו"ח "Computer 12– Running On Empty: The Failure to Teach K" (CSTA, 2010). המחקר עוסק במספר לומדי מדעי המחשב, ומספר המורים בארה"ב המלמדים את

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עוזר

המקצוע. מעבר לעיסוק בשני המשתנים (שמפורט בכל אחד מהם בנפרד), יש עיסוק רב בחשיבות המקצוע, בקשיים הכרוכים בו ובהיצע הלימודים ברחבי מדינות ארה"ב השונות. עצם המחקר הגדול המקיף תחומים רבים עורר שיח רב על נושא הוראת מדעי המחשב, ובעיקר בגילאים הצעירים יחסית. למשל, נכתב בדוח:

" We recommend Congress create a K–12 computer science education partnership program for local education agencies, institutes of higher education, non-profits, and businesses..."

והתייחסויות נוספות להוראת מדעי המחשב בגילאים הצעירים.

שנת 2017 בהוראת מדעי המחשב לשכבת K-12

בשנה שקדמה לה, 2016, החלה יוזמת "CS For All" של הנשיא אובמה, בה דנו בסעיפים הקודמים. יוזמה זו קוראת לתלמידים ללמוד מדעי המחשב בכלל הגילאים, מה שיצר עיסוק מוגבר בהוראת מדעי המחשב בגילאים הצעירים יותר. בעקבות כך, רבים מהחוקרים בכנס פנו לעסוק בהוראת מדעי המחשב לגילאי יסודי-חטיבת ביניים-תיכון, מה שגרם לעלייה בכמות המאמרים בכנס של שנת 2017.

בדוחות הבריטיים יש התייחסות לשכבות הגיל, בכך שלילדים ניתנת ההזדמנות להיחשף למקצוע מדעי המחשב. בדוח (The Royal Society, 2017) התייחסו לכך שלימודי המחשבים הם חובה מגיל 5 ועד גיל 16, ובדרך כלל יש לפחות שעת מחשבים בשבוע בבתי הספר.

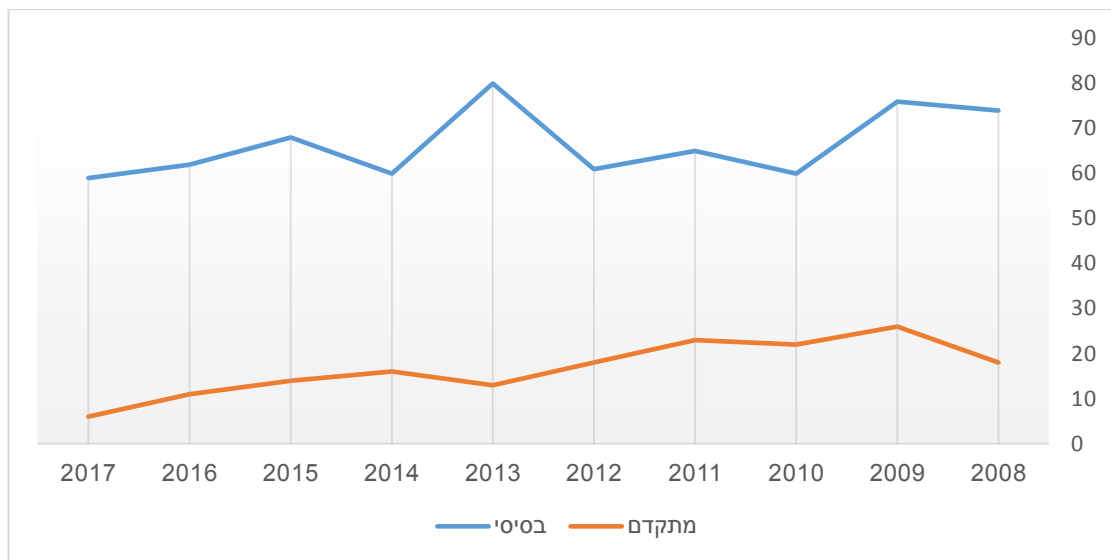
6.5 קורסים עליהם מתבסס המאמר

חלק נכבד מהמאמרים (790 מאמרים – 57.8%) עוסקים בקורס (אחד או יותר) ומתבססים עליו. מבין כל הקורסים המוזכרים בכנסים, ישנם 60 קורסים המוזכרים במפורש, ועוד 3 קטגוריות המוזכרות באופן חוזר – "קורסים בסיסיים", "קורסים מתקדמים" ו-"קורסי תכנות בסיסיים" (קורסי התכנות הראשונים בתואר).

חילקנו את כלל הקורסים לשתי קטגוריות –

- קורסים ברמה בסיסית – קורסים ראשוניים, בשנה הראשונה ללימודי התואר (או בלימודים הנמוכים יותר – למשל קורסי Advanced Placement בתיכון)
- קורסים מתקדמים – קורסים הנלמדים בשנה השנייה והילך.

נבחן את גרף העיסוק בקורסים בשתי הקטגוריות לאורך שנות הכנס:

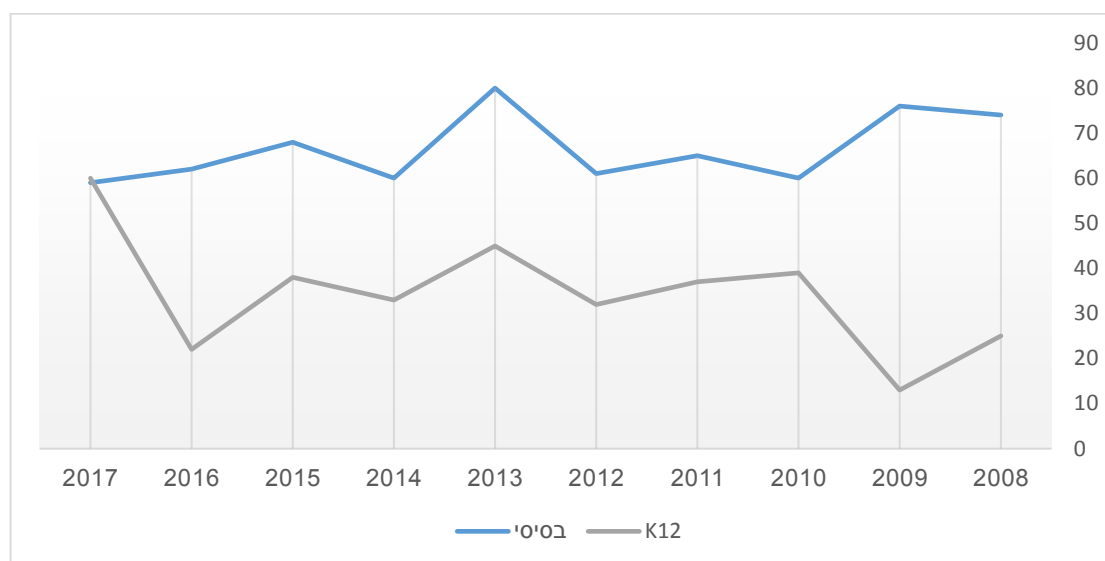


גרף 10 - קורסים בסיסיים ומתקדמים

נשים לב לשני דברים –

- א. בהיבט הקורסים המתקדמים – יש מגמה כללית של ירידה בעיסוק. מגמה זו נובעת בעיקר ממיצוי של הנושא – הפערים העיקריים שזיהינו לאורך המחקר מעפילים על העיסוק הספציפי בקורסים (למשל – איך לרתום את הסטודנט ללימודיו), ומביאים לירידה בעיסוק בקורסים מתקדמים באופן ישיר. השארה נוספת היא שלאורך השנים רוב המרצים בכנסים הם בעצמם מרצים לקורסים בסיסיים או מורים בתיכונים, מה שיכול להסביר גם כן את הירידה בעיסוק בקורסים מתקדמים (וכמו כן את המיעוט בעיסוק בתארים מתקדמים)
- ב. בהיבט הקורסים הבסיסיים – נשים לב לקשר החד משמעי עם משתנה אחר שבחנו במחקר זה – הוראת מדעי המחשב לגילאי K-12. נבחן את שני הגרפים יחדיו:

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר



גרף 11 - קורסים בסיסיים והוראת מדעי המחשב ל K-12

בגרף זה ניתן לראות באופן ברור את המגמה המשותפת לאורך השנים (פרט לשנת 2009, בה היה עיסוק יחסית מועט בחינוך הגילאים הצעירים). הקשר בין המשתנים ברור לחלוטין ונמשך לכל אורך העשור.

את התיאור הטוב ביותר לסיבתיות של מגמה זו (ושל הקשר בין שני המשתנים) ניתן למצוא במאמר (Judith Gal-Ezer, 2014):

"In exposing students to computing at school it is important to provide them with some basic information about the discipline, as is common with other scientific disciplines, so that later on they will be able to choose whether to pursue this discipline further in their future education"

כלומר - במאמר התפיסה היא שככל שנקדים ללמד מדעי המחשב בגילאים צעירים יותר ונקפיד לחשוף את הילדים עוד בגיל צעיר לבסיס של התחום – כך יגבר הסיכוי שיבחרו במקצוע זה. הדבר מתקיים יד-ביד עם העיסוק בקורסי הבסיס – כאשר מגמות הלימוד והתכנים משתנים עבור הגילאים הצעירים (K-12) וכאשר הבסיס נלמד עוד בגילאים אלה, נראה שמתקיימת מגמה גם להתאים את המגמות והנושאים בקורסי הכניסה לתואר בתחום. בעצם כך נוצר מעין רצף למידה המתחיל עם לימוד הבסיס בגילאים הצעירים יותר, ומי שיבחר להמשיך ללימודים מתקדמים בתחום יוכל ללמוד תחום שפחות זר לו, ובכך להימנע ממיס-קונספציות הנוגעות למדעי המחשב.

