



תלמידות @ רשת . מדעי המחשב
יום עיון 6.11.02 בנושא:

קידום תלמידות תיכון במדעי המחשב



פרויקט "תמורה – קידום תלמידות תיכון במדעי המחשב"

אתר הפרויקט <http://cse.proj.ac.il/tmura/index.htm>

נייר עמדה לקראת יום עיון למורים למדעי המחשב בנושא:

תלמידות@רשת.מדעי-המחשב

6 בנובמבר 2002

תמי לפידות

lapidot@tx.technion.ac.il

מרכז המורים הארצי
למדעי המחשב

ד"ר דלית לוי

dality@tx.technion.ac.il

המחלקה להוראת הטכנולוגיה
והמדעים, הטכניון, חיפה

ד"ר אורית חון

oritha@tx.technion.ac.il

המחלקה להוראת הטכנולוגיה
והמדעים, הטכניון, חיפה

מבוא

מטרתו של פרויקט "תמורה" היא לחולל תמורה במצב הקיים ביחס ללימוד המקצוע מדעי המחשב על-ידי תלמידות תיכון. הפרויקט משותף לטכניון, למוסד נאמן ולמרכז המורים הארצי למדעי המחשב, והוא מתבצע כחלק מהכרזת הכנסת על שנת תשס"ג כשנת קידום נשים במדע ובטכנולוגיה¹. יום העיון המכונה "תלמידות@רשת.מדעי-המחשב" מתבצע כחלק מהפרויקט, ושמו מעיד על מטרתו, על אוכלוסיית תלמידות התיכון בו הוא מתמקד, ועל אחד האמצעים האפשריים להשגת המטרה – בניית רשת של מחויבות אישית ותמיכה הדדית בין תלמידות, תלמידים, מורות ומורים למדעי המחשב.

הצוות המוביל את פרויקט "תמורה" מורכב משלוש חוקרות בתחום הלמידה וההוראה של מדעי המחשב. נושאים במדעי המחשב החלו להשתלב בהרחבה בתכניות הלימודים התיכוניות רק במהלך שני העשורים האחרונים, בעקבות ההתפתחות הדרמטית של התחום באקדמיה והשפעותיה של התפתחות זו על התעשייה, החברה והמציאות היומיומית. בשנות השבעים והשמונים של המאה הקודמת בודדים היו בתי הספר התיכוניים בישראל שבהם לימדו נושאים בתכנות, באלגוריתמיקה ובחישוביות. עם תחילת המאה העשרים ואחת, אין כמעט בית ספר תיכון בישראל שלא מלמדים בו נושאים אלה.

מחפץ זה בתכניות הלימודים התיכוניות חל במשך שנים ספורות, בהן פעלו כותבות נייר עמדה זה במסגרת צוותי מחקר ופיתוח של חומרי לימוד וגישות הוראה ייחודיות למדעי המחשב בתיכון. התחום האקדמי אליו אנו משתייכות הוא חינוך מדעי המחשב – Computer Science Education או בקיצור CSE. בדומה להתפתחות של מדעי המחשב, גם הנגזרת החינוכית היא תחום המתפתח בהתמדה, וקהילת העוסקים במחקר חינוכי בתחום מדעי המחשב הולכת וגדלה הן בישראל והן בעולם. קהילייה זו מתמקדת בהיבטים פסיכולוגיים, חברתיים ותרבותיים של הוראת הדיסציפלינה. כחלק מקהילייה זו, פרויקט "תמורה" מתמקד במאמצים להבין ולשנות את מקומן של תלמידות תיכון ישראליות בתרבות המחשוב בת-זמננו בכלל, ובתרבות הכיתה הלומדת מדעי המחשב בפרט.

