

מסוגלות עצמית, מיומנויות בינאישיות ובחירת קריירה במקצועות ה-STEM

חקר מקרה של פרויקט FIRST

פרופ' א' יהודית דורי
ד"ר שחף רוזר יואל

מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית



חינוך | 08/23





מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

מסוגלות עצמית, מיומנויות בינאישיות ובחירת קריירה במקצועות ה-STEM

חקר מקרה של פרויקט FIRST

פרופ' א' יהודית דורי

ד"ר שחף רובר יואל

גרסה מעודכנת | אוגוסט, 2023

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחברות ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן

תוכן העניינים

5	.....	תקציר מנהלים
8	.....	רקע תיאורטי
8	.....	FIRST - For Inspiration and Recognition of Science and Technology 1.1
9	.....	מסגרת תיאורטית - SCT - Social Cognitive Theory - התיאוריה החברתית קוגניטיבית 1.2
9	.....	מסגרת תיאורטית - SCCT - Socio-Cognitive Career Theory - תאוריית הקריירה החברתית קוגניטיבית 1.3
10	.....	PBL - Project-Based Learning - למידה מבוססת פרויקטים 1.4
10	.....	PBL ורובוטיקה 1.5
10	.....	FIRST בתוכנית (מנטורים) חונכים 1.6
10	.....	מטרת ושאלות המחקר 1.7
12	.....	מתודולוגיה
12	.....	2.1. משתתפי המחקר
13	.....	2.2. כלי המחקר
13	.....	2.3. ניתוח הממצאים מהשאלונים
15	.....	ממצאים
15	.....	3.1. ממצאים - בוגרי תוכנית FIRST
17	.....	3.2. ממצאים - תלמידים ובוגרי FIRST
20	.....	3.3. ממצאים - חונכים (מנטורים) בתוכנית FIRST
22	.....	דיון ומסקנות
23	.....	4.1. מגבלות המחקר והמלצות להמשך
24	.....	4.2. תרומת המחקר
25	.....	אתיקה
25	.....	תודות
25	.....	מקורות
28	.....	נספח 1

רשימת טבלאות

- טבלה 1 - חלוקת גורמים להיגדים בשאלון הבוגרים.....14
- טבלה 2 - חלוקת היגדים מראיונות בוגרים לפי תמות ראשיות (N=419).....17
- טבלה 3 - משתתפי מחקר תלמידים ובוגרי FIRST.....18
- טבלה 4 - מבחן מתאם פירסון בין חמשת הגורמים בהיגדים של שאלוני תלמידים ובוגרים.....19
- טבלה 5 - חלוקת ההיגדים לתמות הראשיות, הבדלים בין החונכים לבין כל המשתתפים.....20
- טבלה 6 - הגורמים ומדד המהימנות שלהם בשאלוני התלמידים והבוגרים.....28

רשימת איורים

- איור 1 - התאמת מודל ה-SCCT על פי Lent, Brown and Hackerr (1994) למחקר FIRST.....9
- איור 2 - משתתפים וכלי המחקר.....12
- איור 3 - משתתפי המחקר בשלב א, הבוגרים, בפילוח לפי גיל (N=297).....13
- איור 4 - בחירת הבוגרים בתיכון במקצוע STEM או NON-STEM כמקצוע מורחב (N=297).....16
- איור 5 - בחירת הבוגרים במקצועות ה-STEM כקריירה בעבודה או בלימודים אקדמיים (N=297).....16
- איור 6 - חשיפה ל-STEM - תלמידים לעומת בוגרים.....19
- איור 7 - בחירת תחומי ה-STEM לפי מגדר ושלב בהתבגרות.....20
- איור 8 - חלוקת ההיגדים מהראיונות והשאלות הפתוחות לתמות ראשיות SCT לקטגוריות SCCT....21
- איור 9 - היגדים לקטגוריות - חונכים לעומת חונכות.....22
- איור 10 - תרומת המחקר.....24

תקציר מנהלים

פרויקט הרובוטיקה (FIRST) For Inspiration and Recognition of Science and Technology, משלב למידה מבוססת פרויקטים (PBL) ומטרתו לטפח מיומנויות בינאישיות ובחירת קריירה בתחומי המדע והטכנולוגיה בקרב תלמידים. פרויקט FIRST נוסד בארצות הברית בשנת 1992, לאחר שהורגשה האטה בבחירת מקצועות טכנולוגיים ומדעיים על ידי תלמידים. הפרויקט החל בארץ בשנת 2005 והוא מיועד לתלמידים החל מגן חובה ועד סיום התיכון במטרה לעודד תלמידים לבחור ללמוד מקצועות מדעיים והנדסיים. כיום, משתתפות בפרויקט יותר מ-80 מדינות ברחבי העולם ולמעלה מ-500,000 תלמידים בגילאים שונים, מתוכם כ-12,000 תלמידים בישראל. התלמידים מלווים על ידי מאות מורים וחונכים, רובם מתנדבים. התלמידים, בהתאם לשכבות הגיל, מתחרים מידי שנה בתחרויות מקומיות ורק גילאי התיכון משתתפים גם בתחרויות בינלאומיות. המחקר הנוכחי התמקד בתלמידי תיכון ובתחרות ה-FRC - FIRST Robotics Competition. בישראל 67 קבוצות FRC בהם כ-2,000 משתתפים. חשיבות הפרויקט נובעת מהעידוד לעבודת צוות, פיתוח רובוט ועידוד ללימודי המשך וקריירה בעיקר בתחומי מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (STEM).

המחקר בדק האם ובאיזה אופן פרויקט FIRST משפיע על המשתתפים בו במדינת ישראל – תלמידי תיכון המשתתפים בפרויקט, בוגרי הפרויקט וחונכים (מנטורים) המנחים את התלמידים בפרויקט.

המחקר התבסס על התיאוריה החברתית קוגניטיבית (SCT) על פי Bandura (1986) ועל התיאוריה של קריירה חברתית-קוגניטיבית (SCCT) על פי Lent ועמיתיו (2000). תאוריות אלו מסבירות כי השיקול לבחור במקצוע להרחבה בתיכון בתחומי ה-STEM או באוניברסיטה ו/או בקריירה נובע מתחושת המסוגלות העצמית, ממשתני הרקע, הציפיות של התלמידה מהבחירה במקצוע, גורמי סביבה והתנהגות.

מטרות המחקר היו לאפיין ולהעריך את ההשפעה של פרויקט FIRST, על עמדות אישיות ומקצועיות של תלמידים, בוגרי הפרויקט וחונכים ביחס למסוגלות העצמית, המיומנויות הבינאישיות שלהם ובחירתם בקריירה בתחומי STEM. שאלות המחקר היו:

(1) האם הפעילות בפרויקט FIRST מטפחת מסוגלות עצמית ומיומנויות בינאישיות בקרב המשתתפים? ואם כן, כיצד?

(2) האם המשתתפים בפרויקט FIRST בוחרים בתחומי STEM בלימודיהם בהשכלה הגבוהה וכקריירה? מהם הגורמים המשפיעים על בחירות אלה והאם קיימת קורלציה ביניהם?

(3) אילו הבדלים, אם בכלל, קיימים בקטגוריות שמגדירות קבוצות חונכים שונות בפרויקט FIRST? האם קיימים הבדלים לגבי השפעת פרויקט FIRST על החונכים, ביחס למגדר? ואם כן, מהם ההבדלים?

במחקר השתתפו 468 נחקרים שכללו דירקטורים ב-FIRST ישראל (N=3) שאינם חלק מאוכלוסיית המחקר, חונכים (N=49), בוגרים (N=297), ותלמידים (N=119). שיטת המחקר שילבה כלים איכותניים וכמותיים על פי מודל מחקר מקביל מתכנס (Parallel convergence model) שבו שיטת המחקר משלבת שימוש בכלים איכותניים וכמותיים בעלי אותו משקל – ראיונות ושאלונים שנערכו במקביל. במסגרת המחקר, נערכו ראיונות חצי מובנים עם שאלות המותאמות לכל אחת מקבוצות המשתתפים (N=29), מחצית מהמראיינים היו גברים ומחציתם נשים. הראיונות ארכו כשעה, עברו תמלול, חלוקה וקידוד

היגדים לתמות וקטגוריות. ההחלטה על הקטגוריות נעשתה תוך כדי התאמה לקטגוריות קיימות בספרות (top down) ובהמשך עלו קטגוריות ייחודיות מהמחקר (bottom up), הקטגוריות תוקפו על ידי ארבעה שופטים. כלי המחקר הכמותיים כללו שלושה סוגי שאלונים בהתאמה לכל קבוצה של בוגרים, תלמידים וחונכים. השאלונים הופצו דרך הרשתות החברתיות, כל שאלון כלל שאלות פתוחות וסגורות, חלקן זהות בשלשת השאלונים וחלקן ייחודיות לקבוצה הנשאלת. השאלונים כללו היגדים השייכים לכל אחת מהתמות הראשיות בתיאוריה החברתית—קוגניטיבית: אישי, סביבתי והתנהגותי—לבחירה בסולם ליקרט (5-1). מהלך המחקר החל בראיונות עם הדירקטורים של פרויקט FIRST ישראל. בהמשך ערכנו ראיונות עם 11 חונכים והפצנו שאלון אותו מילאו 49 חונכים. קבוצת המשתתפים בשלב הבא של המחקר כללה קבוצת בוגרי הפרויקט בגילאי 18 ומעלה, מהם ראיינו 11 בוגרים וקיבלנו מענה לשאלון הבוגרים מ-297 בוגרים. בקבוצה השלישית, בשלב האחרון של המחקר נכללו תלמידים בכיתות יא'-יב' והשתתפו בפרויקט, בעת שהשיבו על השאלונים. מהם ראינו 4 תלמידים וענו על השאלון 119 תלמידים.

כמענה לשאלת המחקר הראשונה ממצאי המחקר מראים כי לפרויקט FIRST בישראל יש השפעה משמעותית על שיפור המיומנויות הבינאישיות ועל המסוגלות העצמית הן של הבוגרים והן של התלמידים. בהתייחסות לשאלת המחקר השנייה עולה שהפעילות בפרויקט FIRST מטפחת חשיפה למקצועות STEM ובחירת קריירה בתחומי ה-STEM בקרב המשתתפים. נמצא כי ההשפעה של הפרויקט על בחירת הקריירה ב-STEM גדולה יותר בקרב גברים מאשר נשים. החשיפה ל-STEM באמצעות הפרויקט, מבחינת היכרות עם העולם הטכנולוגי והאנשים העוסקים בו, השפיעה יותר על נשים מאשר על גברים. המשתתפים התבקשו לדווח מה היה השלב בו הצטרפו לפרויקט, ונמצא שהחשיפה ל-STEM החלה מהרגע הראשון להצטרפותם; החל מבית הספר היסודי, דרך חטיבת הביניים, תיכון, בלימודים גבוהים ועד לשלב בחירת הקריירה. ההשפעה על מסוגלות עצמית ומיומנויות בינאישיות נמצאה חזקה יותר ככל שהחשיפה לפרויקט FIRST התרחשה בגיל צעיר יותר. להשתתפות ב-FIRST יש השפעה רבה יותר על בחירת קריירה והשכלה גבוהה בתחומי STEM, בתלמידים שלא בחרו STEM כמגמה בתיכון. מנתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, בהקשר לכלל הלומדים בישראל, עולה כי כמחצית מהתלמידים בוחרים ללמוד בתיכון מקצועות STEM בהרחבה (5 יחידות לימוד), אך פחות מרבע מהסטודנטים בוחרים להתמחות במקצועות אלו בלימודים גבוהים ובקריירה. במחקר הנוכחי נמצא כי בקרב המשתתפים בפרויקט FIRST, אחוז הבוחרים להמשיך בלימודים גבוהים ובקריירה ב-STEM גבוה מאד וזהה לאחוז שבחר ללמוד מקצועות אלו בתיכון (94%). מכאן עולה שההשתתפות בפרויקט FIRST מגדילה את הסיכוי להמשיך במסלול STEM.