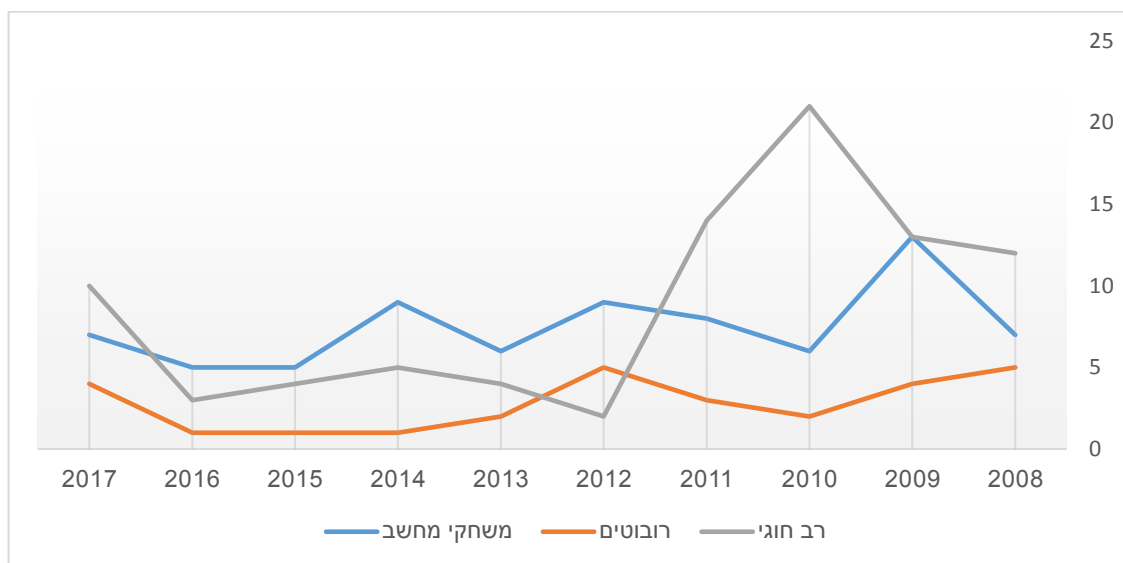
6.6 הלהבה וחיבור של הסטודנטים למקצוע

לאורך הכנסים אנחנו עדים לנושא משמעותי החוזר על עצמו ב-282 מאמרים (20.6% מכלל המאמרים) – איך להלהיב את הסטודנט ולייצר אצלנו עניין בלימודיו. נבחין בין 3 נושאים שונים המשמשים ככלי להלהבת סטודנטים:

- **כתיבה ופיתוח של משחקי מחשב** – 99 מאמרים. בחלק זה של המאמרים מתארים שפיתוח משחקי מחשב מעודד יצירתיות, ומאפשר לסטודנטים ליהנות מהפיתוח שלהם תוך כדי העבודה. דוגמה טובה לכך נכתבה במאמר
"Programming, PWNed" (Katie Seaborn at el, 2012):
"Games are an important part of popular culture and have successfully engaged audiences from different age groups [8]. This has caused many educators to start thinking of different ways to infuse game-based techniques (playing or construction) to enhance education"
- **פיתוח רובוטים** – 53 מאמרים – כחלק מפיתוח הרובוטים מלמדים את הסטודנטים פיתוח שברובו בשפות Low Level, המאפשר להם חוויה מוחשית בהפעלת הרובוט. לדוגמה – במאמר
"Understanding High School Students' Reading, Remixing, and Writing Codeable Circuits for Electronic Textiles" (Breanne K. Litts at el, 2017):
"We conducted a workshop with 23 high school students' ages 16-17 years who learned how to craft and code circuits with the LilyPad Arduino [...] our analyses not only confirm significant increases in students' understanding of functional circuits but also showcase students' ability in reading, remixing and writing program"
- **פרויקטים רב חוגיים** – 130 מאמרים. פרויקטים אלה מערבים מספר חוגים – אומנות, מוזיקה, תקשורת ועוד, ודרך כך מייצרים פרויקטים הקשורים ל"עולם האמיתי", פרויקטים בעלי משמעות המסתמכים על בעיות אמיתיות. למשל בתהליך המתואר במאמר
"Form, Function and Performances in a Musical Instrument MAKers Camp"
(Blake Sawyer at el, 2013):
"Students used various hardware sensors, a graphical programming environment and different physical prototyping techniques to create musical instruments. The design of a musical instrument introduces students to the full spectrum of the design process including form factor and function"

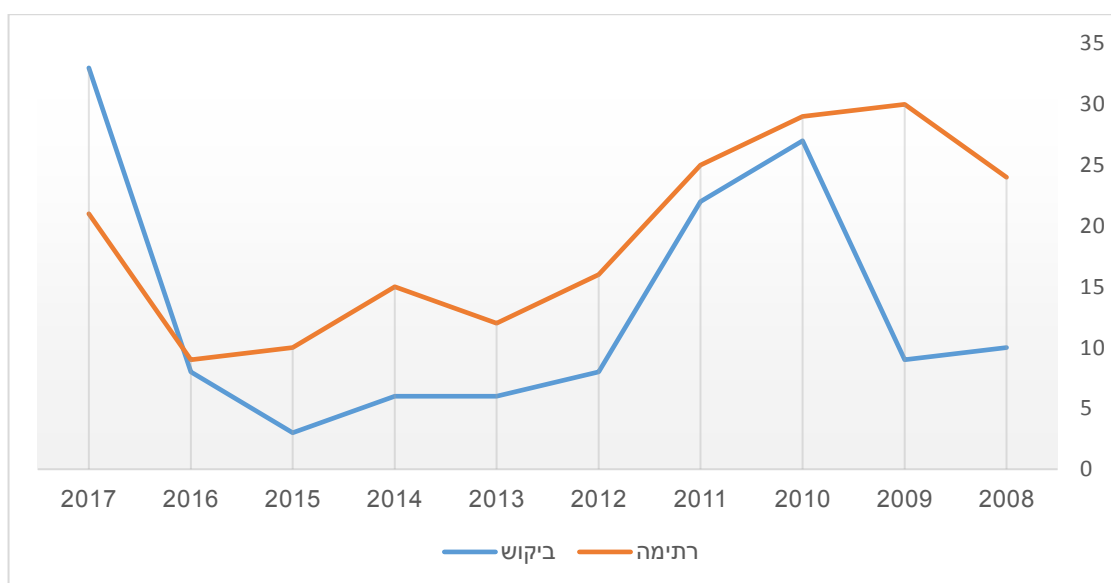
נביט בגרף המגמות של שלושת הנושאים:

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר



גרף 12 - נושאים להלחבת סטודנטים בתחום לימודיהם

הנתון המעניין מתגלה כאשר נבחן את סכום שלושת הנושאים, אל מול העיסוק בביקוש במדעי המחשב:



גרף 13 - עיסוק במדעי המחשב אל מול עיסוק בהלחבת הסטודנטים

הקשר הברור שיש בין שני המשתנים בגרף 13 מבהיר את הסיבה למגמה – חוסר בסטודנטים למדעי המחשב.

החוסר בסטודנטים מתבטא בשתי דרכים שונות –

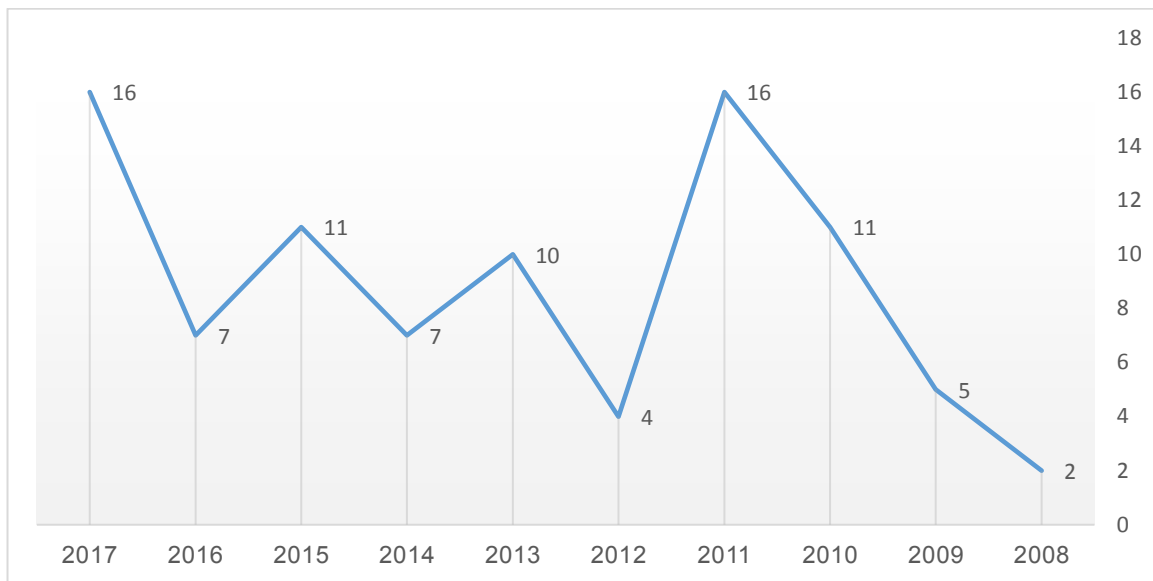
- א. "עיסוק בביקוש" כפי שעסקנו בסעיף 6.3 – העיסוק בכמות הסטודנטים הנרשמים ללימודי מדעי המחשב, בוחרים במסלול הלימוד ומתחילים את התואר.
- ב. רתימה והלהבה של הסטודנטים – כפי שעסקנו בסעיף זה- איך להשאיר סטודנטים שכבר נרשמו, למשוך אותם לסיום התואר ולגרום להם להתחבר ולאהוב את התחום שבחרו.

מהגרף ניתן לראות בבירור את הקשר בין שני הנושאים, ובכך מתקבלת תמונה מלאה על העיסוק במספר הבוגרים הכולל.

6.7 מורים

העיסוק במורים הוא חלק בלתי נפרד מהוראת מדעי המחשב. הנושא נידון במספר מאמרים (114 מאמרים, 8.3% מכלל המאמרים), ובא לידי ביטוי במספר צורות – הכשרה של מורים (סדנאות, חוגים, לימוד כלים וטכנולוגיות חדשות), הערכה של מורים, וכלים לעזר ההוראה.

נרצה לבחון את המגמות של העיסוק במורים לאורך שנות הכנס:



גרף 14 - מאמרים העוסקים במורים

יש שתי נקודות משמעותיות שנרצה להתייחס אליהן – 2010-2011 ושנת 2017.

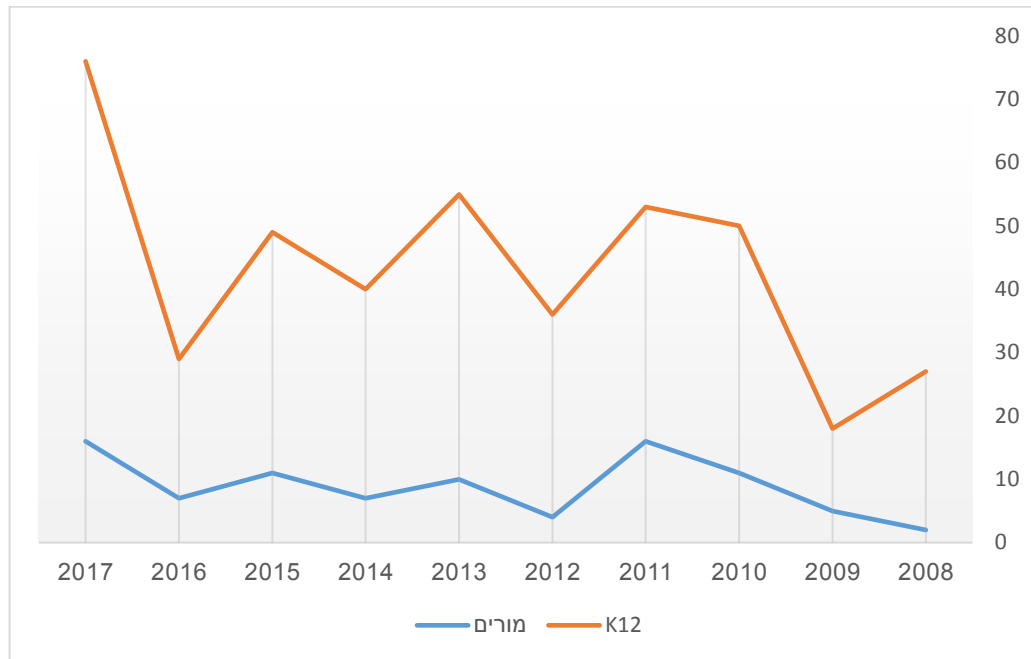
שנת 2010 ושנת 2011:

בשנים אלו אנחנו רואים מפנה במספר פרמטרים שמשפיעים על העיסוק במורים. בשנים 2009-2011 ניתן לראות באופן ברור (גרף 7, גרף 9) עלייה במספר הבוגרים בארה"ב במדעי המחשב, ועלייה בעיסוק בגילאים הצעירים בהוראת מדעי המחשב (יסודי, חטיבת ביניים ותיכון).