נייר העמדה מאורגן בארבעה חלקים. בחלק הראשון נסקור את הרציונל לפרויקט "תמורה". בחלק השני יורחב הרקע בנושא נשים במדעי המחשב ויוצגו מחקרים ופרויקטים הנעשים בעולם בהקשר לנושא. בחלק השלישי יובאו ממצאים ממחקר הגישוש שביצענו בשנה"ל תשס"ב בשיתוף מורים למדעי המחשב. בעקבות הממצאים, תוצג תמונת מצב ראשונית של תרבות הכיתה הלומדת מדעי המחשב בבתי ספר תיכוניים בישראל, בדגש על מקומן ושילובן של בנות בתרבות זו. החלק הרביעי והמסכם ידון בדרכים אפשריות לשינוי המצב ויציע כיווני פעולה להגדלת מספרן ולהגברת מעורבותן של תלמידות בלימודי מדעי המחשב בתיכון.

¹ נספח מס' 1 מציג את הכרזת וועדת הכנסת לענייני מחקר ופיתוח מדעי וטכנולוגי על תשס"ג כשנה לקידום הנשים במדע ובטכנולוגיה.

פרוייקט "תמורה" מבוצע בתמיכת "מוסד נאמן" ובתמיכת "הקרן לעידוד המחקר בטכניון". אנו מודות לגופים אלה על תמיכתם במחקר. כמו-כן ברצוננו להביע את תודתנו ללשכה המרכזית לסטטיסטיקה על הנתונים שספקה בידינו, למזכירות לימודי הסמכה בטכניון, ולמורים ולמורות למדעי המחשב שהשתתפו וישתתפו במחקר.

1. הרציונל לפרוייקט "תמורה"

בעוד מקצועות ההי-טק צוברים פופולאריות הולכת וגדלה בארץ ובעולם, ובמקביל הפקולטות למדעי המחשב הופכות לפקולטות המבוקשות מכולן, סקרים מרחבי העולם המערבי מלמדים כי מספר הבנות הלומדות מדעי המחשב נמצא דווקא בירידה (דוגמא לכך הוא הדו"ח שפורסם ב-MIT The MIT EECS Women Undergraduate Enrollment Committee, 1995). גם בישראל, בסקר השנתי של מכון הדסה ליעוץ בבחירת מקצוע נקבע כי מחשבים הוא התחום המקצועי הפופולרי ביותר בישראל בשנת 2000. אולם, בעוד גברים בחרו בו בעדיפות ראשונה, ובהנדסת אלקטרוניקה בעדיפות שלישית, נשים בחרו במחשבים בעדיפות שלישית בלבד והן "עדיין נרתעות ממקצועות ההנדסה" כדברי עורכי הסקר.²

יש המייחסים את הרתיעה הזו לחרדה ממדע ומטכנולוגיה בכלל, ומעולם המחשבים בפרט. אולם, במחקר שנערך במשך שנתיים בקרב תלמידות חטיבת הביניים והחטיבה העליונה בארה"ב,³ התברר כי הבנות אינן חרדות מהטכנולוגיה. רתיעתן ממקצוע מדעי המחשב מוסברת ע"י תפיסתן את כיתות התכנות כמשעממות והעובדה כי אין הן מחבבות משחקי וידאו ושעשועים טכנולוגיים בני זמננו. המחקר הני"ל ממליץ למורים ולמחנכים לשנות את שיטות ההוראה, כך שהבנות תתקרבנה לטכנולוגיה בגיל צעיר ככל האפשר. זאת ועוד, במקום להתמקד בשאלה מה לא בסדר עם הבנות ש"אינן מחבבות מחשבים", ממליצים החוקרים להשתמש בתגובותיהן אלה של הבנות כדי לבחון לעומק את תרבות המחשוב בה הן מתחנכות.