על מנת לענות על שאלות המחקר, נעשה ניתוח גורמים להיגדים בשאלונים (Confirmatory factor analysis) ונמצאו חמישה גורמים המשפיעים על המשתתפים ב-FIRST, הן על התלמידים והן על הבוגרים: (1) תרומת הפרויקט לפיתוח מיומנויות בינאישיות, (2) השפעת הפרויקט על בחירת קריירה, (3) השפעת התמיכה של המשפחה והחברים על השתתפות בפרויקט, (4) חשיפה ל-STEM באמצעות הפרויקט ותמיכת מורים בהשתתפות בפרויקט, ו- (5) מוטיבציה חיצונית בפרויקט בנושא פרסים, תחרויות ויוקרה. בין חמשת הגורמים קיימות קורלציות חיוביות. לדוגמה, ככל שהפרויקט משפיע יותר על פיתוח מיומנויות בינאישיות כך גם הבחירה ב-STEM גבוהה יותר.

על מנת לענות על שאלת המחקר השלישית, ניתחנו את דמותו של החונך בהשוואה לכל המשתתפים האחרים באמצעות הראיונות עם נציגים מהקבוצות השונות. בראיונות אלו עלו מאפיינים ייחודיים, כגון: הרצון להיות חלק מקבוצה, החשיבות של מיומנויות בינאישיות, רצון לתרומה אישית, התנדבות ועמידה

מול אתגרים. נמצאו הבדלים במאפיינים ובהשפעות של פרויקט FIRST על חונכות (נשים) בהשוואה לחונכים. נמצא כי לפרויקט השפעה ברמה גבוהה יותר על החונכות מאשר על החונכים בנושאים המתייחסים לסטיגמות בהקשר ל-STEM, למוטיבציה חיצונית ולתפקידן כמחנכות. לעומת זאת, נושאים המתייחסים לבחירת קריירה ומסוגלות עצמית בהקשר של משימתיות ובטחון עצמי הופיעו בשכיחות גבוהה יותר בקרב החונכים מאשר בקרב החונכות.

במהלך ניתוח הראיונות, על מנת לתת מענה לשאלות המחקר ולהבין לעומק את קבוצות המשתתפים השונות, עלו תת קטגוריות חדשות, בהקשר לתיאוריית הקריירה החברתית קוגניטיבית ואשר אינן מקבלות מענה בתיאוריה הקיימת. תת הקטגוריות הללו מתייחסות לקשר בין חונכים לחניכים: בתמה הסביבתית – השפעת החונך, בתמה ההתנהגותית – יחסי חונך-תלמיד, הנחייה בפן המשימתי-מקצועי, והנחייה בפן ההתנהגותי-חברתי.

כמו כן, נמצא כי תפיסות החונכים תואמות את תפיסות החניכים לגבי פיתוח מיומנויות בינאישיות, בחירת קריירה וחשיפה ל-STEM. ניכר שהפרויקט תורם לבחירת קריירה בתחומי STEM ולפיתוח מיומנויות בינאישיות של המשתתפים בו לפי הצהרתם וגם מנקודת המבט של החונכים. ההשפעות הללו חזקות יותר על בוגרים שבחרים להיות גם חונכים בפרויקט FIRST.

מגבלת המחקר היא שהמחקר מתמקד בנקודות המבט של משתתפי FIRST (משתתפים, בוגרי תכנית וחונכים), ללא קבוצת השוואה של משתתפים בתוכניות STEM עם מרכיב של PBL שאינן FIRST, או תוכניות שאינן STEM עם מרכיב PBL.

בהמשך מומלץ לבצע מחקרים עתידיים בהיבטים שונים של פרויקט FIRST: בנושא של בחירת קריירה בתחומי STEM מומלץ לחקור את אותם 6% מהמשתתפים שבחרו להתמחות במקצוע שאיננו STEM, ולהבין האם ובאיזה אופן ההשתתפות ב-FIRST תרמה להם בבחירת קריירה בהמשך הדרך. כיוון מחקרי שני הוא להעמיק את המחקר על בוגרות FIRST שזכו במלגת לימודים לטכניון, בהיבטים של הבדלי מגדר בהשפעת הפרויקט על העניין ב-STEM, והבנה לגבי הסיבות לירידה באחוז הבנות המשתתפות ככל שהגיל שלהן עולה. כמו כן, חשוב לחקור מאפיינים של תכנית FIRST הניתנים ליישום על כלל מערכת החינוך בישראל, כולל פרויקט גמר במסגרת תעודת הבגרות. כדאי לזהות את ההבדלים הקיימים בין תלמידי תיכון הלומדים במסלולי טכנולוגיה, אלקטרוניקה, חשמל ומכונות המבצעים פרויקט גמר שאינו שייך ל-FIRST, לבין תלמידים מאותן מגמות שמשתתפים בפרויקט FIRST.

למחקר תרומה בהיבטים שונים: התרומה התיאורטית היא לתיאוריית הקריירה החברתית קוגניטיבית באמצעות: (א) העמקת ההבנה של גורמים המשפיעים על בחירות הקריירה של המשתתפים בפרויקט (ב) מציאת קשרים בין מסוגלות עצמית, מיומנויות בינאישיות ובחירותיהם בפועל ו-(ג) זיהוי תת קטגוריות חדשות המתייחסות לקשר בין חונכים לחניכים בתמות הסביבתית וההתנהגותית. התרומה המתודולוגית היא בעיצוב שלושת סוגי השאלונים לבוגרים, תלמידים וחונכים ובנית מחוון לניתוח הראיונות. השאלונים והמחוון הללו יוכלו להוות כלי מחקר במחקרי המשך בארץ ובעולם ויתמקדו בקבוצות חניכים וחונכים והקשרים ביניהם. התרומות המעשיות הן הבנה מעמיקה של פרויקט רובוטיקה מבוסס PBL בקרב שלש האוכלוסיות שנחקרו ועידוד להרחבת המאגר האנושי בתחומי ה-STEM. המחקר הנוכחי מדגיש את היתרונות של שילוב פרויקט FIRST במגוון שכבות גיל של תלמידים ותלמידות תוך כדי מתן שוויון הזדמנויות בדגש על חשיבות החשיפה מגיל צעיר לתחומי ה-STEM.

רקע תיאורטי

מקצועות המדע והטכנולוגיה בבתי הספר נחשבים בעיני תלמידים רבים למקצועות קשים ושאינם אטרקטיביים. המחקרים האחרונים בתחום מצביעים על כך, שבחירה בשלבי התיכון במקצועות לא מדעיים או טכנולוגיים בתיכון, מקטין באופן משמעותי את הסיכוי, שתלמידים אלו יבחרו בעתיד לעסוק במקצועות מדע וטכנולוגיה, הנדרשים כל כך לצבא ולתעשייה הישראלית (Avargil et al., 2020; Nitzan-). למדינת ישראל יש צורך בהגדלת ההון האנושי שלה בתחומי המדע והטכנולוגיה, ולכן יש צורך בתוכניות שמטרתן לעודד את בני הנוער לבחור במקצועות ה-STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). תוכנית FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology) היא תוכנית רובוטיקה בינלאומית, המיועדת לתלמידים בגילאי 5-18, המתנסים בלמידה מבוססת פרויקטים (PBL) בשילוב מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (STEM). התלמידים מיישמים עקרונות הנדסיים ומפתחים מיומנויות של עבודת צוות, חדשנות, מסוגלות עצמית ויצירתיות, בהנחייתם של חונכים (מנטורים), בכדי להשתתף בתחרות רובטיקה שנתית. המחקר המוצג כאן בדיק את השפעת פרויקט FIRST על המשתתפים בו באמצעות התיאוריה החברתית קוגניטיבית (SCT) ותאוריית הקריירה החברתית-קוגניטיבית (SCCT). התאוריות הללו מסבירות את השיקולים בבחירת מקצוע לימודי בתיכון או באוניברסיטה או קריירה מסוימת או כתלות בתחושת המסוגלות העצמית, משתני רקע, הציפיות מהבחירה במקצוע וגורמי סביבה, והתנהגות. הממצאים שעלו מהשאלונים והראיונות נותחו בהתבסס על התאוריות הללו וחשפו קטגוריות חדשות בנושא דמויות לחיקוי וחונכים בהתבסס על התאוריה המעוגנת השדה. במחקר נמצא כי תוכנית FIRST מעודדת חשיפה בגיל צעיר למקצועות מדעיים בקרב קהלי יעד רבים ומגוונים. היא משלבת השפעה של מודלים לחיקוי באמצעות חונכים, ובכך משפרת את תחושת המסוגלות העצמית של המשתתפים כחלק מבחירת הקריירה או המקצוע המדעי. התוכנית מהווה חממה ובית חברתי, ומאפשרת פעילויות חדשניות ופיתוח חשיבה יצירתית.

1.1 FIRST - For Inspiration and Recognition of Science and Technology

תוכנית FIRST נוסדה בארה"ב בשנת 1992 ואומצה בטכניון בישראל בשנת 2005. מדובר בתוכנית רובוטיקה חדשנית, שמטרתה לעודד אנשים צעירים לבחור השכלה וקריירה במקצועות ה-STEM, לבנות בטחון עצמי, ידע ויכולות למידה. בתוכנית משתפים כ-500,000 תלמידים ביותר מ-80 מדינות, כ-12,000 תלמידים בישראל. את התלמידים מלווים מאות מורים וחונכים רובם מתנדבים. התלמידים בגילאי 5-18, מחולקים לארבעה סוגים קבוצות לפי גיל (FLL, JFLL, FTC, FRC). התלמידים מתחרים מידי שנה בתחרויות מקומיות ובתחרויות בינלאומיות, המחקר שלנו התמקד בתלמידי תיכון ובתחרות ה-FRC- FIRST Robotics Competition, בישראל 67 קבוצות FRC בהם כ-2000 משתתפים. הקבוצות פעילות לאורך כל השנה, כאשר שיא הפעילות מתרחש במהלך שישה שבועות מינואר ועד אמצע פברואר. מחקרים שנעשו בעבר על תוכנית FIRST נערכו בעיקר על FIRST ארה"ב אך לא בדגש על בסיס תיאורטי של)