המגמה הכללית בשנים אלה היא התחלות לימודים רבות – יותר ויותר נרשמים ללימודי מדעי המחשב, ויותר בתי ספר רוצים לאפשר לתלמידים ללמוד את המקצוע – אך ההערכות של בתי הספר ומוסדות הלימוד אינה מאפשרת פתיחת כיתות לימוד (שכן יש חוסר משמעותי במורים). ככל שמתקדמת המגמה ללימודים בגילאים צעירים, כך מתחזקת המגמה של העיסוק במורים – שכן ככל שהמגמה עולה כך החוסר במורים מורגש יותר.

נתבונן על שני הגרפים יחד:

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר



גרף 15 - עיסוק במורים ועיסוק בחינוך בשכבות K-12

ניתן לראות בבירור את הקשר בין שני המשתנים - בשנים בהן יש עליה בעיסוק בהוראת מדעי המחשב בגילאים הצעירים (יסודי-תיכון) יש גם עליה בעיסוק במורים והכשרתם, ולהיפך.

נראה שקשר זה נכון לכל אורך העשור – נראה שיש השפעה הדדית בין העיסוק בחינוך לגיל הצעיר לבין העיסוק במורים.

דבר זה מסתדר הגיונית – הוראת המדעים לגילאים צעירים היא תחום מתפתח ומתעדכן כל העת, ויש בו עיסוק מתמשך בצורה ובדרך שבה נכון להכשיר את המורים, למדוד ולעזור להם להעביר את הנושא בצורה נכונה. לכן הגיוני שנראה שיש קשר הדוק בין העיסוק בתחום חדש זה לבין העיסוק במורים ובאנשי ההוראה.

כאשר מסתכלים על המאמרים העוסקים במורים –

- מתוך 114 מאמרים – 70 עוסקים בהוראת המדעים לגיל הצעיר, אל מול 44 העוסקים בהוראת מדעים לתואר ראשון ומעלה.
- מתוך 44 המאמרים העוסקים בהוראת לימודים גבוהים – 21 מהם עוסקים בהוראת קורסים בסיסיים, משתנה אחר שנטען כי יש לו קשר לחינוך לגיל הצעיר בסעיף 6.4, 201 נוספים עוסקים במורים באופן שאינו קשור לקורס ספציפי (הכשרה, סדנאות קיץ ועוד). כלומר – רק 3 מאמרים עוסקים במורים בקורסים מתקדמים.

שנת 2017:

גם כאן – ברורה השפעת "נאום מצב האומה" של הנשיא אובמה שבה התחיל את יוזמת CS For All (The White House, 2016).

עם יציאת התוכנית בינואר 2016 וכמו שתיארנו בסעיף הקודם, החלו בארה"ב להתמודד עם מחסור חמור במורים להוראת מדעי המחשב, ולכן נוצרו תוכניות לשילוב והכשרת מורים ומתנדבים, כמו שמתאר המאמר

"Preparing and Supporting Industry Professionals as Volunteer High School Computer Science Co-Instructors" (Anthony Papini et al, 2017):

"The rapid expansion of computer science (CS) education across the United States has left schools struggling to find teachers for CS classrooms. One approach to supplementing school and teacher expertise is to use industry professionals as volunteers in the classroom"

נראה שהמצב הבריטי דומה מאוד להתייחסויות שראינו בכנסים – בהקשרי ההכשרה, האיתור והגיוס, הרקע והצורך במורים. נראה בשיש דמיון בין העיסוק בדוחות הבריטים לכנסים, וכי הכנסים אכן מייצגים את המצב נאמנה.

בדוח של שנת 2012 (The Royal Society, 2012) שהעבודה עליו בוצעה בשנים 2010-2012 (שנים בהם גם בכנס ראינו עיסוק משמעותי בתחום) - נכתב כי יש להעלות את מספר המורים המוכשרים ללמד מדעי המחשב ("Specialist" לדברם) ולהעמיק את הכשרת המורים בתחום. בדוח צוין במפורש שחלק מהבעיות בהוראת מדעי המחשב באנגלית נובעות מהכשרה חלקית (ולא מספקת) של המורים, והעובדה שיש חוסר משמעותי במורים המסוגלים ללמד מעבר לרמה הבסיסית.

בהמשך, **בדוח של 2017** (The Royal Society, 2017) התייחסו לשלושה נושאים משמעותיים – גיוס מורים – צוין בדוח שמאז 2012 ועד 2017 הצליחו לגייס רק כ-70% מתקני המורים הנדרשים להוראת מדעי המחשב.

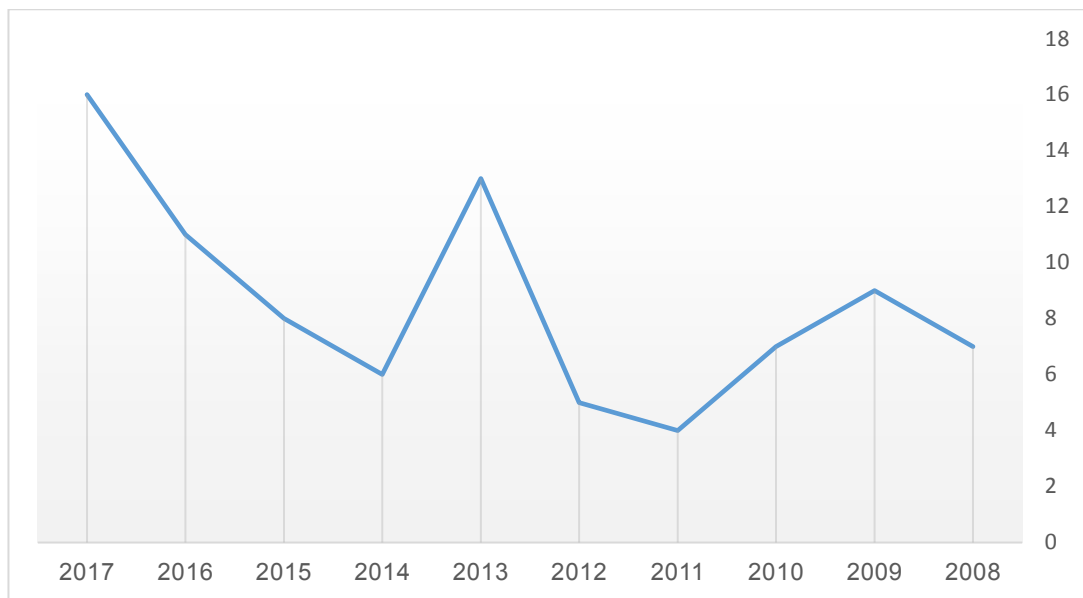
הרגשת הביטחון והשליטה בחומר של המורים - ע"פ הסקר שבוצע רק 32% מהמורים לגילאי היסודי ו-44% מהמורים לגילאים המאוחרים יותר (חטיבת ביניים ותיכון) מרגישים בטחון בהעברת תכני המבוא, ולא בהמשך הלימודים. המורים מרגישים שידם של התלמידים על העליונה, שכן הם גדלו בסביבה טכנולוגית, והמורים מרגישים שהם מבינים פחות. ובנוסף, המשך ההתייחסות להכשרת המורים – בדוח צוין שרק 30% מהמורים בגילאי חטיבת ביניים-תיכון הם בוגרי תואר במדעי המחשב, וביסודי 7% בלבד.

6.8 מגוון אוכלוסיות הסטודנטים

נושא מעניין שנמצא בפוקוס לאורך השנים הוא השילוב של נשים והבדלי התרבות בלימוד מדעי המחשב.

במאמרים מתואר הייצוג הלא תואם של נשים בתחום מדעי המחשב, ושל מיעוטים (אפרו-אמריקאים, היספאנים וכו') בתחום.
נבחן את המגמות כפי שבאות לידי ביטוי:

6.8.1 נשים במדעי המחשב



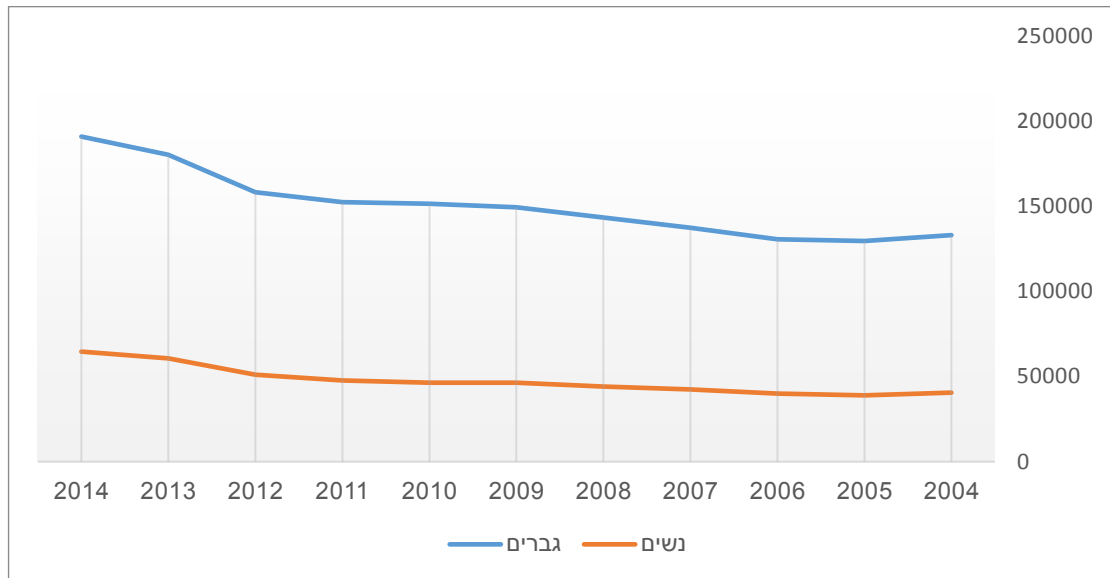
גרף 16 - מגמת עיסוק בנשים

לאורך העשור האחרון מאמרים רבים (86 מאמרים שהם 6.3% מכלל המאמרים) עסקו בכך שמעט נשים בוחרות ללמוד תואר במדעי המחשב. התייחסו לנושא זה במאמר:
"Design and Evaluation of a Computer Science and Engineering Course for Middle School Girls" (Gabriela Marcu et al, 2010):

"A significant focus in the United States recently has been to increase engagement and interest in STEM curricula, particularly among girls and underrepresented minorities. [...] With a focus on hands-on activities that result in meaningful products related to real-world applications, girls can become more engaged".