בחינוך התיכוני בישראל, הכיתות למדעי המחשב משמשות בין היתר גם כסביבה שבה מוצגת תרבות המחשוב וההי-טק בפני התלמידות והתלמידים. והנה מתברר כי גם בכיתות אלה תלמידות הן במיעוט, במיוחד כשמדובר ברמות הגבוהות של לימוד מדעי המחשב. כך לדוגמה, כפי שמוצג בטבלה 1, בעוד שמחצית מבין מקבלי ציון בתעודת הבגרות במדעי המחשב ברמה של 3 יחידות-לימוד הן בנות, ברמה של 5 יחידות-לימוד בנות מהוות רק רבע ממקבלי הציון בתעודת הבגרות. בהנחה כי בנות בתיכון מסוגלות להצליח בלימודי מדעי-המחשב לא פחות מבנים, וכי הפער הגדול בין מספר הבנים והבנות הלומדים מדעי-המחשב אינו מוצדק, נשאלת השאלה מה מונע מהבנות השתתפות רחבה יותר בכיתות הלומדות מדעי-המחשב ברמה גבוהה, וכיצד ניתן להגדיל את מספרן. שאלה זו היא המניע העיקרי לפרוייקט "תמורה", מניע שנתמך גם באחת ההמלצות המופיעות בדו"ח "מחר 98" ואשר קוראת לשים דגש מיוחד "על העלאת אחוזי הבנות הלומדות

² הסקר מתפרסם באתר <http://www.hadassah-hcci.org.il/h-news.html#2>

³ ראו <http://www.aauw.org/2000/techsavvy.html>

במסלולי למידה מדעיים-טכנולוגיים" (הררי, 1992, עמ' 101). למיטב ידיעתנו, עד היום לא התבצעה בישראל פעילות המתמקדת בלימוד תלמידות תיכון את המקצוע מדעי המחשב.

טבלה 1:

אחוז הבנות המקבלות ציון בגרות במדעי המחשב ב-3 וב-5 יחידות לימוד – 1995 עד 2000

שנה	5 יח"ל	3 יח"ל
1995	26.6%	53.2%
1996	27.1%	51.9%
1997	27.3%	51.9%
1998	26.2%	46.4%
1999	27.3%	46.0%
2000	29.5%	47.0%

להנחה כי בנות יכולות להצליח בלימודי מדעי המחשב לא פחות מבנים, קודמת השאלה מדוע יש להתייחס בכלל לסוגיית מיעוט הנשים במקצועות מדעי-המחשב. שתי תשובות אפשריות מוצגות על-ידי Margolis & Fisher (2002): במישור האישי, העובדה שבנות נמנעות מלימודי מדעי-המחשב חוסמת בפניהן את ההזדמנויות החינוכיות והכלכליות שמקצוע זה מספק. במישור החברתי-תרבותי, העדר נשים ממקצועות מדעי-המחשב גורם לכך שמוצרים טכנולוגיים מעוצבים בתוך תרבות שלעיתים אינה מתחשבת בצרכי הנשים, גם אם הן מהוות נתח שוק משמעותי מתוך המשתמשים. לפיכך סבורים המחברים כי אין להתעלם מהפערים המשמעותיים בין נוכחותם של בנים ונוכחותן של בנות במקצועות מדעי-המחשב בכלל ובלימוד המקצוע בתיכון בפרט. בעקבות כותבים אלה ואחרים, אנו מאמינות כי פרויקט "תמורה", יחד עם הכרזת ועדת הכנסת לענייני מחקר ופיתוח מדעי וטכנולוגי על שנת תשס"ג כשנה לקידום הנשים במדע ובטכנולוגיה, יכול לפתוח אפשרויות לשינוי המצב.

2. רקע תיאורטי: נשים ומדעי המחשב, נשים במדעי המחשב

באחד ממאמרי המערכת שהופיעו בגיליון מיוחד שהוקדש לסוגיית שילוב נשים במדעי המחשב (Camp, 2002), מוצגת סטטיסטיקה לגבי אחוז הנשים מבין מקבלי תואר ראשון או שני במדעי המחשב באוניברסיטאות בארה"ב. מתברר כי חלה ירידה משמעותית באחוז הבוגרות, מ-37% בשנת השיא (1984-1983) ל-28% בשנים האחרונות (1999-2000). במקביל לירידה זו נרשמה דווקא מגמת עלייה בשילוב נשים בלימודי תחומים מדעיים אחרים. יתר על-כן, ממצאי מחקרים מורים על כך כי ככל שרמת ההשכלה במדעי המחשב עולה, כך קטן אחוז הנשים הנמצאות בדרגה זו. תופעה זו מכונה "הצניור המתכווץ" – The Shrinking Pipeline (Camp, 1997). נתונים המתתייחסים לאוניברסיטאות בישראל מורים על כך כי תופעה דומה קיימת גם כאן.