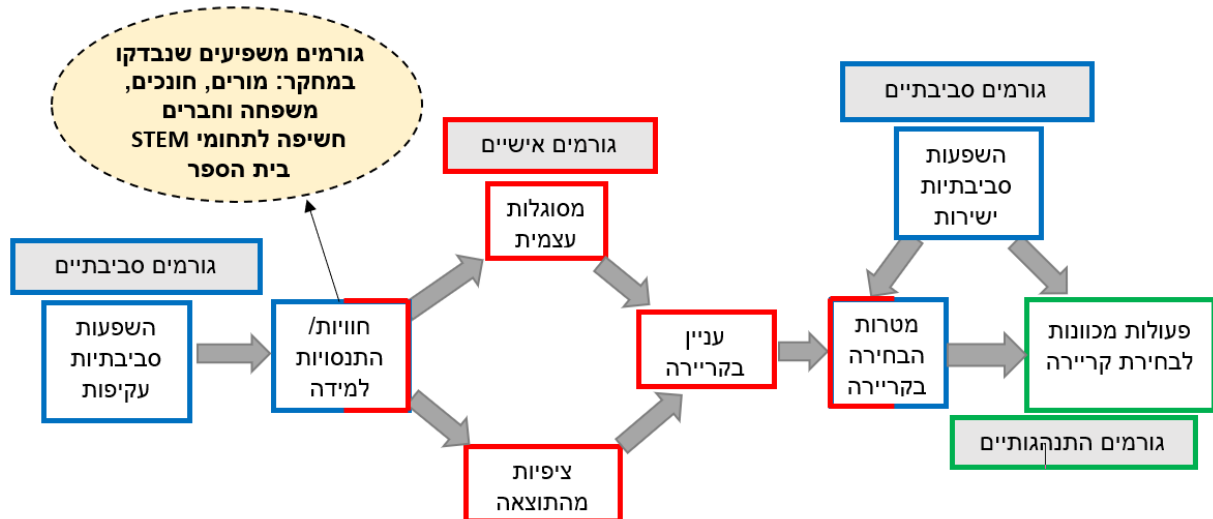
1.2 מסגרת תיאורטית - SCT - Social Cognitive Theory - התיאוריה החברתית קוגניטיבית

התיאוריה החברתית קוגניטיבית, שהוצגה על ידי Bandura (1986) מציגה את הקשר בין גורמים אישיים, גורמים סביבתיים וגורמים התנהגותיים וההשפעה שלהם אחד על השני. הגורמים האישיים כוללים: מסוגלות עצמית, ידע, מיומנויות חשיבה וציפיות. הגורמים הסביבתיים כוללים: הורים, חברים, מוטיבציה חיצונית (כגון תגמול כספי, יוקרת התחום), מורים ומודלים לחיקוי. הגורמים ההתנהגותיים כוללים: הזדמנויות, מגבלות וחשיפה לנושא.

1.3 מסגרת תיאורטית - SCCT - Socio-Cognitive Career Theory - הקריירה החברתית קוגניטיבית

תאוריית הקריירה החברתית-קוגניטיבית, התפתחה על ידי Lent, Brown & Hackett (1994) בהמשך ל-SCT. התאוריה מסבירה כי השיקול לבחור בקריירה מסוימת או מקצוע לימודי בתיכון או באוניברסיטה, נובע מתחושת המסוגלות העצמית של הפרט, הציפיות שלו מהבחירה במקצוע, במשתני הרקע המאפיינים אותו, בגורמי הסביבה שלו, ולבסוף גם בהתנהגותו שלו. איור 1 מתאר את הקשרים בין הגורמים.

איור 1 - התאמת מודל ה-SCCT על פי Lent, Brown and Hackett (1994) למחקר FIRST



באיור 1 מוצגים בצבע כחול הגורמים הסביבתיים (הישירים והעקיפים), הגורמים האישיים מוצגים בצבע אדום והגורמים ההתנהגותיים מוצגים בצבע ירוק. גורמים שיש בהם שילוב של גורמים, למשל חוויות/למידה התנסויות מוצגים בשילוב הצבעים. הגורמים שאותם בדקנו במחקר, מופיעים באליפסה בצבע צהוב.

1.4 למידה מבוססת פרויקטים - PBL - Project-Based Learning

למידה מבוססת פרויקטים PBL – היא שיטת למידה פעילה, שבה פותרים בעיה אמיתית אותנטית, בפרויקט המשלב ידע ומיומנויות חדשים והכנת תוצר. ניתן להשתמש בגישת ה-PBL בכל גיל, החל מילדי הגן, תלמידי תיכון וכלה בסטודנטים באוניברסיטאות. התלמידים מתנסים בחקר פעיל ומתמשך לאורך זמן של בעיה, מגבשים בעצמם את הפתרון לבעיה. במהלך תהליך ה-PBL מתבצעת רפלקציה על ידי המנחים והתלמידים ובעקבותיה בדרך כלל שיפור, התלמידים מתנסים בהצגת התוצר הסופי מול קהל ומפתחים את מיומנויות המאה ה-21 (Barak & Dori, 2005; Barak & Zadok, 2009).

1.5 PBL ורובטיקה

תוכנית FIRST מבוססת על PBL בשילוב עם רובטיקה, השילוב מאפשר לתלמידים להתנסות בבנייה, עיצוב והרכבה של הרובוט, למידה פעילה, הכרות עם מגוון תחומי של מדע וטכנולוגיה, יצירתיות, התמודדות עם פתרון בעיות, עבודת צוות, פיתוח מסוגלות עצמית, פיתוח כושר מנהיגות ועמידה בלחצים. מיומנויות אלו באות לידי ביטוי כיוון שעל המשתתפים להצליח להכין את הרובוט בזמן קצר, עם כח אדם ותקציב מצומצם (Verner & Ahlgren, 2004; Barak & Assal, 2018).

1.6 חונכים (מנטורים) בתוכנית FIRST

במחקר הנוכחי, התמקדנו בשלושה סוגים של חונכים: (א) חונכים שלא השתתפו כחונכים ב-FIRST, (ב) חונכים בוגרים – בוגרי FIRST שבחרו להיות חונכים לאחר סיום תיכון, ו-(ג) חונכים תלמידים – תלמידי תיכון שבמקביל לכך שהם חונכים בתוכנית FIRST הם גם חונכים של תלמידים צעירים יותר. ניתוח שלושת סוגי החונכים הללו בתוכנית FIRST יכול לספק תמונה כוללת מנקודות מבט שונות ולאפשר בחינה של היחסים בין סוגי החונכים השונים.

מחקרים שנעשו בעבר נערכו לגבי חונכים שלא היו חונכים בעבר (Melchior et al., 2005; 2019), אך לא לגבי חונכים בוגרים או חונכים תלמידים. בנוסף, לא מצאנו מחקרים לגבי חונכים מתחת לגיל 18, או חונכים שהיו גם חונכים. כמו כן, קיים חוסר בניתוח מאפייני החונכים והשפעתם על בחירת קריירה ב-STEM של חניכיהם מנקודת המבט של תיאוריית הקריירה החברתית-קוגניטיבית (SCCT). תיאוריית ה-SCCT מתמקדת באינטראקציה של הגורמים האישיים, הסביבתיים והתנהגותיים שיכולים להשפיע על תחומי העניין ובחירת קריירה (Lent & Brown, 2006).

1.7 מטרת ושאלות המחקר

מטרת המחקר היתה לאפיין ולהעריך את ההשפעה של פרויקט FIRST, על עמדות אישיות ומקצועיות של תלמידים, בוגרי הפרויקט וחונכים ביחס למסוגלות העצמית, המיומנויות הבינאישיות ובחירתם בקריירה בתחומי מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (STEM).

שאלות המחקר היו:

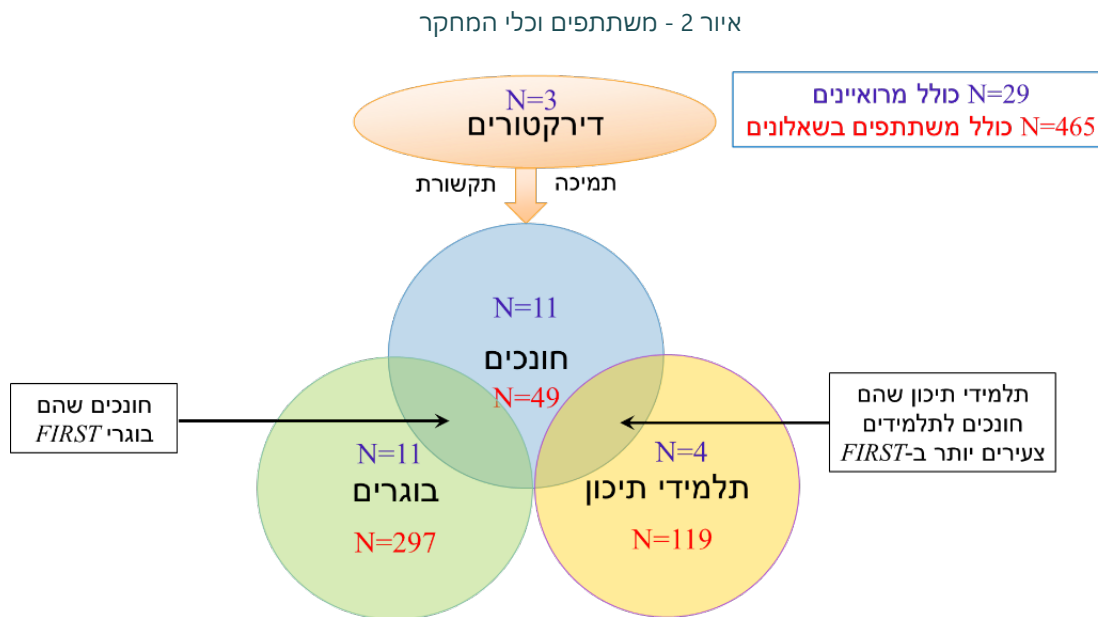
1. האם הפעילות בפרויקט FIRST מטפחת מסוגלות עצמית ומיומנויות בינאישיות בקרב המשתתפים? ואם כן, כיצד?
2. האם המשתתפים בפרויקט FIRST בוחרים בתחומי STEM בלימודיהם בהשכלה הגבוהה וכקריירה? מהם הגורמים המשפיעים על בחירות אלה והאם קיימת קורלציה ביניהם?
3. אילו הבדלים, אם בכלל, קיימים בקטגוריות שמגדירות קבוצות חונכים שונות בפרויקט FIRST? האם קיימים הבדלים לגבי השפעת פרויקט FIRST על החונכים, ביחס למגדר? ואם כן, מהם ההבדלים?

מתודולוגיה

בפרק זה יוצגו משתתפי המחקר, שיטת המחקר וכלי המחקר, כמתואר תחילה באיור 2.