ניתן לראות את הנושא בבירור כאשר בוחנים את מספר הנשים המסיימות תואר במדעי המחשב אל מול כלל המסיימים, על פי הסטטיסטיקה (National Center for Education Statistics) (NCES), 2017):

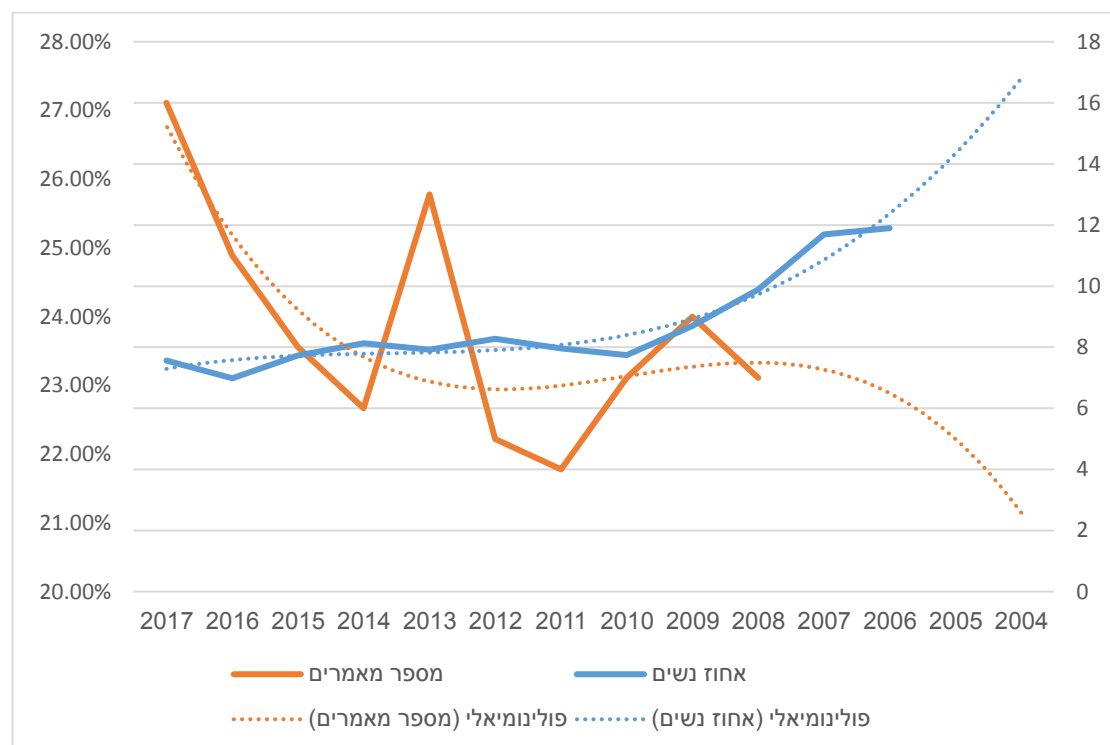
עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר



גרף 17 - מסיימי תארים במדעי המחשב בארה"ב - 2014-2004

בעוד שנראה כי המספר בעלייה, יש לשים לב שהעלייה של מספר המסיימים היא גדולה יותר, ולכן בעצם אחוז המסיימות קטן.

מתוך כך – אחוז הנשים המסיימות תואר במדעי המחשב עומד על 23%-24% בשנים הנ"ל. גם בדוח הבריטי (The Royal Society, 2017) ישנה התייחסות לתופעה, שם אחוז הנשים הוא נמוך עוד יותר (ונמצא בירידה לאורך הגילאים (כלומר בגילאים צעירים אחוז הנשים גבוה יותר). נתבונן על שילוב של שני הגרפים -גרף 16 ועיבוד של גרף 17 (הסתכלות על אחוז המסיימות):



גרף 18 - מאמרים העוסקים בנשים מול הנשים המסיימות תארים

הוספנו לגרף 18 גם קווי מגמה ("פולינומיאלי" – קו מגמה חזקתי, המשתנה באופן מעריכי לאורך השנים ונועד על מנת לתת לנו להבין את המגמה באופן מופשט יתר מהנקודות הבדידות של הגרף) על מנת שנוכל לראות בבירור את המגמות המתרחשות לאורך השנים.

בניגוד לנושאים אחרים אותם חקרנו במחקר זה, ניתן לראות שהמגמה (בקווים מנוקדים בגרף 18) היא מאוחדת מבחינת השנים – כלומר – המגמה היא מידית ובאותן השנים.

ניתן להסביר זאת בשתי צורות:

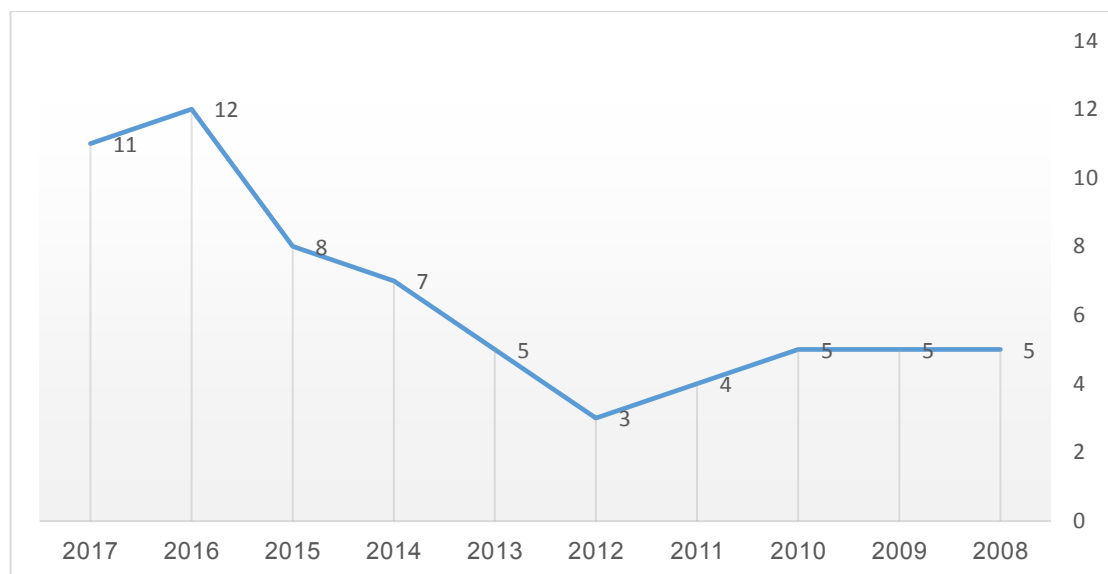
א. המחקרים בנושא זה התבססו בדרך כלל על נתוני הרשמה, ולא על נתוני בוגרות. במאמר "Growing Female Undergraduate Enrollments in Computer Science: What's the Secret?" (Wendy DuBow et al., 2013)

מתארים את הרקע הכללי:

"For the past decade, computer science and other computing [...] have seen dramatic decreases, or at best, stagnation in their enrollments in the major, particularly among females and other populations under-represented in computing."

ולכן נשים שסיימו בשנת 2008 בעצם נרשמו ללימודים בשנת 2004-2005, ולכן ניתן להבין את המגמה (עליה או ירידה במספר המסיימות) עוד לפני שסיימו את התואר (כלומר – לאחר הרישום ללימודים ולפני סיום התואר). במקרה זה – המאמרים שפורסמו למשל בשנת 2008 התבססו על נרשמות 2005, ובעצם יכלו לחזות את מגמת בוגרות 2008 מראש. ב. נושא העיסוק בנשים נמצא בפוקוס משמעותי – ולכן "האצבע על הדופק". נושא השילוב של נשים (וכמובן נושא השוויון באופן כללי) נמצא בשיח המחקרי והציבורי כבר מספר רב של שנים, ולכן המחקרים בו הם רציפים. המחקרים עוסקים כל העת במספר הלומדות, בהערכות מספר המסיימות ועוד, ולכן המגמה יכול להיות מדויקת ובקבועי זמן קצרים, שכן לא צריך "טריגר" למחקר (בניגוד למשל לנושא הגנת המרחב המקוון – שם אירוע סיביר גדול יכול לגרום למחקרים חדשים, מחקרים על נשים קיימים כל העת).

6.8.2 מיעוטים במדעי המחשב



גרף 19 - מגמת עיסוק בשילוב מיעוטים

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עוזר

נושא המיעוטים והאוכלוסיות המיוחדות (Minorities / Unrepresented) חוזר על עצמו במספר היבטים (בסה"כ 101 מאמרים שהם 7.3%). מבחינת המחקר – נתייחס למיעוטים המרכזיים המופיעים בכנס – היספאנים, תושבי שכונות קשות, אפרו-אמריקאים וכיוצא בהם. למשל – אחד המאמרים בכנס

Engaging Underrepresented Groups in High School Introductory Computing " through Computational Remixing with EarSketch" (Jason Freeman et al, 2014)

כותב במפורש במטרות המחקר:

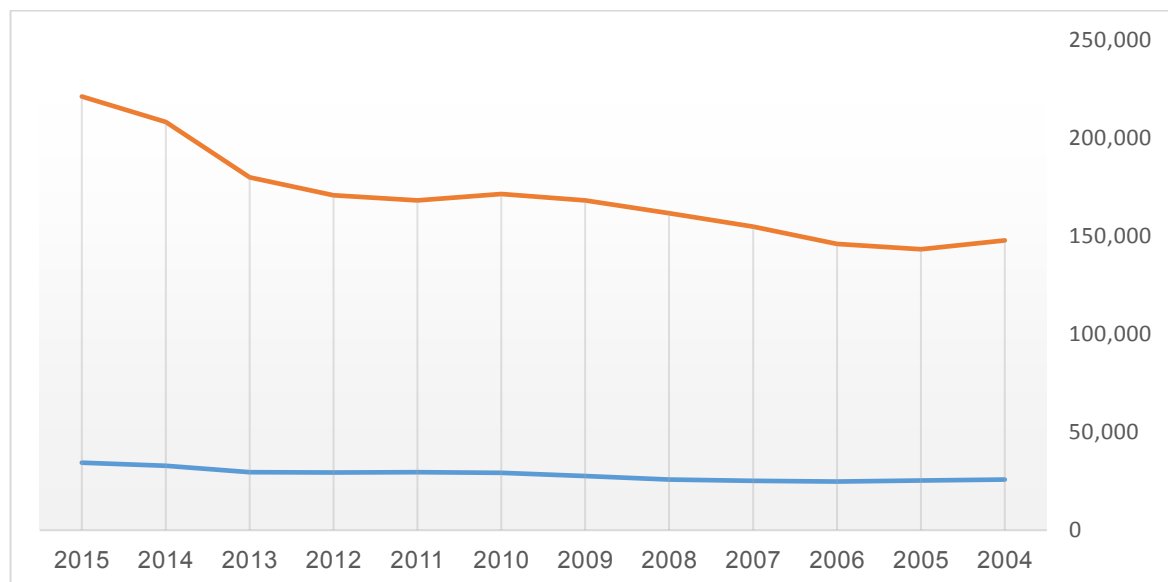
"Our research seeks to address the problem of recruitment and retention of underrepresented populations in high school computing courses."

העיסוק במיעוטים מהווה נושא משמעותי בכנס, משתי סיבות עיקריות:

- א. הייצוג של מיעוטים במדעי המחשב הוא נמוך מאוד ביחס לייצוג שלהם באוכלוסייה – הדבר מעיד על שילוב לא מיטבי בחברה ובשוק העבודה.
- ב. פוטנציאל בוגרים משמעותי – אם יותר מיעוטים ייחשפו לתכנים ואפשרויות מדעי המחשב כך יתאפשר להגדיל את בוגרי התחום ושוק הייטק ירוויח מכך.

כשמסתכלים על מגמת העיסוק בתחום זה, ניכרות 3 תקופות משמעותיות – שנים 2008-2010, שנים 2011-2012 שמהוות ירידה משמעותית בעיסוק בתחום, ושנת 2013 שהחלה עלייה בעיסוק עד לשנת 2017.

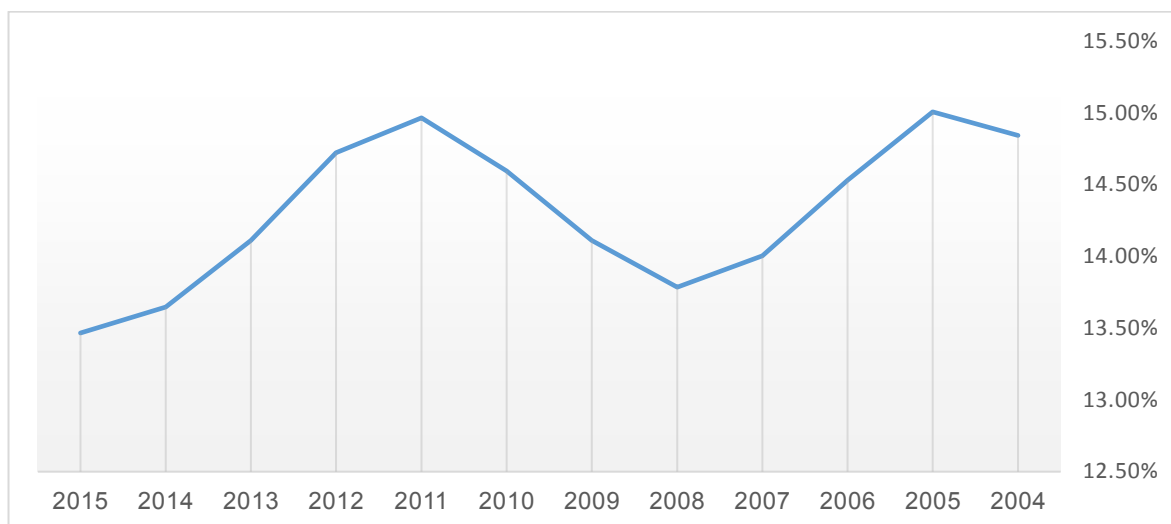
על מנת לבחון את המגמה (ובפרט את שלושת הנקודות שצוינו), נתבונן במספר הבוגרים בארה"ב (NSF-NIH, 1972-2015), בחלוקה למיעוטים ולשאר:



גרף 20 - מספר הבוגרים בארה"ב על פי שנים בחלוקה למיעוטים ולשאר

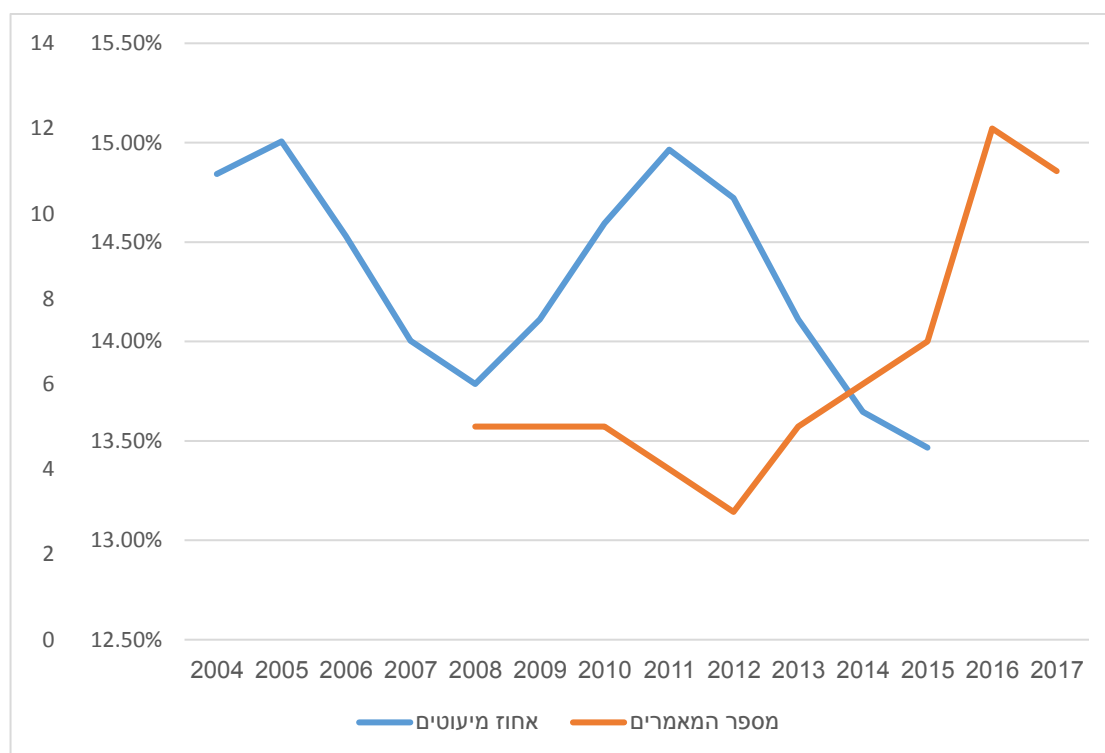
נשים לב שבעוד שנראה שיש עלייה במספר הבוגרים המיעוטים המסיימים בכל שנה, העלייה במספר הבוגרים הכללי הוא גדול הרבה יותר – ולכן המגמה היא דווקא שלילת. נבחן זאת על ידי בדיקת אחוז הבוגרים המיעוטים (מכלל הבוגרים) שסיימו בכל שנה:

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר



גרף 21 - אחוז הבוגרים המייעוטים בארה"ב

ועתה, נשים ביחד את שני הגרפים - גרף 19 וגרף 21 :



גרף 22 - אחוז המייעוטים הבוגרים ומספר המאמרים העוסקים בנושא

ניתן לראות בבירות כי יש קשר הפוך בין שני המשתנים - :

- בשנים שקדמו לשנת 2008 (לפני תקופת המחקר) הייתה ירידה לאורך השנים באחוז המייעוטים, ובשנים 2008-2010 יש עיסוק משמעותי בנושא השילוב.
- בשנת 2008 התהפכה המגמה של בוגרים מייעוטים, וזה משפיע על השנים העוקבות – לקראת שנת 2011 הנושא הפך להיות משמעותי פחות ולכן יש בו פחות עיסוק. נראה לכאורה שיש מגמת תיקון, ולכן נושאי המחקר עברו לנושאים אחרים.

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

- בשנת 2011 אחוז המיעוטים הבוגרים היה בשיאו (ביחס לאותה תקופה), ומספר המאמרים העוסקים בסוגיה בשנה שאחרי - היה בשפל בהתאם.
 - בשנת 2012 החלה ירידה במספר הבוגרים המיעוטים, והנושא החל לחזור לעיסוק בכנס – אנחנו רואים בבירור את הקשר משנה זו והילך – בעוד שאחוז הבוגרים המיעוטים הולך ויורד משנה לשנה, מספר המאמרים העוסקים בנושא זה הלך ועלה לאורך השנים.
- מעניין לציין פה את מה שתואר במאמר (חזן, 2007), על השילוב בין שני הפרמטרים בישראל – מיעוטים ונשים.
- על פי המאמר (והמאמרים עליו מסתמך), בישראל אחוז הנשים מתוך כלל הניגשים לבגרות במדעי המחשב (5 יח"ל) –
- בקרב ה"רוב" היהודי – כ- 20-25%
 - בקרב המיעוט הערבי – כ- 50%
- יש שתי פעולות שמעוניינים לעשות – להעלות את אחוז הניגשים מקרב המיעוטים ולהעלות את אחוז הניגשות מקרב הנשים.
- על פי המאמר – בקרב המיעוטים יש יותר ניגשות ולומדות מדעי המחשב דווקא מתוך תפיסת המיעוט והרצון לצרוך מקצועות "יוקרתיים" שיעלו את מעמדם (וזאת למרות היותם מיעוטים). המאמר מתייחס לצורך בשילוב מיעוטים ונשים כ"אמצעי להשגת המטרה" ולא כ"מטרה מרכזית בעצמו" – כלומר, כאשר נתייחס לשילוב מיעוטים ונשים כנושא חשוב בדרך למטרה הסופית (העלאת מספר בוגרי מדעי המחשב).

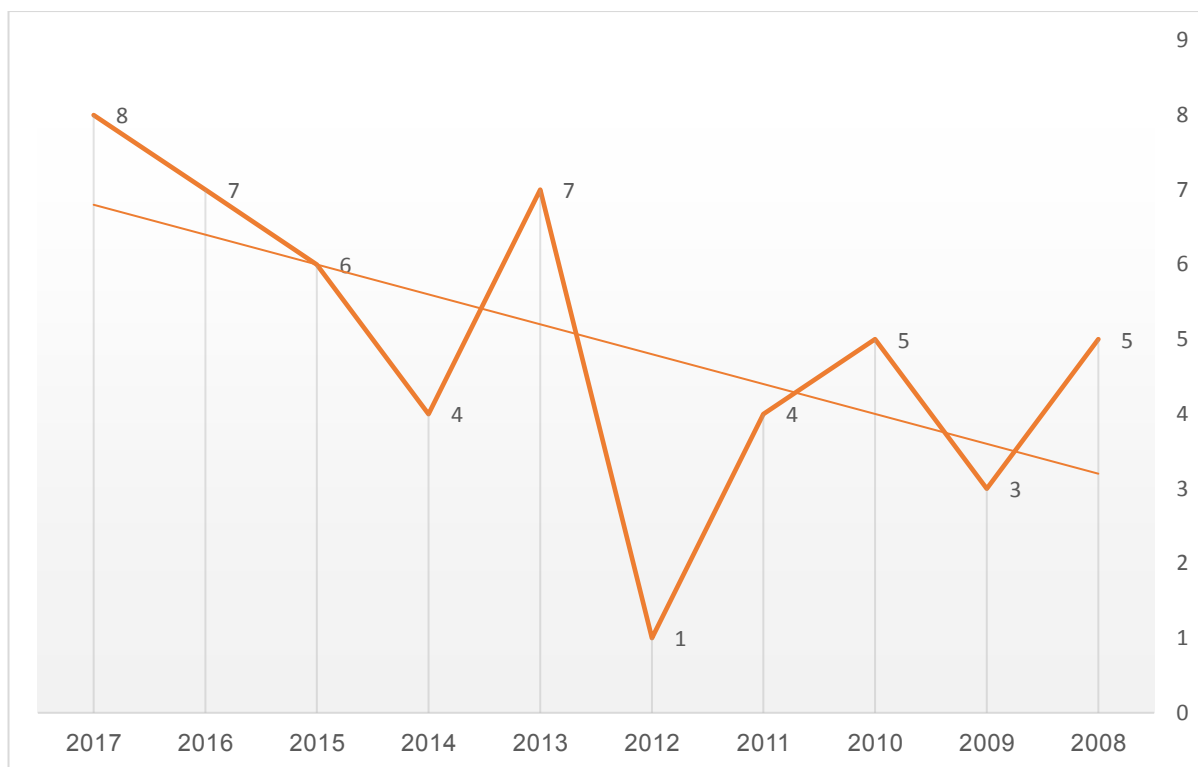
6.9 הגנה והתקפה במרחב המקוון

חלק מהמאמרים בכנס עוסקים בחשיבות לימודי הגנה והתקפה של מערכות מידע ותוכנה (68 מאמרים – 4.9% מהמאמרים).