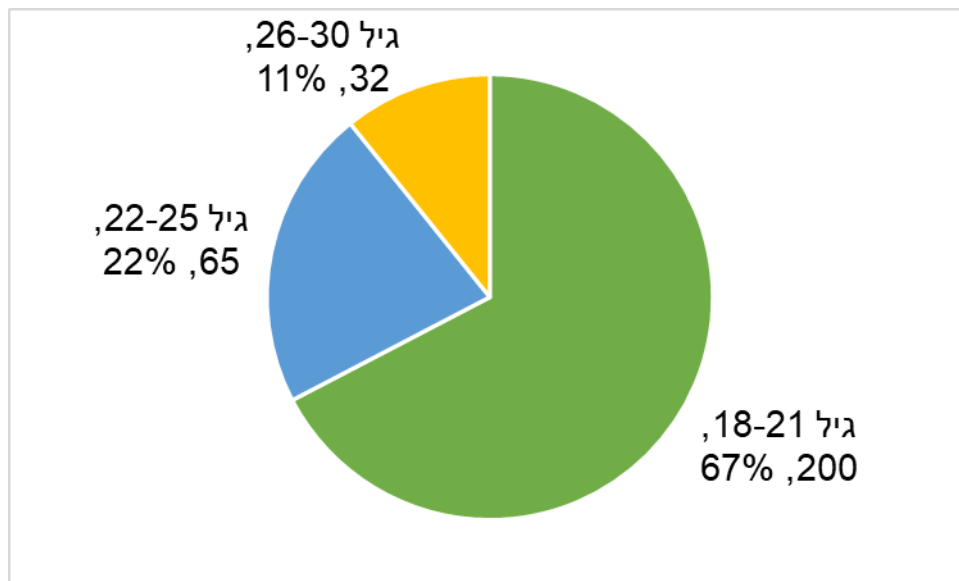
2.1. משתתפי המחקר

המחקר החל בראיונות עם שלושה דירקטורים ב-FIRST ישראל, ראיונות אלו סייעו לנו בהבנה טובה יותר של ארגון FIRST בישראל וכן בהכנת השאלות לראיונות בהמשך ובהכנת השאלון עליהם יפורט בהמשך. בהמשך ערכנו ראיונות עם 11 חונכים והפצנו שאלון אותו מילאו 49 חונכים. קבוצת המחקר הבאה היא קבוצת בוגרי התוכנית מעל גיל 18, מהם ראיינו 11 בוגרים וקיבלנו מענה לשאלון הבוגרים מ-297 בוגרים. קבוצה נוספת היא תלמידים בכיתות יא'-יב' שכרגע משתתפים בפרויקט, מהם ראיינו 4 תלמידים וענו על השאלון 119 תלמידים. ניתן לראות באיור 2 את הקבוצות שהשתתפו במחקר והקשרים ביניהם. כמו כן, ניתן לראות שיש קבוצות שיש ביניהן חפיפה, למשל בקבוצת הבוגרים, ישנם בוגרים שממשיכים להשתתף בתוכנית FIRST כחונכים, או תלמידי תיכון שעוד בזמן השתתפותם כחונכים משמשים גם חונכים למשתתפים צעירים יותר. לגבי החפיפה בין הקבוצות, יש פירוט נוסף בהמשך הדו"ח.



מאחר והממצאים המתוארים בהמשך מוצגים לפי שאלות המחקר והשלבים בהתקדמות המחקר, איור 3 מציג את פירוט הגילאים של משתתפי המחקר בשלב א שכלל את הבוגרים בלבד.

איור 3 - משתתפי המחקר בשלב א, הבוגרים, בפילוח לפי גיל (N=297)



2.2. כלי המחקר

במחקר השתמשנו ב-Parallel convergence model שיטת מחקר המשלבת כלים איכותניים וכמותיים בעלי אותו משקל – ראיונות ושאלונים שנערכו במקביל (Creswell, 2006; 2014).

הראיונות היו חצי מובנים עם שאלות מתאימות לכל קבוצת משתתפים (N=29), מחציתם גברים ומחציתם נשים. הראיונות ארכו כשעה, עברו תמלול, חלוקה וקידוד להיגדים. דוגמא לשאלות בראיון: מהם היתרונות והחסרונות שאתה רואה בפרויקט FIRST? האם אתה מרגישה שיש הבדל בין בנים לבנות בפרויקט מבחינת התפקידים שהם ממלאים?

שלושה סוגי שאלונים על פי הקבוצה: חונכים (N=49), בוגרים (N=279), תלמידים (N=119). השאלונים הופצו דרך הרשתות החברתיות, בכל שאלון יש שאלות ייחודיים לקבוצה הנשאלת. השאלונים כוללים: פרטים לגבי המשתתפים, היגדים השייכים לאחת מהתמות הראשיות ב-SCT: אישי, סביבתי והתנהגותי, לבחירה בסולם ליקרט 1-5 ושאלות פתוחות. דוגמא להיגד סגור המתייחס לשינוי בעקבות השתתפות בפרויקט: ההשתתפות בפרויקט שיפרה אצלי את מיומנויות העבודה בצוות. דוגמא להיגד סגור המתייחס לתמיכת הסביבה: ההורים שלי תמכו בהשתתפותי בפרויקט. דוגמא לשאלה פתוחה: מהי לדעתך ההשפעה הגדולה של FIRST עליך?

2.3. ניתוח הממצאים מהשאלונים

בשלב א של המחקר, בוצע ניתוח Exploratory Factor Analysis (EFA) על הנתונים שנאספו מ-297 שאלוני הבוגרים, על מנת לזהות את הגורמים של 31 ההיגדים בשאלוני הבוגרים. זהו 5 גורמים עם מהימנות כללית של $\alpha=0.802$. בטבלה 1 ניתן לראות את 5 הגורמים, כמה היגדים בשאלון מתאימים לכל גורם, נתונים סטטיסטיים לכל גורם ודוגמא להיגד.

טבלה 1 – חלוקת גורמים להיגדים בשאלון הבוגרים

שם הגורם	מספר היגדים	דוגמאות להיגדים	אלפא קרונברך	ציון ממוצע	סטיית תקן
תרומת הפרויקט למיומנויות בינאישיות	10	ההשתתפות בפרויקט שיפרה אצלי את יכולות הניהול וההנהגה שלי ההשתתפות בפרויקט [FIRST] שיפרה את יכולתי לעמוד מול קהל	0.846	4.14	0.96
השפעת FIRST על בחירת קריירה	6	העבודה שלי/השירות הצבאי לאחר ההשתתפות בפרויקט נטו לכיוון המדעי/טכנולוגי בזכות ההשתתפות ב-FIRST הניסיון ב-FIRST השפיע על בחירת המקצוע שלי לכל החיים	0.782	3.60	1.30
תמיכת המשפחה והחברים	6	ההשתתפות בפרויקט מהווה מקור לגאווה עבור בני משפחתי הורי תמכו בהשתתפותי בפרויקט [FIRST]	0.576	3.75	1.43
חשיפה ל-STEM ותמיכת מורים	5	החשיפה לעולם הטכנולוגי פתחה בפני עולם שלא הכרתי ללא השתתפותי בתוכנית לא היה לי שום קשר לעולם הטכנולוגי	0.564	3.37	1.43
מוטיבציה	4	כשהצטרפתי לקבוצה הפרויקט היה נחשב למגניב בבית הספר שלי או בחברה שלי אני מרגיש שאני מבין את תהליך הענקת הפרסים ב-FIRST	0.477	3.05	1.29

בשלב ב של המחקר, ביצענו Confirmatory Factor Analysis (CFA) על 297 שאלוני הבוגרים ו-119 שאלוני התלמידים על מנת לזהות את הגורמים של 31 ההיגדים ולוודא שהניתוח עקבי עם תוצאת ניתוח שאלוני הבוגרים. כמו בניתוח נתוני הבוגרים, נמצאו אותם חמישה גורמים עם מהימנות כללית של $\alpha=0.815$, עובדה שמחזקת את ה-Factor Analysis, שבוצע בשלב א. נספח 1 מציג את חמשת הגורמים שנמצאו ומהימנותם. הגורם שנמצא בחשיבות הגבוהה ביותר (הכולל מספר רב של היגדים) הוא תרומת הפרויקט למיומנויות בינאישיות, אשר כלל התייחסות לעבודת צוות, עמידה מול קהל, התמודדות עם מצבי לחץ, יכולת ניהול זמן, העברה וקבלת ביקורת וביטחון עצמי. הגורם המשמעותי הבא היה השפעת הפרויקט על בחירת קריירה בתחומי STEM, בניתוח שאלוני התלמידים נוספו לגורם גם השפעות על תפקידים בעתודה ובצבא.

ממצאים

מטרת המחקר היו לאפיין ולהעריך את ההשפעה של פרויקט FIRST על עמדות אישיות ומקצועיות של תלמידים, בוגרי הפרויקט וחונכים ביחס למסוגלות העצמית, המיומנויות הבינאישיות שלהם ובחירתם בקריירה בתחומי מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (STEM). בפרק זה נציג את הממצאים על פי שלושת שאלות המחקר ועל פי התקדמות בשלבי המחקר.

3.1. ממצאים - בוגרי תוכנית FIRST

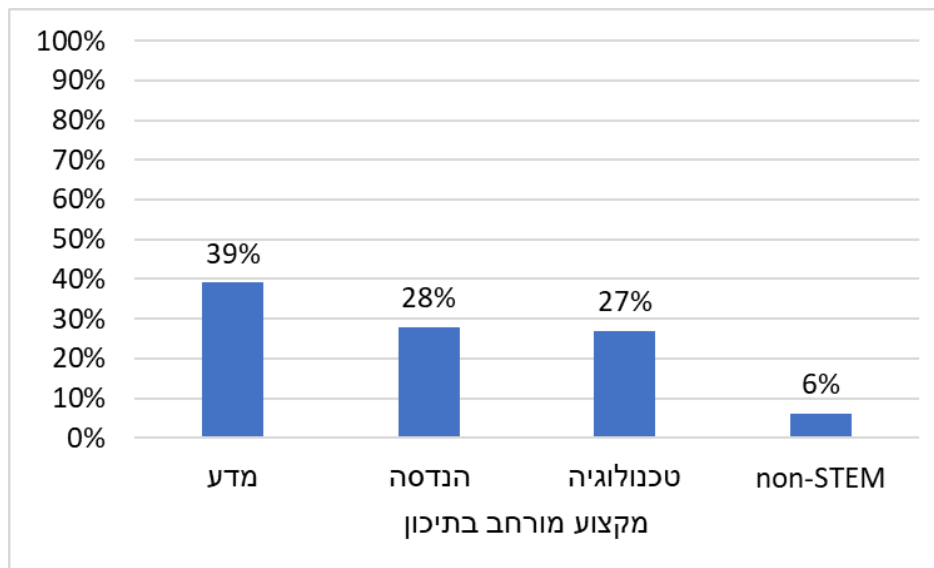
שאלת המחקר הראשונה הייתה: האם הפעילות בפרויקט FIRST מטפחת מסוגלות עצמית ומיומנויות בינאישיות בקרב המשתתפים-הבוגרים? ואם כן, כיצד?

על מנת לענות על שאלת מחקר זו, התרכזנו בשלב זה ב-297 בוגרי התוכנית שמילאו שאלונים וחמישה ראיונות עם הבוגרים (Rocker Yoel et al., 2020). בסך הכל מילאו את השאלונים 220 גברים ו-77 נשים, בראיונות השתתפו 3 גברים ו-2 נשים. כל המראיינים בגילאי 20-27, פילוח גיל ממלאי השאלונים מופיע באיור 2.

מצאנו כי להשתתפות ב-FIRST יש השפעה על בחירות הקריירה של המשתתפים בתחומי ה-STEM. ההשפעה על הקריירה הייתה תוצאה של החשיפה לתוכנית והיכרות עם תעשיית ההיי-טק. החשיפה לתעשיית ההיי-טק נעשית באמצעות החונכים שמלווים את התלמידים, חלקם מהנדסים מההיי-טק, כמו כן, ביקורים בחברות היי-טק וספונסרים מחברות אלו שתומכים בקבוצות. חשיפה לתחומי STEM סייעה לבוגרים להתמקד בתחום מסוים של STEM, גם בקרב אלו שהראו העדפות עבור תחומי STEM לפני שהצטרפו לתוכנית.