בחלק זה התייחסנו למאמרים העוסקים בתחום הסייבר, ההגנה וההתקפה של מערכות מידע. ישנם מאמרים רבים העוסקים בתחום הזה – איך להגן על מערכות מידע, איך לבנות מערכת נכון על מנת שתהיה מוגנת מהתקפות נפוצות, איך להתקיף מערכות מידע אחרות, ועוד, כפי שצוין באחד ממאמרי הכנס

"Toward Curricular Guidelines for Cybersecurity" (Andrew McGettrick at el, 2014) :
"The *"mind set"* of the cybersecurity professional is an important factor in preventing, detecting, and mitigating security breaches. Developing this way of thinking must be part of recruiting and educating cybersecurity professionals."

העיסוק בתחום נמצא בעלייה מתמדת בעולם בשנים האחרונות, והפך לאחרונה (לאחר סדרת אירועים והתקפות מפורסמות) למדובר ומוכר בתחום. בהוראת מדעי המחשב ניתן לראות את העלייה במגמה גם כן. נבחן את המגמה בכנס SIGCSE בעיסוק בהגנה ובהתקפה במרחב המקוון :



גרף 23 - מאמרים העוסקים בהגנה ובהתקפה במרחב המקוון

קו המגמה מציג עלייה בעיסוק באופן ברור, אך נרצה לבחון את נקודות השיא הברורות בשנים 2010, 2013, 2015-2017.

נתבונן בשנים **שלפני** נקודות השיא הללו – האם היו אירועים חריגים בשנים 2009, 2012, 2014: התשובה כצפוי היא חיובית.

2009

- **התולעת קונפיקר** מדביקה כ-9,000,000 מחשבים ברחבי העולם – תולעת שהופצה בסוף שנת 2008 אך תוכננה להתעורר ב-1/4/09. התולעת התגלתה בתחילת שנת 2009 והציגה לעולם את החשיבות בבדיקת אתרים מהימנים, ובעדכוני האבטחה של מערכת ההפעלה. על פי ויקיפדיה⁵ בין הנדבקים היו משרד ההגנה הבריטי הצי המלכותי וצוללות בו, הצבא הגרמני ומערכת המשפט ביוסטון (ארה"ב). חברת מייקרוסופט הציעה פרס על סך רבע מיליון דולר למי שיסייע במאסר האחראים לוורוס, שנחשב לאחד המזיקים בתולדות המחשבים האנושיים.

2012

- שנת 2012 הייתה רוויה באירועי סייבר משמעותיים בעלי כסוי תקשורתי רב, ביניהם:
- האקר סעודי פרסם 400,000 פרטי אשראי באינטרנט, ואיים לפרסם עוד מיליון פרטי אשראי ישראלים. בתגובה – האקרים ישראלים פרסמו 200 פרטי אשראי סעודים⁶.
 - פריצה לחברת פוקסקון – מידע רב נגנב, ובו אימיילים וסיסמאות לשרתים. בנוסף נגנבים מספרי החשבונות של חברות ענק העובדות עם פוקסקון – אפל, מייקרוסופט ועוד⁷.
 - פריצה לאתר LinkedIn ופרסום כ-6,500,000 מיליון סיסמאות ברשת. בתגובה בית המשפט בארה"ב שופט את מבצע העבירה בעבירה של גניבת זהות והתחזות⁸.
 - חברת הנפט הגדולה בעולם (והחברה בעלת השווי הגבוהה בעולם) עראמקו הסעודית משותקת על ידי האקר איראני למשך מספר חודשים. זוהי התקפת הסייבר שגרמה לפגיעה הכלכלית הגבוהה ביותר בהיסטוריה – החברה שותקה, הושבתו בה מעל ל-35,000 מחשבים. ההאקר האיראני פעל כנקמה על פעילות Suxnet שכיזוע פגעה בייצור האטום האיראני (הפעולה בוצעה ב-2010, אך באותה שנה פורסם כי לכאורה המבצעים הם ישראל וארה"ב)

2014-2016

- בשלוש השנים האלו החל עיסוק משמעותי בתחום ההגנה וההתקפה של מערכות מידע בעולם, ובפרט אירעו מספר אירועים חמורים שהעלו משמעותית את התודעה:
- פריצה למחשבי הבית הלבן – פריצה שנחשבה על ידי סוכנויות הביון האמריקאיות לאחת המורכבות שאי פעם בוצעו נגד ארה"ב⁹.
 - בעקבות פרסום הסרט "ראיון סוף" העוסק בהתנקשות במנהיג צפון קוריאה, נפרצים שרתי חברת Sony ונגנב משם חומר עליו עבדו בחברה¹⁰.

⁵ קונפיקר, ויקיפדיה

⁶ כתבה – וושינגטון פוסט

⁷ כתבה – הגרדיאן

⁸ פוסט – הבלוג הטכנולוגי Cult Of Mac

⁹ כתבה – CNN

¹⁰ כתבה – אינדיפנדנט

- פרטיהם של 21,500,000 אזרחי ארה"ב נגנבים ממשדד ניהול משאבי האנוש האמריקאי. רוב הקורבנות הם עובדי הממשל, ומתראיינים לשעבר למשרות ממשלתיות. הנחת הממשלה הייתה כי מאחורי התקפה זו עומדת ממשלת סין¹¹.
- התקפת DDoS גדולה על שרתי DNS בצפון אמריקה¹², השביתה למספר שעות שירותי ענק למשתמשי צפון אמריקה ואירופה (Airbnb, Amazon, CNN, BBC ועוד), תקיפה שנחשבת לDDoS הגדול בהיסטוריה

לעומת זאת – הכנס של שנת 2012:

כנס שנת 2012 הינו **אנומליה** במחקר. בשנת 2011 היו מספר אירועי סייבר משמעותיים (שלכאורה – היו אמורים לגרום לעלייה במאמרי הנושא בכנס בשנת 2012), אך לא התקיימו מחקרים רבים בכנס זה. למעשה – בשנת זו רק מאמר אחד עסק בהגנת מערכות תוכנה – "Teaching secure coding: report from summit on education in secure software" (Blair Taylor at el, 2012) העוסק בפסגה שהתקיימה בנושא קוד מאובטח.

¹¹ כתבה – [וול סטריט ג'ורנל](#)

¹² מתקפת הסייבר על Dyn - [ויקיפדיה](#)

7. הצצה לכנס 2018

מכיוון שהכנס של שנת 2018 התקיים לפני סיום מחקר זה, בחרנו לספק הצצה לתכניו כחלק מסיכום העבודה.

בכנס זה היו מספר נושאים בולטים במיוחד:

- הגנת מידע – הנושא של הגנת המידע והוראת Cyber Security בלט מאוד בכנס של שנה זו. בכנס היו 11 מאמרים שעסקו בנושאי הגנה והתקפה במרחב המקוון – יותר מבכל שנה אחרת בעשור הנחקר (ראו סעיף 6.9)
- אוכלוסיות הסטודנטים – בשנת 2018 היו 10 מאמרים שעוסקים באוכלוסיות מוחלשות ומיעוטים ושילובים בתחום מדעי המחשב – המשך ישיר של מגמת העלייה מהשנים האחרונות. לעומת זאת – רק 3 מאמרים עסקו באופן ישיר בשילוב נשים ומשיכת נשים לתחום, וזו ירידה דרמטית משנת 2017 (ראו סעיף 6.8).
- הלהבת הסטודנטים – עלייה בעיסוק בתחומים שהוזכרו בסעיף 6.6 – פרויקטים וקורסים רב חוגיים – 11 מאמרים בנושא, עיסוק ופיתוח משחקי מחשב – 9 מאמרים בנושא, עבודה ובנייה של רובוטים – 5 מאמרים בנושא. סה"כ 25 מאמרים בנושא הלהבת הסטודנטים שהחלו לימודיהם, עלייה משמעותית מהשנים האחרונות (ראו סעיף 6.6)
- קורסים – באופן כללי – נראה שהרוב המוחלט של המאמרים עוסק בקורסים ונושאים בסיסיים וראשוניים במדעי המחשב. מרבית הקורסים עסקו בקורסי התכנות הראשוניים בתואר, בקורסי המבוא (CS0, CS1 ועוד), ובקורסי קומפילציה. ניתן לראות בבירור שהמגמה של עיסוק בקורסים בסיסיים המשיכה להתחזק גם אל תוך 2018 (ראו סעיף 6.5)
- מאמרים העוסקים בשילוב בשוק ההייטק – נושא של חזר על עצמו באופן משמעותי בעשור האחרון (ולכן גם לא נחקר בפני עצמו), אבל חוזר על עצמו במספר מאמרים בשנת 2018. במאמרים אלו חוקרים את הדרישות והכישורים לעבודה בתחומי מדעי המחשב, ואת ההוראה הנדרשת על מנת לייצר כישורים המתאימים לשוק העבודה (לאו דווקא טכנולוגיים).

מאמר מעניין שהוצג בכנס זה היה (Monica M. McGill, 2018), מאמר הבוחן את המאמרים המוצגים בכנסים – לבחון האם הפתרונות המוצגים שם ניתנים ליישום בקלות במקומות נוספים. המאמר הגדיר סט של מאפיינים שצריכים להיות לכל הצעה, על מנת שניתן יהיה לשחזר אותה מחדש (למשל – הגדרת מספר המשתתפים, הגדרת הכשרת המדריכים ועוד). המאמר בחן מאמרים מסוג מסוים – כאלה שעוסקים בחינוך לגילאים צעירים יותר (K-12 בלבד). המאמר סוכם בכך שבעצם רוב המאמרים שמגיעים לכנסים אינם ניתנים ליישום פשוט על ידי מי שירצה להשתמש בפתרון –

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

"We find that even basic program elements are often overlooked in reporting about pre-college computing activities. This makes it challenging, if not impossible, for activity instructors to replicate it at their own camp or after-school club and for researchers to replicate any associated studies."

מעבר לכך בהקשר המחקר שלנו – במאמר פורסמה טבלה של מספר המאמרים בכל אחד מהכנסים העוסק בחינוך לגילאי K-12 :

ניתן לראות שהמגמה בו בהקשר החינוך לגילאים הצעירים דומה למה שהוצגה במחקרינו. מעניין לראות כי בעוד בכנס SIGCSE ביצענו מחקר מגמות, ההשתקפות של מגמה זו שונה בכנס ITiCSE ו ICER, שם העיסוק משנתה לאורך השנים והמגמות משתקפות אחרת. השוני ניכר בטבלה 1 במאמר (המובאת גם כאן – כטבלה) :

טבלה 6 - טבלת מספר המאמרים העוסקים בחינוך לגילאי K-12 מתוך המאמר (Monica M. : (McGill, 2018

שנה	SIGCSE		ICER		TOCE		סה"כ	
	מס'	%	מס'	%	מס'	%	מס'	%
2012	23	17.8%	2	9.5%	2	8.3%	27	15.5%
2013	33	25.6%	6	28.6%	1	4.2%	44	23.0%
2014	24	18.6%	1	4.8%	14	58.3%	39	22.4%
2015	18	14.0%	9	42.9%	5	20.8%	32	18.4%
2016	31	24.0%	3	14.3%	2	8.3%	36	20.7%
סה"כ	129		21		24		174	

זהו נושא מעניין למחקר ויפורט בסעיף 9.

8. דיון ומסקנות

במחקר זה קראנו את 1,366 מאמרי העשור האחרון בכנס SIGCSE - Technical Symposium on Computer Science Education, וניתחנו את המגמות הנשקפות מהם. לאחר קריאת המאמרים בנינו טבלה, בה כל שורה היא מאמר וכל עמודה היא התייחסות המאמר לאחד הפרמטרים (אם יש התייחס כזו). בסיום מעבר על כלל המאמרים ניתחנו את מגמות העשור האחרון בכל אחד מ-9 הפרמטרים שנבחרו כמשמעותיים.

להלן עיקרי תוצאות הניתוח מהפרמטרים השונים :

- א. מדינות המחבר - נראית באופן ניכר השפעת ארה"ב על הכנס - הכנס, בעודו בינלאומי, מושפע מאוד מכמות המאמרים שנכתבו על ידי (או בשיתוף) חוקרים אמריקאים, מה שכנראה שגורם לו לאבד את הראייה של שאר אזורי העולם. המשמעות היא שייתכן ובמזרח הרחוק או באירופה קיימת מגמה משמעותית מאוד (או אפילו הפוכה) שלא תבוא לידי ביטוי בכנס. למשל – יוזמה של הנשיא האמריקאי ללימוד מדעי המחשב בגילאים צעירים סוחפת את הכנס לתחומי מחקר מסוימים (שכבות גיל, ביקוש), בעוד שייתכן שנושאים אחרים עומדים על הפרק במדינות אחרות (למשל – השקעה בלימודי הגנה על המרחב המקוון בישראל).
- ב. שפות התכנות – ראינו הלימה ל"עולם" – ראינו שהשפות שבשימוש בעולם ההייטק נמצאות גם במוקדי המאמרים בכנס, ושהמגמות יחסית מתאימות למתרחש.
- ג. ביקוש ללימוד מדעי המחשב - באופן כללי יש לאורך השנים עלייה בתחומים העוסקים בהעלאת מספר בוגרי מדעי המחשב – איך לייצר ביקוש, איך לרתום את הסטודנטים שנרשמו, איך לעודד אוכלוסיות נוספות ונשים ועוד. הירידה במספר בוגרי מדעי המחשב בארה"ב (וכנראה במדינות נוספות) ניכרת, ומשפיעה באופן ברור על תכני הכנס שלאורך השנים עוסקים המון בנושא זה משלל זוויותיו. ראינו קשר הפוך ברור בין העיסוק בביקוש למדעי המחשב לבין מספר הנרשמים – מגמה שהלכה והשתפרה לאורך העשור האחרון.
- ד. שכבות גיל – לאורך השנים יש עליה בעיסוק בהוראת מדעי המחשב לגילאים צעירים (ובגיל צעיר יותר ויותר) – כאשר המגמה האחרונה היא הוראה מגילאי בית הספר היסודי. הדבר נובע מהצורך לחשיפה מוקדמת כמה שאפשר לתחום, על מנת שבהמשך ירצו ויבחרו ללמוד את תחומי מדעי המחשב כתואר ראשון. ראינו כי פורסמו מספר דוחות העוסקים בנושא זה באופן מפורט וממליצים להעמיק את חינוך מדעי המחשב בגילאים הצעירים, וראינו כי הנשיא אובמה (וגם הנשיא טראמפ לאחריו) שם דגש על הוראת מדעי המחשב בכלל גילאי החינוך הפורמאלי.
- ה. קורסים בהם עסקו המאמרים - החוסר של בוגרי מדעי המחשב חוזר על עצמו גם בפרמטר זה – לאורך כל התכנים אנחנו רואים עבודות העוסקות בהתאמת הקורסים הראשונים, עבודה על קורסים העוסקים בכישורים נדרשים לעובדי ההייטק ועוד. יש ניסיון להתאים את הקורסים גם לסטודנטים נוספים שיוכלו להיכנס ללמוד אותם

(להנגיש, להקל ולאפשר) וגם להתאים אותם לנקודת היציאה (להכשיר לכישורים חדשים).

1. הלהבת הסטודנטים – מורכב משלושה פרמטרים – פיתוח משחקי מחשב, בניית ותכנות רובוטים ופרויקטים רב חוגיים. ראינו שיש מגוון עבודות העוסקות בכל אחד מהשיטות להלהיב את הסטודנטים ולגרום להם להתחבר למקצוע, וראינו שיש קשר ברור בין העיסוק בלהלהיב את הסטודנט לבין הפרמטר של הביקוש למדעי המחשב (ומכאן שיש קשר בין הלהבת הסטודנט למספר הנרשמים).
2. העיסוק במורים – ראינו שיש קשר בין העיסוק במורים והכשרתם ובין העיסוק בהוראת מדעי המחשב לגילאים הצעירים. הדבר נובע מהחוסר במורים והצורך המידי לגייס מורים נוספים ללימוד מדעי המחשב.
3. מגוון האוכלוסיות –
 - א. נשים במדעי המחשב – גם כאן ישנו קשר הפוך בין מספר הנשים המתחילות ללימוד מדעי המחשב לבין העיסוק בכנס בנושא זה. ראינו שהמגמה לאורך השנים משתפרת אך לא באופן מספיק משמעותי, ויש מאמצים רבים (ומאמרים העוסקים בכך) לחשוף ולמשוך עוד נשים לתחום מדעי המחשב.
 - ב. מיעוטים במדעי המחשב – כאן ראינו שיש קשר הפוך ברור בין אחוז המיעוטים המסיימים תואר במדעי המחשב ובין מספר המאמרים בכנס, גם כאן – ישנו עבודות רבות על הנגשת מדעי המחשב למיעוטים, לנוער שאין לו גישה ישירה למחשבים ועוד.
 - ט. הגנת והתקפת המרחב המקוון - תחום הסייבר והגנת המידע הוא תחום מתפתח מאוד בעולם וכך גם בכנסים – יותר ויותר נחשפים בתקשורת אירועי סייבר המתרחשים בעולם (ובארה"ב בפרט), העולם נהיה מודע יותר ומבין יותר את הצורך, ועמו גם תחום הוראת מדעי המחשב – אנחנו רואים עבודות העוסקות בהוראת התחום ובאירועי סייבר בולטים שקורים מידי שנה. בעשור האחרון יש עלייה כללית בעיסוק בתחום, ובהצצה לכנס של 2018 ראינו שיש עלייה משמעותית עוד יותר.

מעניין לראות שאירועים משמעותיים בעולם (ובארה"ב בפרט) משפיעים באופן משמעותי על התכנים בכנסים – כך הצהרת הנשיא אובמה (The White House, 2016) השפיעה באופן מיידי על העיסוק בביקוש, שכבות גיל ועוד. אירועי סייבר משמעותיים משפיעים על העיסוק בהגנה והתקפה על המרחב המקוון וכו'.

ראינו גם התאמות בין שני פרמטרים – למשל, שכאשר יש עלייה בעיסוק בהוראת מדעי המחשב לגילאים צעירים, יש עליה בעיסוק במורים (על מנת להתמודד עם מספר הלומדים). ראינו גם שיש קשר בין העיסוק ההולך ועולה בקורסי מדעי המחשב הבסיסיים והעיסוק בחינוך לגיל הצעיר. ראינו קשר בין הנושאים של הלהבת מדעי המחשב והביקוש ללימודי מדעי המחשב, קשר שעוסק בהעלאת מספר הבוגרים וההתמודדות עם מחסור בעובדי הייטק (אליו מתחברים גם העיסוק בנשים ומיעוטים).

הדבר מראה על קשרים חזקים בין נושאים שלכאורה נראים לא קשורים, ואפשר דרכו להבין טוב יותר על השפעות התחומים זה על זה.

עבודת תיזה בהוראת מדעי המחשב
עידו קרלן בהנחיית פרופ' יהודית גל-עזר

המסקנה ממחקר המגמות היא אם כן - מצד אחד – אנחנו רואים הלימה נכונה בין המגמות המובאות בעבודות הכנס, לבין המגמות המתרחשות בשוק האמריקאי. על פניו ניכר שיש התאמה בין המתרחש לבין נושאי העבודות, ולהיפך. אבל מצד שני – אם נזכר שהכנס הינו בין לאומי – המסקנה היא לאו דווקא חיובית, שכן לא ברור אם יש הלימה בין תכני הכנס לבין שאר המדינות המשתתפות בו, שכן לא נראה שאירועים משמעותיים הקורים במדינות האחרות משפיעות על תכני ומגמות הכנס מעבר אולי לאזכור באחת העבודות.

9. כיווני מחקר נוספים

לאחר ניתוח המסקנות – להלן כיווני המחקר הנוספים שניתן להמשיך ולחקור בהקשר לעבודה

זו :

- השוואה נקודתית של מגמות הכנס אל מול מדינות מסוימות – ניתחנו בעבודה זו את המגמות וראינו שיש הלימה. כיוון שתכני הכנס מוטים על ידי ארה"ב, נכון לחקור את המגמות עם מדינות מסוימות – למשל – האם המגמות המשתקפות בכנס תואמות באופן ספציפי למצב בסין או בקנדה? דרך כך אפשר לבדוד ולהבין את המגמות במדינה הספציפית והתאמת המגמות בכנס לעולם הגלובאלי.
- העמקה במגמה אחת ספציפית במספר רב של מדינות – לבחור באחת המגמות כמעניינת, ולחקור אותה לעומק במספר מדינות. למשל – נושא מספר הנשים הנרשמות ללימודי מדעי המחשב, ייתכן ונחקר במספר מדינות ונמצא שבחלקן הנשים אינן מהוות מיעוט בהרשמה. חקירה זו יכולה לשפוך אור על פתרונות אחרים למגמות מוכרות.
- חקירה בכיוון ההפוך – לבחון האם אירועים משמעותיים בעולם השתקפו למאמרי הכנס. למשל – שפת Angular שיצאה לראשונה בשנת 2010 שינתה את שיטות הפיתוח של עולם Web, האם הייתה לזה השפעה על תכני הכנס? בצורה זו ניתן לבחון האם נושאי הכנס הם מיושנים ומסורתיים, האם הם מהווים המשכיות לכנסים ונושאים קודמים או שהם מביאים מגמות ונושאים חדשים לגמרי לתוך עולם ההוראה.
- השוואת מגמות הכנס לכנסי הוראה אחרים – בהמשך למה שפורט בסעיף 7, השוואת המגמות מול כנסי ITiCSE ו-ICER של ארגון ACM, ובדיקה האם יש הלימה בין כלל הכנסים במגמות השונות. ראינו בטבלה 6 של המאמר ניתן לראות שיש הבדל משמעותי בין הכנסים השונים בהקשרי חינוך לגילאי K-12 – המגמות משתקפות אחרת בכל כנס. יכול להיות מעניין לחקור אילו גורמים משפיעים על כל אחד מהכנסים.
- השוואות נקודתיות של מאמרים אל מול מדינות אחרות – ישנם מאמרים העוסקים בפערים בהוראת מדעי המחשב, מעניין לבחון האם הפערים משתקפים במדינות נוספות, ואם כן באילו. נכון להתמקד ב-5 המדינות המובילות בכנסים, אך ניתן דווקא להתמקד במדינות שפחות בלטו – ואולי נכון לשנות את היחס בינן. למשל – אם נראה שיש מגמות שהן הפוכות לחלוטין, אולי נכון דווקא לעודד מחקרים ממדינות אחרות, או אם נגלה מגמות שלא באות לידי ביטוי אולי נכון לפרסם זאת כרעיון למחקר על מנת לעודד מחקרים בנושא.