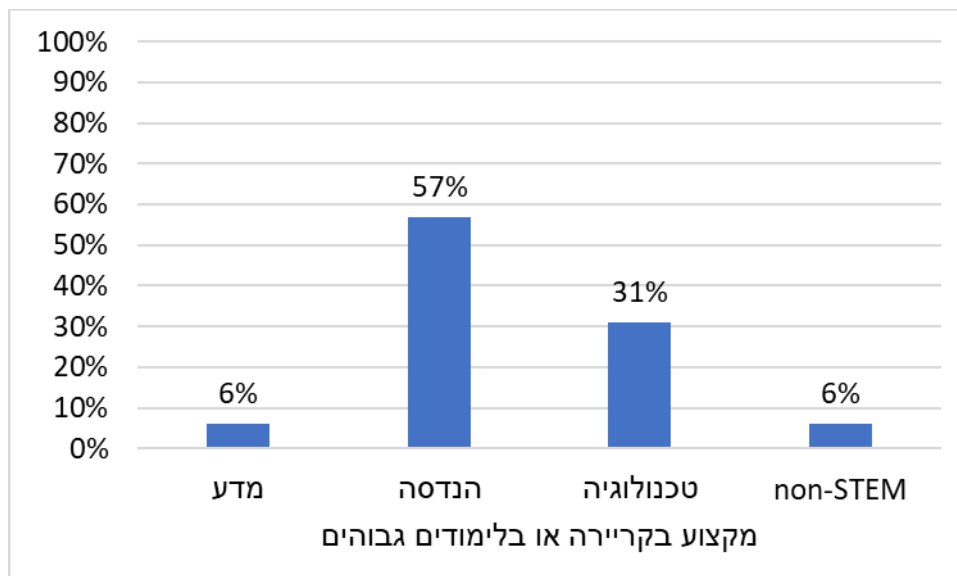
רוב הבוגרים (78%) ציינו כי ההשתתפות בתוכנית FIRST שיפרה את המיומנויות הבינאישיות שלהם, כגון: ניהול זמן, דיבור מול קהל, עבודת צוות והתמודדות עם מצבי לחץ. לגבי השתתפותם בתוכנית, מרבית הבוגרים (64%) ציינו כי משפחותיהם מספקות סביבה תומכת, וכי ההשתתפות בתוכנית מהווה מקור לגאווה אישית ומשפחתית.

איור 4 - בחירת הבוגרים בתיכון במקצוע STEM או NON-STEM כמקצוע מורחב (N=297)



בדקנו מהם תחומי הלימוד אותם בחרו המשתתפים כמקצוע מורחב בתיכון, חילקנו את המקצועות לפי ראשי התיבות STEM - מדע, טכנולוגיה, הנדסה. מדע מייצג את המקצועות ביולוגיה, כימיה, פיזיקה, מדעי המוח, רפואה ומדעי מזון. טכנולוגיה מייצגת מקצועות בתחומי רובוטיקה, ביוטכנולוגיה, מדעי טכנולוגיה ומכטרוניקה. הנדסה מייצגת אלקטרוניקה, הנדסת תוכנה, מדעי המחשב, סייבר, אווירונאוטיקה, הנדסת חשמל והנדסת מכונות. רוב התלמידים (75%) בחרו להתמחות בהרחבה (ברמת 5 יחידות לימוד) ביותר ממקצוע אחד בתיכון. ניתן לראות באיור 4 שמרבית הבוגרים למדו מדעים, בעוד שכרבע מהבוגרים בחרו בהנדסה וכרבע נוסף בטכנולוגיה.

איור 5 - בחירת הבוגרים במקצועות ה-STEM כקריירה בעבודה או בלימודים אקדמיים (N=297)



בהמשך בדקנו מהם התחומים בהם בחרו הבוגרים להמשיך ללימודים אקדמאים או כקריירה. באיור 5 מתואר הפילוח - 94% מהבוגרים בחרו במקצועות ה-STEM כקריירה בעבודה או בלימודים אקדמיים, מהם כמחציתם לומדים או עובדים כיום בתחומים הקשורים להנדסה; שליש מהבוגרים בחרו

בטכנולוגיה כקריירה; מעטים לומדים או עובדים בתחומים הקשורים למדע ומעטים אינם עוסקים במקצועות ה-STEM.

בתהליך ניתוח הממצאים מראיונות הבוגרים, עלו 419 היגדים מחמשת ראיונות הבוגרים. ההיגדים תוקפו על ידי ארבעה שופטים, אחוז הסכמה 90.7%, $kappa = 0.828$. טבלה 2 מציגה את חלוקת ההיגדים בתמות הראשיות. קרוב למחצית ההיגדים שויכו לתמה הסביבתית, ושאר ההיגדים התחלקו בין התמה האישית להתנהגותית (Avargil et al., 2020; Mishkin et al., 2016).

טבלה 2 - חלוקת היגדים מראיונות בוגרים לפי תמות ראשיות (N=419)

תמה	N היגדים	% היגדים
סביבתית	175	42%
אישית	122	29%
התנהגותית	122	29%

רוב ההצהרות בתמה הסביבתית קשורות להשפעת FIRST על בחירת קריירה ב-STEM או למוטיבציה חיצונית כמו תגמולים, מעמד או יוקרה. בתמה האישית רוב ההצהרות התייחסו למסוגלות עצמית של למידה מדעית בנוגע לעניין, אחריות והנאה. רוב ההצהרות בתמה ההתנהגותית קשורות להנחיית החונך (מנטור). כאשר ניתחנו את ראיונות הבוגרים עלו שלוש תת קטגוריות חדשות המתייחסות לקשר בין חונכים לתלמידים: בתמה הסביבתית - השפעת החונך, בתמה ההתנהגותית - הנחייה בפן המשימתי מקצועי, והנחייה בפן ההתנהגותי חברתי.

להלן דוגמאות להיגדים בקטגוריות של בוגרי התוכנית:

תמה אישית - מסוגלות עצמית למידה מדעית - "אפשר ללמוד... אין גבולות לכמויות ידע שאפשר לצבור. זה ממש תלוי בך. אתה תהיה סקרן ותתעניין פשוט תלמד עוד ועוד [AMS01]."

תמה אישית - בטחון עצמי - "FIRST גרם לי להבין שהשמים הם הגבול. שכוח רצון והתמדה הם המפתח [AMV01]."

תמה סביבתית - משפחה וחברים - "אני מודה שכל החברים הכי טובים שלי הם מ-FIRST זה מקום מפלט [AMVS02]."

תמה סביבתית - ההשפעה של תוכנית חינוכית על בחירת הקריירה-STEM - "זה תמיד משך אותי. אני חושבת ש-FIRST מיקד אותי בטכנולוגיה ולא נגיד תואר בפיזיקה או ביולוגיה או משהו כזה [AMS01]."

3.2 ממצאים - תלמידים ובוגרי FIRST

שאלת המחקר השנייה הייתה: האם המשתתפים בפרויקט FIRST בוחרים בתחומי STEM בלימודיהם בהשכלה הגבוהה וכקריירה? מהם הגורמים המשפיעים על בחירות אלה והאם קיימת קורלציה ביניהם?

על מנת לענות על שאלת המחקר השנייה, בדקנו את השפעת FIRST על תלמידי תיכון בכיתות יא'-יב' שכרגע משתתפים בפעילות, באמצעות ניתוח השאלונים והראיונות. בהמשך לשלב א במחקר

שהתמקד רק בבוגרים, ניתחנו את ההבדלים בין תלמידי התיכון לבוגרי התוכנית (Yoel & Dori, 2021).
טבלה 3 מציגה את משתפי המחקר על פי כלי המחקר והמגדר.

טבלה 3 - משתפי מחקר תלמידים ובוגרי FIRST

שאלונים			ראיונות			גיל	כלי מחקר
נשים	גברים	N	נשים	גברים	N		משתתפים
45	72	119	2	2	4	16-18	תלמידי תיכון
50	150	200	1	2	3	18-21	בוגרים
22	43	65	3	1	4	22-25	
5	27	32	1	3	4	26-30	

בהמשך לחלוקה לגורמים, ביצענו ניתוחים סטטיסטיים על חמשת הגורמים שנמצאו למול המשתנים הדמוגרפיים. נמצא שההשפעה של פרויקט FIRST על בחירת קריירה גבוהה יותר על מי שבחר מקצוע מוגבר בתיכון בתחומי המדע, הטכנולוגיה וההנדסה (M=3.78, SD=0.70) מאשר על מי שבחרו במדעים בלבד (M=3.23, SD=0.74) או מי שבחר במקצוע שאינו STEM (M=2.94, SD=1.16).

משתתפים שלא בחרו במקצוע STEM (M=3.50, SD=1.39) מושפעים יותר מהחשיפה ל-STEM מאשר משתתפים שכן בחרו מקצוע מוגבר במדע, טכנולוגיה והנדסה (M=2.50 SD=0.82).

להלן דוגמאות שאמרו המרואיינים בהקשר לבחירת קריירה בתחומי ה-STEM:

תלמידה אמרה: "להיות בפרויקט טכנולוגי במשך שלוש שנים ולהתאהב בדבר הזה, להכיר יותר את הענף ולגלות כל מיני יזמים ורעיונות ופרויקטים, וכל מה שקורה בעולם כרגע ... אני באמת לא יכולה לחשוב על שום דבר אחר לעשות [S01]".

תלמיד סיפר: "היה לנו תלמיד כיתה י' שאמר שהוא רוצה להיות עורך דין. והתלמיד הזה השלים תואר ראשון ושני בהנדסת מכונות בטכניון. אני חושב שהוא לא היה לומד אם הוא לא היה ב-FIRST, זה פתח לו את הדלת לחוויות שהוא ראה שהוא נהנה מהן, כמו תכנון, מכאניקה; בסופו של דבר הוא בחר להגיע לכאן [לטכניון] [S02]".

תוצאות מבחן מתאם פירסון מעידות כי קיים קשר חיובי מובהק בין חמשת הגורמים הן בקרב התלמידים והן בקרב הבוגרים, כפי שניתן לראות בטבלה 4. הקשר החזק ביותר הוא בין השפעת פרויקט FIRST על בחירת קריירה לבין תרומת הפרויקט למיומנויות בינאישיות. המתאם המובהק השלילי היחיד הוא בין חשיפה ל-STEM לבין תמיכה משפחתית ובית ספר, מה שמעיד שכאשר התמיכה המשפחתית ובית הספר גבוהה יותר, ההשפעה של חשיפה ל-STEM נמוכה יותר. משמעות הקשרים המובהקים בין כל חמשת הגורמים מעיד כי עבור משתתפים בעבר ובהווה בתוכנית, ההשפעה קיימת וממשיכה.

טבלה 4 - מבחן מתאם פירסון בין חמשת הגורמים בהיגדים של שאלוני תלמידים ובוגרים

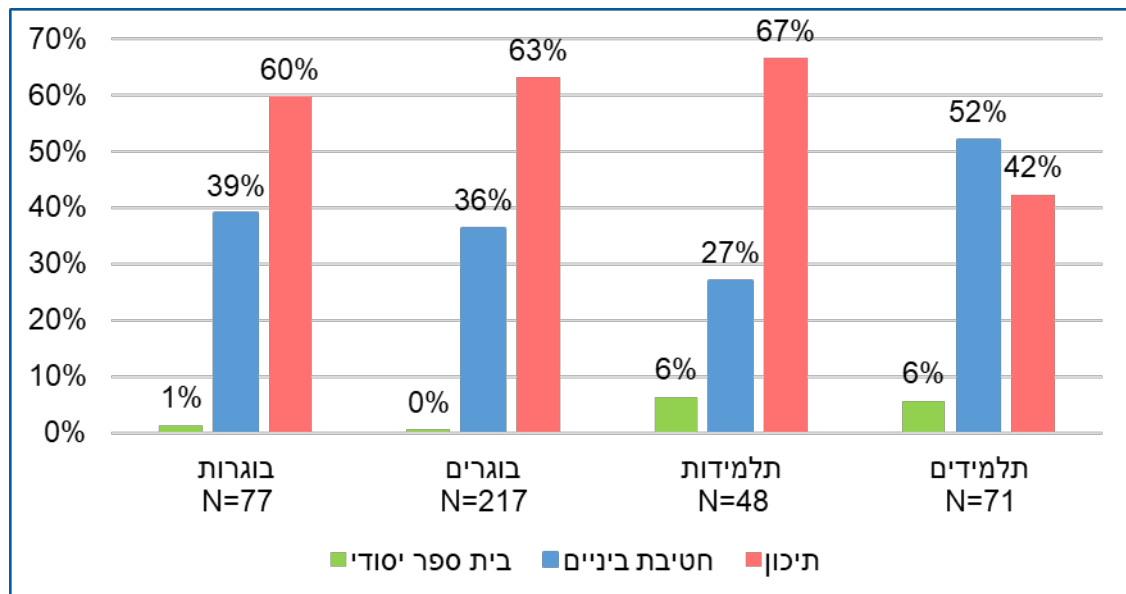
שם הגורם	השפעת FIRST על בחירת קריירה	תמיכת משפחה ובית ספר	חשיפה ל-STEM	מוטיבציה חיצונית
תרומת פרויקט FIRST למיומנויות בינאישיות	.569**	.240**	.245**	.145**
השפעת FIRST על בחירת קריירה		.185**	.171**	.271**
תמיכת משפחה ובית ספר			-.111*	.165**

החשיפה ל-STEM של תלמידים ובוגרים גבוהה יותר בקרב נשים (M=3.06, SD=0.97) מאשר בקרב גברים (M=2.47, SD=0.91).

ההשפעה של FIRST על בחירת קריירה ב-STEM גבוהה יותר בקרב גברים (M=3.60, SD=0.75) מאשר בקרב נשים (M=3.27, SD=0.845).

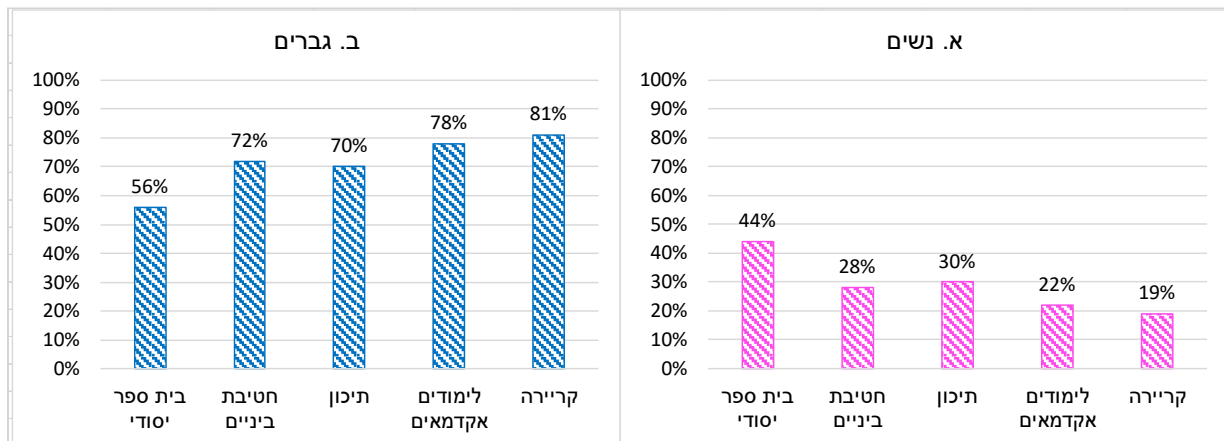
בדקנו לגבי התלמידים והבוגרים באיזה שלב התחילה ההשתתפות בתוכנית, ניתן לראות באיור 6 שיותר תלמידי התיכון התחילו את התוכנית בבית ספר יסודי ובחטיבת הביניים מאשר מהבוגרים, כלומר, החשיפה הראשונית ל-STEM של התלמידים החלה בגיל צעיר יותר מאשר החשיפה של הבוגרים. בעבר היו פחות קבוצות לתלמידי בתי ספר יסודיים, וכנראה שזו הסיבה להבדל זה. מאיור 6 עולה כי יותר בנים מבנות הצטרפו לתוכנית בחטיבת הביניים ומרבית המשתתפים הצטרפו בתיכון.

איור 6 - חשיפה ל-STEM - תלמידים לעומת בוגרים



בדקנו את ההבדלים בין נשים לגברים בבחירת תחומי ה-STEM החל מבית הספר היסודי ועד בחירת קריירה, למעשה בדקנו בכל קבוצת גיל כמה גברים וכמה נשים יש. למשל, מתוך תשעה משתתפים שבחרו להשתתף ב-FIRST בבית הספר היסודי 44% היו ילדות ו-56% היו ילדים. בהמשך מתוך 413 תלמידי תיכון שהשתתפו במחקר, 30% נשים ו-70% גברים.

איור 7 - בחירת תחומי ה-STEM לפי מגדר ושלב בהתבגרות



ניתן לראות באיור 7 בחלקים א ו-ב, שאחוז הנשים (צד ימין, חלק א) נמוך מזה של גברים (צד שמאל, חלק ב) בכל שלב בלימודים ובעבודה: בית ספר יסודי, חטיבה, תיכון, לימודים אקדמיים וקריירה. בנוסף, ככל שהמשתתפים מתבגרים, אחוז הנשים הבוחרות להשתתף ב-FIRST בהשוואה לאחוז הגברים יורד עם השנים. בקרב הגברים מלבד יסודי (ששם יש כ-60%) הטווח מחטיבת ביניים לקריירה נע בין 70% ל-80%. בקרב הנשים ביסודי יש מעל 40% אבל בהמשך הטווח הוא בין 30% ל-20%. ניתן לשייך את התופעה להקשר של מסוגלות עצמית, כיוון שראינו שבנות מושפעות יותר מגורמים חיצוניים כמו: משפחה, מורים וחברים. בנוסף, התרבות בישראל עדיין מסורתית ומאוד פטריארכלית.

3.3 ממצאים – חונכים (מנטורים) בתוכנית FIRST

שאלת המחקר השלישית הייתה: אילו הבדלים, אם בכלל, קיימים בקטגוריות שמגדירות קבוצות חונכים שונות בפרויקט FIRST? האם קיימים הבדלים לגבי השפעת פרויקט FIRST על החונכים, ביחס למגדר? ואם כן, מהם ההבדלים?

בשלב השלישי והאחרון, הממצאים נותחו על סמך הנתונים של כל 465 המשתתפים, כולל התלמידים, הבוגרים והחונכים, בין השאר בוגרים ותלמידים שהם גם חונכים (Rocker Yoel & Dori, 2023). על מנת לאפיין את דמותו של החונך, הראיונות והשאלות הפתוחות בשאלונים חולקו להיגדים, וקודדו לקטגוריות ולתמות הראשיות ב-SCCT.

חלוקת ההיגדים לקטגוריות ובדיקה לגבי התמות הראשיות, מראה את ההבדלים בין החונכים לבין כל המשתתפים במחקר, כפי שניתן לראות בטבלה 5. מצאנו שהגורמים ששייכים לתמה האישית יותר משמעותיים אצל החונכים (מכל 3 הסוגים 35%) מאשר על המשתתפים כולם (כולל בוגרים ותלמידים 27%), לעומת זאת, אצל החונכים הגורמים הסביבתיים פחות משמעותיים (35%) מאשר אצל כל המשתתפים (43%). בתמה ההתנהגותית אין הבדל באחוז ההיגדים בין חונכים לבין כל המשתתפים.

טבלה 5 - חלוקת ההיגדים לתמות הראשיות, הבדלים בין החונכים לבין כל המשתתפים

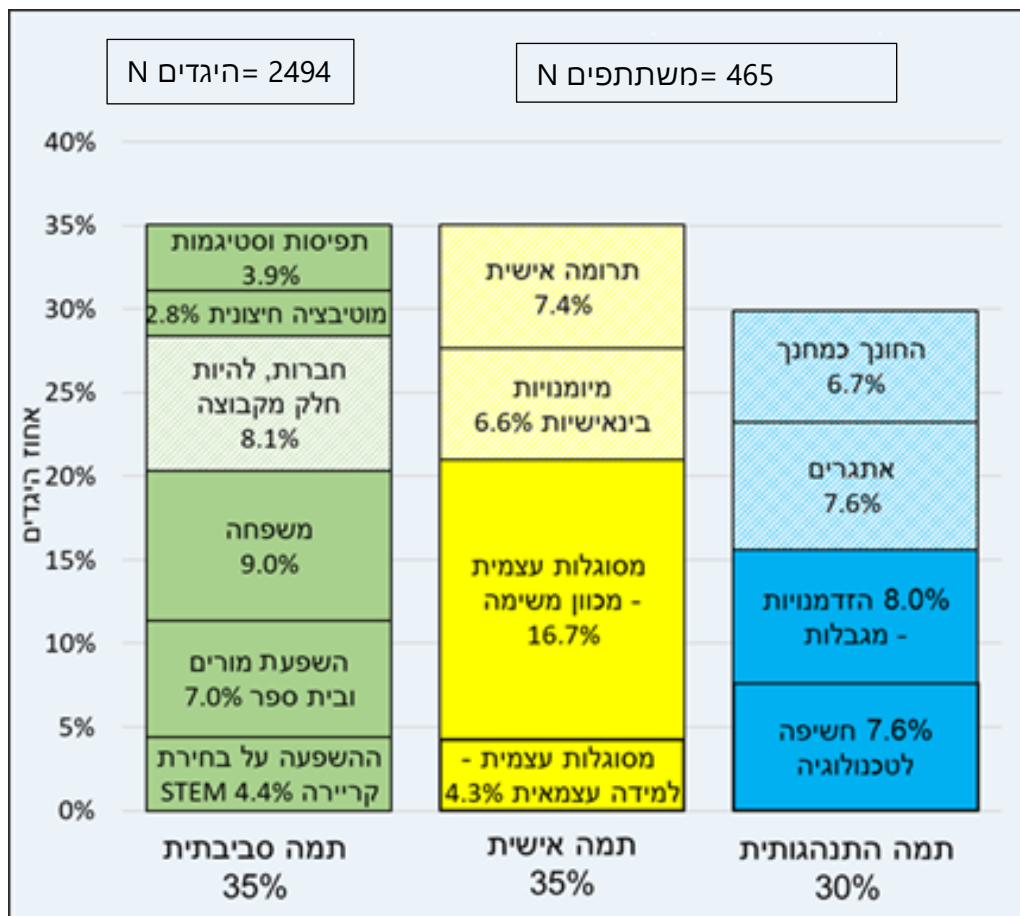
תמה	חונכים	כל המשתתפים
סביבתית	35%	43%
אישית	35%	27%
התנהגותית	30%	30%

מתוך כל הראיונות והשאלונים נמצאו 2494 היגדים, ההיגדים והחלוקה לקטגוריות תוקפו על ידי 5 שופטים עם אחוז הסכמה 94.5%, $\kappa = 0.856$. עלו 14 קטגוריות (איור 8), תוצאת בדיקת chi-square מעידה על סטייה מובהקת $p < 0.001$, $\chi^2(13) = 343.28$. מבין 14 הקטגוריות נמצאו חמש קטגוריות חדשות שלא היו במחקרים קודמים: חברות ולהיות חלק מקבוצה, מיומנויות בינאישיות, תרומה אישית, אתגרים והחונך כמחנך.