10. ביבליוגרפיה

- ACM. (n.d.). *ACM Digital Library*. Retrieved from <http://dl.acm.org/>
- ACM. (n.d.). *ACM Homepage*. Retrieved from <https://www.acm.org/>
- CODE.ORG. (n.d.). *Promote Computer Science*. Retrieved from <https://code.org/promote/ms>
- CSTA. (2010). *Running On Empty: The Failure to Teach K–12 Computer*.
- CSTA. (2018). *Education Week 2018*. Retrieved from <https://csedweek.org/>
- CSTA. (n.d.). <https://www.csteachers.org/page/About>. Retrieved from <https://www.csteachers.org/page/About>
- ICER. (2017). *ICER 2017*. Retrieved from <https://icer.hosting.acm.org/>
- ITiCSE. (2017). *22nd Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. Retrieved from <http://iticse.acm.org/>
- Judith Gal-Ezer, M. A. (2014, December). Early computing education: why? what? when? who? *acm Inroads*(5), 6.
- Improving Research and Experience Reports of Pre-College. (2018). Monica M. McGill, A' D
- National Center for Education Statistics (NCES). (2017). *Bachelor's degrees conferred by postsecondary institutions, by field of study: Selected years, 1970-71 through 2014-15*. Retrieved from https://nces.ed.gov/programs/digest/d16/tables/dt16_322.10.asp
- NSF-NIH. (1972-2015). *Survey of Graduate Students & Postdoctorates in Science and Engineering*. NSF-NIH. Retrieved from <https://ncesdata.nsf.gov/webcaspar/index.jsp?subHeader=WebCASPARHome>
- SIGSCE. (2008). *SIGSCE '08: Proceedings of the 39th SIGSCE technical symposium*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1352135&CFID=768702658&CFTOKEN=21398680>
- SIGSCE. (2009). *SIGSCE '09: Proceedings of the 40th ACM technical symposium*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1508865&CFID=768702658&CFTOKEN=21398680>
- SIGSCE. (2010). *SIGSCE '10: Proceedings of the 41st ACM technical symposium*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1734263&CFID=768702658&CFTOKEN=21398680>
- SIGSCE. (2011). *SIGSCE '11: Proceedings of the 42nd ACM technical symposium*. Retrieved from

- <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1953163&CFID=768702658&CFTOKEN=21398680>
- SIGSCE. (2012). *SIGCSE '12: Proceedings of the 43rd ACM technical symposium*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2157136&CFID=768702658&CFTOKEN=21398680>
- SIGSCE. (2013). *SIGCSE '13: Proceeding of the 44th ACM technical symposium*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2445196&CFID=768702658&CFTOKEN=21398680>
- SIGSCE. (2014). *SIGCSE '14: Proceedings of the 45th ACM technical symposium*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2538862&CFID=768702658&CFTOKEN=21398680>
- SIGSCE. (2015). *SIGCSE '15: Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2676723&CFID=768702658&CFTOKEN=21398680>
- SIGSCE. (2016). *SIGCSE '16: Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2839509&picked=prox&CFID=769637188&CFTOKEN=41735668>
- SIGSCE. (2017). *SIGCSE '17: Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=3017680&CFID=768702658&CFTOKEN=21398680>
- SIGSCE. (n.d.). *SIGSCE Homepage*. Retrieved from <http://sigcse.org/sigcse/>
- The Royal Society. (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*.
- The Royal Society. (2017). *After the reboot: computing education in UK schools*.
- The White House. (2016). *CS For All*. Retrieved from White House: <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>
- The White House. (2017). *President Trump Signs Presidential Memo to Increase Access to STEM and Computer Science Education*. Retrieved from <https://www.whitehouse.gov/articles/president-trump-signs-presidential-memo-increase-access-stem-computer-science-education/>
- TIOBE. (2018, 01 24). *TIOBE*. Retrieved from <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>
- Wikipedia. (n.d.). *Wikipedia - ACM*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Association_for_Computing_Machinery

- Wikipedia. (n.d.). *Wikipedia - Advanced Placement*. Retrieved from
https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Placement
- Wikipedia. (n.d.). *Wikipedia - AP Computer Science A*. Retrieved from
https://en.wikipedia.org/wiki/AP_Computer_Science_A
- Wikipedia. (n.d.). *Wikipedia - AP Computer Science Principles*. Retrieved from
https://en.wikipedia.org/wiki/AP_Computer_Science_Principles
- Wikipedia. (n.d.). *Wikipedia - SIGCSE*. Retrieved from
<https://en.wikipedia.org/wiki/SIGCSE>
- חזן, פ' א'. (2007). שונות (diversity) במקצועות מדעיים וטכנולוגיים : אמצעי או מטרה?
עיונים (אוגוסט).

11. נספחים

נספח א'

קובץ האקסל המתכלל את כלל המאמרים:



כל השנים.xlsx

Trends research of the last decade at SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education

Ido Karlan (adviser – Prof. Judith Gal-Ezer)

Thanks

First and foremost, I will thank my wife, Dina, for supporting my work and encourage me to complete the research successfully.

My son Tomer – that his birth expedited me as well.

Prof. Judith Gal-Ezer for advising, challenging and not compromising throughout the whole process. For choosing the most interesting research and accompany through it all.

My family who supported me from the very beginning,

My commanders who allowed me to invest valuable time studying and helped me combine my work and research,

And last (but most important) – you, the readers of this word – Thank you!

Table of Content

.1	Abstract.....	.1
.2	Intro.....	.3
.3	Background and Significant Events	.4
3.1	AP Courses	4
3.2	CSTA Foundation	5
3.3	"Running On Empty" Report	.5
3.4	"CS For All" Statement	7
3.4.1	Promote Computer Science Initiative / CODE.ORG	7
3.5	The Royal Society Reports.....	9
.4	Goals	11
.5	Research Methods.....	12
.6	Results and Analysis	14
6.1	Origin of Author	15
6.2	Programming Languages.....	19
6.3	Requirement for CS (B.A)	.23
6.4	Age Group of Study.....	.26
6.5	Course.....	28
6.6	Enthusiasm of Students	30
6.7	Teachers	.32
6.8	Diversity of Students	.35
6.8.1	Women in CS	.35
6.8.2	Minorities and Underrepresented in CS	.37
6.9	Cyber Security and Attack.....	.41
.7	Glance to 2018	44
.8	Discussion and Conclusions.....	.46
.9	Additional Research.....	49
.10	Bibliography	.50
11.	Appendices.....	.52
A	Appendix A.....	52

Tables and Charts

Tables

Table 1 Origin of Author	16
Table 2 US States of Authors	17
Table 3 Example of US Deviation On Trends	18
Table 4 Top 5 Programming Languages (SIGCSE Articles)	20
Table 5 2017 TIOBE Programming Language Index	21
Table 6 Number of K-12 Articles In 2018	45

Charts

Chart 1 Number of Students In AP Computer Science A	4
Chart 2 Count and Percentage of Top 3 Origins of Authors	18
Chart 3 Trends on Programming Language.....	20
Chart 4 Top 5 Programming Language	21
Chart 5 TIOBE Programming Languages Index	22
Chart 6 Number of Articles on CS Requirement by Year	23
Chart 7 Number of CS Graduates by Year	24
Chart 8 Number of Graduates and Articles by Year	25
Chart 9 Age Groups by Year	26
Chart 10 Basic and Advanced Courses	28
Chart 11 Basic Courses and K-12 Education	29
Chart 12 Number of Articles on Students Enthusiasm	31
Chart 13 CS Requirement and Students Enthusiasm	31
Chart 14 Number of Articles on Teachers	32
Chart 15 Number of Articles on Teachers and K-12 Education.....	33
Chart 16 Number of Articles on Women in CS	35
Chart 17 Number of CS Graduates 2004-2014.....	36
Chart 18 Number of Articles on Women and Number of Graduated Women	36
Chart 19 Number of Articles on Unrepresented	37
Chart 20 Number of US CS Graduates by Minority and Majority	38
Chart 21 Percent of Unrepresented US CS Graduates	39
Chart 22 Percent of Unrepresented US CS Graduate and Number of Articles	39
Chart 23 Number of Articles on Cyber Security and Attack	41

1. Abstract

In this research we examined the trends of the last decade (2008-2017) of the SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, as they are reflected in more

Here are the main trends we observed:

- **Origin of author** – we found that 77% of the articles were written by a US writer (or by a team including one). This finding shows that the symposium's subjects are inclined towards US events while making it less global.
- **Programming Language** – We found a diversity of languages, mostly correlated to the trends existing worldwide.
- **CS Requirement (Bachelor's Degree)** - We figured that the number of graduates has a direct impact on the number of articles about the CS requirement. Both numbers were in reversed trends– whenever the number of graduates decreased, the number of articles increased.
- **Age Group** - We noticed a major increase of K-12 education by the American report in 2010 that shed light on the younger education status as well as by the help of Obama's administration initiative - "CS for all" which occurred in 2017.
- **Courses** – There was a clear developed trend to write on basic courses, which correspondent with the trend to CS education in younger ages. This correlation implies for continuous of the education – the fact that the basic courses on the bachelor's degree is in fact extension of a previous education.
- **Enthusiasm of Students** – We divided the enthusiasm element into 3 subjects of enthusiasm – computer games, robotics and multidisciplinary courses/projects. Afterwards, we figured the trends each one of them leads to. In addition, we also found that the enthusiasm trend is coordinated with the requirement trend every year, since both subjects might solve the greater problem – to increase the number of students who graduate CS successfully.
- **Teachers** – Similar to the trend about the younger age group, the major increase of teachers happened in 2010 and 2017, contributed by the same reasons above.
- **Diversity in CS** - Women and unrepresented
 - **Women** – There seems to have a correlation between the decreasing numbers of enrollment by women to the number of articles about that subject – as the number\percentage of enrollment decreases, the more articles is being written about the subject.

- **Unrepresented and Minorities** – the same way, there is decreasing numbers of graduates that impact the number of articles.
- **Cyber Security and Attack** – We found out that a major cyber event causes an increased number of articles on this subject in the following year.

Generally speaking – we found a strong connection between the trends in the computing-world to the way it reflects to the Symposium through the last decade – as we hoped.

We should also note again the fact US events cause a greater increase/decrease in the number of articles about one topic (not necessarily proportional to the size of the events and its influence worldwide) due to a large number (and percentage) of authors from the US.