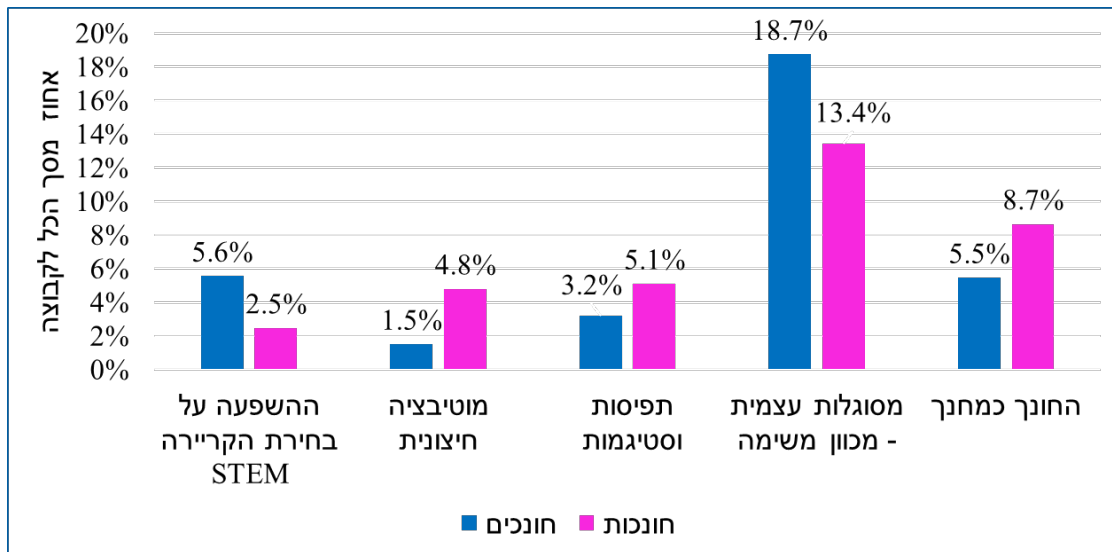
בבדיקת chi-square נמצאה תלות מובהקת בין סוג החונך לקטגוריה $p < 0.001$, $\chi^2(26) = 286.78$. בוצע מבחן להשוואת פרופורציות בין שלושת סוגי החונכים: חונך, בוגר חונך, תלמיד חונך. ב-11 קטגוריות נמצאו הבדלים מובהקים בין שלושת סוגי החונכים לגבי הקטגוריה שעלתה מההיגדים שנאמרו או נכתבו על ידם.

בדקנו האם יש הבדלים מובהקים בין חונכים לחונכות במאפייני הקטגוריות. בבדיקת chi-square נמצאה תלות מובהקת בין מגדר לקטגוריה $p < 0.001$, $\chi^2(13) = 54.93$. לכל קטגוריה, בוצע מבחן להשוואת פרופורציות ההיגדים שהוזכרו בקטגוריה בקרב גברים ובקרב נשים. נמצאו הבדלים מובהקים בשיעור הגברים והנשים שבחרו בחמש קטגוריות (איור 9). ההשפעה על בחירת קריירה ומסוגלות עצמית – מכון משימה הוזכרו יותר פעמים אצל הגברים, החונכים מאשר אצל הנשים, החונכות. מוטיבציה חיצונית, סטיגמות והחונך כמחנך הוזכרו יותר אצל הנשים, החונכות מאשר אצל הגברים, החונכים.

איור 8 - חלוקת ההיגדים מהראיונות והשאלות הפתוחות לתמות ראשיות SCT לקטגוריות SCCT



איור 9 - היגדים לקטגוריות - חונכים לעומת חונכות



ביצענו ניתוח גורמים confirmatory factor analysis (CFA) על 31 ההיגדים בשאלון החונכים ובדיקת קורלציות בין הגורמים. ההיגדים בשאלון החונכים הם אותם ההיגדים כמו בשאלוני התלמידים והבוגרים, אך מנוסחים על מנת לקבל את נקודת המבט של החונך על החניך. ניתוח הגורמים בשאלון החונכים דומה לתוצאה בשאלוני הבוגרים והתלמידים מכאן עולה שתפיסות החונכים תואמות את תפיסות החניכים. מבדיקת הקורלציות עולה שיש קשר חיובי מובהק בין תרומת הפרויקט למיומנויות הבינאישיות לבין תרומת הפרויקט לבחירת קריירה ב-STEM.

בניתוח שלושת סוגי החונכים עולה שהשפעת FIRST על בחירת קריירה ב-STEM גדולה יותר על החונכים ($M=3.66, SD=0.74$) מאשר על החונכות ($M=3.27, SD=0.79$). לעומת זאת, החונכות ($M=3.24, SD=0.98$) מושפעות יותר ממוטיבציה חיצונית, מאשר החונכים ($M=2.44, SD=0.97$). כאשר בדקנו האם יש הבדלים בהשפעת הגורמים על תלמידים ובוגרים שהם גם חונכים, עלה שיש השפעה גבוהה יותר בתרומת הפרויקט למיומנויות הבינאישיות, על תלמידים ו/או בוגרים חונכים מאשר על תלמידים ו/או בוגרים שאינם חונכים. כמו כן, נמצאה השפעה גבוהה יותר לפרויקט FIRST על בחירת קריירה ב-STEM על בוגרים חונכים ($M=3.58, SD=0.77$) מאשר על בוגרים שאינם חונכים ($M=3.55, SD=0.80$).

דיון ומסקנות

לפרויקט FIRST השפעה חזקה על שיפור המיומנויות הבינאישיות ועל המסוגלות העצמית של המשתתפים. תוצאה זו מחזקת מחקרים קודמים לגבי פעילויות PBL ופעילויות רובוטיות, שמצאו השפעה חיובית על הביטחון העצמי, התקשורת, המסוגלות העצמית, היצירתיות, המנהיגות, פתרון הבעיות ועבודת הצוות של התלמידים (Dolenc et al., 2016).

הקטגוריות שעלו כנפוצות ביותר בראיונות הן: מסוגלות עצמית של למידה מדעית, והנחיית החונך. קטגוריית הנחיית החונך, מדגימה את ההשפעה החזקה שיש לחונכים על תלמידיהם, ויכול להסביר מדוע כל כך הרבה משתתפים ב-FIRST הופכים לחונכים כתלמידים או כבוגרים.

הפעילות בפרויקט FIRST מטפחת חשיפה למקצועות STEM ובחירת קריירה בתחומי ה-STEM בקרב המשתתפים, החל מבית הספר היסודי, ממשיך בחטיבת הביניים, בתיכון, בלימודים גבוהים ועד בחירת קריירה. ההשפעה על תלמידים ובוגרים דומה בחשיפה ל-STEM. ההשפעה גדולה יותר ככל שהחשיפה לתוכנית FIRST נעשית בשלב מוקדם יותר.

הבוגרים העידו כי לפרויקט FIRST יש השפעה חזקה על החלטתם ללמוד ולהתמקד בתחומי STEM. לדוגמה: בשנת 2017, אחוז תלמידי התיכון בישראל שבחרו ללמוד בהיקף מורחב את מקצועות ה-STEM היה 47% לעומת 94% מבוגרי FIRST. ובהמשך, בשלב הלימודים בהשכלה הגבוהה בישראל, רק 23% מהסטודנטים (בשנת 2016) בחרו להתמחות במקצוע STEM לעומת 94% מבוגרי FIRST. נתונים אלה מחזקים מחקרים קודמים שמצאו השפעה של התוכנית FIRST על משתתפי הפרויקט בארה"ב בבחירת קריירה ב-STEM (Melchior et al., 2005). נתוני בחירת תחומי STEM בתיכון ובלמודים גבוהים מראה לגבי כלל האוכלוסייה, שלא כל מי שבחר ב-STEM בתיכון ממשיך אחר כך בלימודים גבוהים (Avargil, et al., 2020; Nitzan-Tamar, & Kohen, 2022), לעומת זאת, ההשתתפות בפרויקט FIRST מגדילה את הסיכוי להמשיך לימודים במסלול הזה.

ההשפעה על בחירת הקריירה ב-STEM חזקה יותר על גברים מאשר על נשים. בנוסף, להשתתפות ב-FIRST יש השפעה חזקה יותר על הסיכוי שתלמידים שלא בחרו ב-STEM כמגמה בתיכון יבחרו בקריירה ב-STEM בהשכלה הגבוהה ובקריירה. ההשפעה של חשיפה ל-STEM חזקה יותר על נשים מאשר על גברים, אם כי פחות נשים משתתפות בפרויקט.

ישנם חמישה גורמים המשפיעים על המשתתפים ב-FIRST, תלמידים ובוגרים (1) תרומת פרויקט FIRST למומנויות בינאישיות, (2) השפעת FIRST על בחירת קריירה, (3) תמיכת משפחה ובית ספר, (4) חשיפה ל-STEM, (5) מוטיבציה חיצונית. על פי הקורלציות החיוביות בין חמשת הגורמים – השלם גדול מסך חלקיו, כלומר השילוב של כל אחד מהגורמים משפיעים לטובה על המשתתפים בתוכנית.

בניתוח דמותו של החונך לעומת כל המשתתפים עולים מאפיינים ייחודיים, כגון: החברות ולהיות חלק מקבוצה, מיומנויות בינאישיות, תרומה אישית, התנדבות ואתגרים. נמצא שישנם הבדלים במאפיינים ובהשפעות הפרויקט על חונכות בהשוואה לחונכים. תפיסות החונכים לגבי ההשפעה החיובית של תוכנית FIRST על מיומנויות בינאישיות ובחירת קריירה ב-STEM, תואמות את תפיסות החניכים. כמו כן, ניכר שתוכנית FIRST תורמת לבחירת קריירה בתחומי STEM ולפיתוח מיומנויות בינאישיות למשתתפים בו, והשפעות אלו חזקות יותר על מי שבחר להיות גם חונך.

4.1 מגבלות המחקר והמלצות להמשך

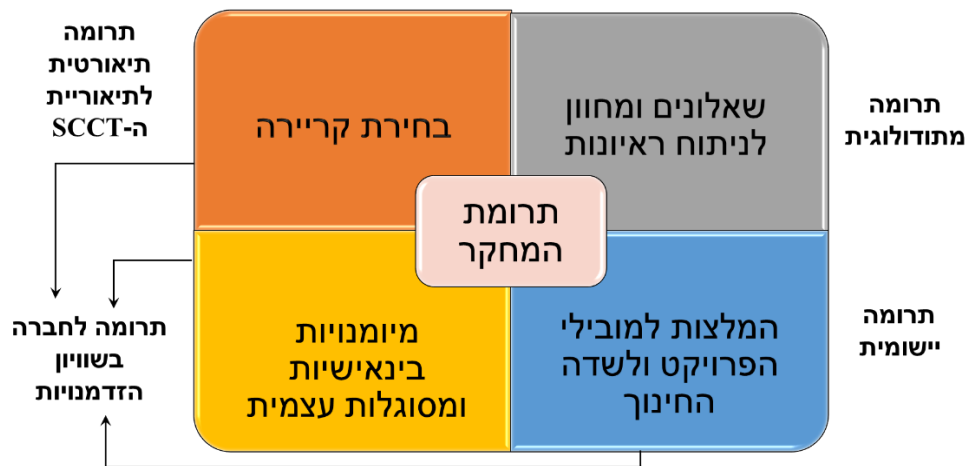
המחקר משקף רק את נקודות המבט של משתתפי FIRST (משתתפים, בוגרי תכנית וחונכים), ללא קבוצת ביקורת, כגון: משתתפים בתוכניות STEM שאינן FIRST, או תוכניות שאינן STEM עם מרכיב PBL. כדאי במחקר המשך לבחון את הנתונים עם קבוצת ביקורת. בדקנו וניתחנו נתונים לגבי קבוצת תלמידים ומקבוצת בוגרים כשתי שכבות נפרדות ולא כמחקר אורך (Longitudinal), ולכן כדאי במחקר המשך לעקוב אחרי משתתפי התוכנית לאורך מספר שנים.

בנוסף, מספר התגובות לשאלונים בחברה הערבית היה נמוך, למרות תרגום השאלון לערבית. ייתכן שהדבר נבע מהסיבה שהפרויקט החל לפעול בחברה הערבית רק בשנים האחרונות. לכן, מומלץ במחקר המשך לבצע מעקב וניתוח של השפעת הפרויקט בחברה הערבית. בין הנתונים שאספנו ניתן להעמיק ולנתח נושאים נוספים, כגון: תרומת פרויקט הגמר למשתתפים, המלצות המשתתפים לעתיד התוכנית, השפעת התוכנית על כישורי הניהול של המשתתפים בתפקידי ניהול והובלה, ועוד.

4.2 תרומת המחקר

תרומות המחקר מוצגות באיור 10. **התרומה התיאורטית** היא לגוף הידע על SCCT - המחקר מזהה קשרים בין שאיפות הקריירה של התלמידים, המיומנויות הבינאישיות ובחירות הקריירה בפועל. בעוד שמחקרים קודמים הראו את הקשר לקבוצות גיל צרות או ספציפיות, אנחנו בחנו את היחסים בין המשתתפים והבוגרים של FIRST לאורך תקופות זמן שונות, החל מבתי ספר יסודי דרך חטיבת ביניים, תיכון, השכלה גבוהה ובגרות. **התרומה היישומית** של מחקר זה היא הדגמת ההשפעה החיובית של פרויקט FIRST למובילי הפרויקט ולשדה החינוך. המחקר מאפשר להבין את בחירת הקריירה של צעירים ב-STEM מנקודת מבטם של חונכים וחניכים כאחד, בשלבים שונים בחיים לגברים ונשים. בנוסף, הממצא שלמשתתפים המשמשים גם כחונכים בתוכנית יש השפעה רבה יותר על בחירת הקריירה ב-STEM, יכול לעזור להרחיב את כוח העבודה-STEM. לאור הממצאים העדכניים על תרומת תכנית FIRST לבחירת הקריירה-STEM בכלל ולתעשיית ההייטק בפרט, אנו ממליצים למערכת החינוך לעודד את התוכנית באופן אקטיבי ולהנגיש אותה לתלמידים בכל בית ספר. **ברמה המתודולוגית** - ניתוח הגורמים של השאלונים המאומתים של תלמידי תיכון ובוגרים, מאפשר הנגשת השאלונים, וכן המחווה לניתוח ראיונות, לחוקרים העשויים לרצות להשתמש בהם ככלי אמין במחקריהם. **תרומה לחברה** - פרויקט FIRST מקדם שוויון הזדמנויות פתוח לכולם, לנשים, לגברים, לחברה הערבית, לחברה הדתית, לפריפריה הגיאוגרפית והכלכלית.

איור 10 - תרומת המחקר



אתיקה

המחקר הוגש וקיבל אישור של ועדת האתיקה למחקר בבני אדם במדעי ההתנהגות של הטכניון – אישור מספר 20-2019. המחקר אשר נערך בקרב תלמידי כיתות יא'-יב' (שלב ב' של המחקר) אושר על ידי ועדת המדען הראשי של משרד החינוך, אישור מספר 10687. ההשתתפות במחקר הייתה בהתנדבות ואנונימית. המשתתפים קיבלו הסבר על המחקר וחתמו על טופס הסכמה מדעת.

תודות

ברצוננו להודות ל:

פרופסור מנחם כפתורי, שיזם את הבאת פרויקט FIRST לישראל ואת מחקר זה ובמשך כעשרים שנה היה חבר בוועד המנהל של הפרויקט תמך, סייע וראיין תלמידים ותלמידות במטרה לבחור בזוכים בקבלת מלגות ללימודים בטכניון.

פרופסור אלון וולף, חבר הוועד המנהל, נציג הטכניון ב-FIRST והוביל את הפרויקט להצלחה בעת ביצוע הפרויקט.

ד"ר דפנה שורץ-אשר, שעזרה וסייעה למחקר בראשיתו. דפנה לקחה חלק בכתיבת המאמר המסכם את שלב א' של המחקר.

מעין שוחט, בוגרת, מתנדבת ומנטורית בפרויקט FIRST. מעין הייתה זמינה בכל שלב במחקר והדריכה אותנו בדקויות הפרויקט אף שלמדה במקביל למחקר בפקולטה להנדסת חשמל בטכניון וסייעה בהצלחה. מעין לקחה חלק בכתיבת המאמר המסכם את שלב א' של המחקר.

ליו"ר הוועד המנהל של פרויקט FIRST בישראל אלוף במיל' אביהו בן-נון ולמולי אדן חבר הוועד המנהל ולכל צוות ההובלה, החונכים/המנטורים, ראשי הצוותים, שמשותפים איתנו פעולה ועושים עבודה מופלאה לטובת יצירת דור שמאוהב במדע וטכנולוגיה, ושיהיה מוכן לחיים במאה ה-21.

לכל משתתפי הפרויקט ובוגריו שמילאו שאלונים והתראיינו ובכך איפשרו למחקר זה לקרות.

לקבוצת המחקר המדהימה שלנו – SELA בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, שקראו ונתנו משוב משמעותי.

מקורות

Avargil, S., Kohen, Z., & Dori, Y. J. (2020). Trends and perceptions of choosing chemistry as a major and a career. *Chemistry Education Research and Practice – CERP*, 21, 668-684.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action :A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall .

Barak, M., & Assal, M. (2018). Robotics and STEM learning: Students' achievements in assignments according to the P3 task taxonomy-practice, problem solving, and projects.

International Journal of Technology and Design Education, 28(1), 121– 144. doi: 10.1007/s10798-016-9385-9.

Barak, M., & Dori, Y. J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117-139.

Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19, Issue 3, 289–307 .

Creswell, J.W. (2006). Choosing a mixed methods design. In *Methods Design*. California, USA: Clark VLP Sage, Chapter 4, pp 58-89.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE Publications .

Dolenc, N.R., Mitchell, C.E., & Tai, R.H. (2016). Hands off: mentoring a student-led robotics team. *International Journal of Science Education, Part B* 2016, 6(2) 188-212. 25.

Lent, R. W., Brown, S. D., & Hackett, G. (1994). Toward a unifying social cognitive theory of career and academic interest, choice, and performance. *Journal of vocational behavior*, 45(1), 79-122.

Lent, R. W., Brown, S. D., & Hackett, G. (2000). Contextual supports and barriers to career choice: A social cognitive analysis. *Journal of counseling psychology*, 47(1), 36.

Lent, R. W., & Brown, S. D. (2006). On conceptualizing and assessing social cognitive constructs in career research: A measurement guide. *Journal of Career Assessment*, 14(1), 12–35.

Melchior, A., Cohen, F., Cutter, T., & Leavitt, T. (2005). More than robots: an evaluation of the FIRST robotics competition participant and institutional impact. Center for Youth and Communities, Brandeis University. Retrieved Oct. 2019 from <https://clear.dol.gov/study/more-robots-evaluation-first-robotics-competition-participant-and-institutional-impacts>

Melchior, A., Burack, C., Hoover, M., & Haque, Z. (2019). FIRST longitudinal study: Findings at 60 month follow-up. Center for Youth and Communities, Brandeis University. Retrieved Oct. 2019 from: https://www.firstinspires.org/sites/default/files/uploads/resource_library/impact/first-longitudinal-study-60-months.pdf

Mishkin, H. R., Wengrowicz, N., Dori, D., & Dori, Y. J. (2016). Career choice of undergraduate engineering students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 226, 222-228.

Nitzan-Tamar, O., & Kohen, Z. (2022). Secondary school mathematics and entrance into the STEM professions: a longitudinal study. *International Journal of STEM Education*, 9, 63. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00381-9>

Rocker Yoel, S., & Dori, Y. J. (2023). Interpersonal skills and STEM career choice of three types of FIRST mentors. *Journal of Engineering Education*.

Rocker Yoel, S., Shwartz Asher, D., Schohet, M., & Dori, Y. J. (2020). The Effect of the FIRST Robotics Program on Its Graduates. *Robotics*, 9(4), 84.

Verner, I. M., & Ahlgren, D. J. (2004). Robot contest as a laboratory for experiential engineering education. *Journal on Educational Resources in Computing*, 4.(2)

Yoel, S. R., & Dori, Y. J. (2021). FIRST high-school students and FIRST graduates: STEM exposure and career choices. *IEEE Transactions on Education*, 65(2), 167-176 .

<https://www.firstisrael.org.il/>

<https://www.firstinspires.org/>

נספח 1

חלוקה לגורמים של שאלוני התלמידים והבוגרים ומהימנותם, טבלה 6 מציגה את שם הגורם והמקדם אלפא קרונברך.

טבלה 6 - הגורמים ומדד המהימנות שלהם בשאלוני התלמידים והבוגרים

שם הגורם	אלפא קרונברך
תרומת הפרויקט למיומנויות בינאישיות	0.886
השפעת FIRST על בחירת קריירה	0.765
תמיכת בית הספר והמשפחה	0.553
חשיפה ל-STEM	0.675
מוטיבציה	0.587



neaman.org.il

מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית | קרית הטכניון,
חיפה 3200003 | טל. 04-8292329 | info@neaman.org.il

חינוך