מדוע נמנעות נשים מבחירת מדעי-המחשב כמקצוע לימודי, ומדוע הן "נתקעות" בבסיס הפירמידה של מקצועות מדעי המחשב ואינן מאיישות את ראשה של פירמידה זו? חוקרים שונים

בעולם מציעים לשאלות אלה הסברים שונים. מרגוליס ופישר ראינו מאות סטודנטים וסטודנטיות בניסיון לתבין מדוע הם החליטו ללמוד (או לא ללמוד) מדעי המחשב. בספרם "פתחו את המועדון!"⁴ (Margolis and Fisher, 2002), מצויינים ארבעה גורמים מרכזיים המשפיעים על ההחלטה. הגורם הראשון הוא ההקשר שבו מתרחשת למידת מדעי המחשב: סטודנטיות, כך נראה, מתעניינות במדעי המחשב בגלל הקשרים חיצוניים שהדיסציפלינה יכולה / מתאימה להשתלב בהם כמו רפואה, אמנות, חקר החלל וכדומה, בעוד סטודנטים גברים נוטים להתעניין בתכנות כשלעצמו – "hacking for hacking's sake". גורם נוסף הוא ההתנסות הקודמת במחשב ובתכנות: נמצא כי הסטודנטיות מגיעות לאוניברסיטה עם ניסיון קטן יותר במחשב מהסטודנטים הגברים; הבנים, כך עולה מהמחקר, נלהבים מעיסוק במחשב בגיל צעיר יותר מהבנות. גורם שלישי המשפיע על קבלת החלטה אם לבחור או לא לבחור במדעי המחשב הוא תרבות המחשב והדימוי המקובל (על-ידי רבים) של איש המחשבים כאדם אובססיבי לעיסוקו – סטריאוטיפ שמונע מנשים לבחור במקצוע כזה. הגורם האחרון הוא אישי-חברתי וקשור בביטחון עצמי: סטודנטיות עוזבות את מדעי המחשב ומצהירות כי המקצוע לא מעניין אותן יותר, אולם למעשה עזיבתן משקפת ירידה בערך העצמי בעקבות השוואתן את הישגיהן עם הישגים הנתפסים בעיניהן כהצלחה. מרגוליס ופישר מתארים בספרם פרויקט שהתבצע באוניברסיטת קרנגי-מלון בפיטסבורג, ארה"ב. הפרויקט התבסס על ארבעת הגורמים שנמצאו משפיעים על בחירה או הימנעות מבחירה במדעי המחשב כמקצוע ראשי באוניברסיטה. בהתאם לגורמים אלה, נוסחה תכנית פעולה מערכתית המדגישה את מגוון האפשרויות הגלומות בתרבות מדעי המחשב, מציגה תכנית לימודים שבה המחשב מופיע בהקשרים רחבים, ונותנת תמיכה חברתית ואישית לנשים הבוחרות ללמוד מדעי המחשב. בחמש שנות הפרויקט, עלה אחוז הנשים המתחילות את לימודיהן בבית הספר למדעי המחשב בקרנגי-מלון מ-7% (1995) ל-42% (2000)!

הפרויקט הני"ל הוא בבחינת היוצא מהכלל המעיד על הכלל: גם ב-2002, נשים מצויות בתת-ייצוג בלימודי מדעי המחשב, הן ברמת האוניברסיטה והן ברמת בית הספר התיכון. בעוד באוניברסיטאות בעולם התבצעו ומתבצעים מחקרים ותכניות לשינוי המצב, תלמידות התיכון לא זכו עדיין לתשומת לב דומה. יתר על כן, ניתן למצוא רשימה לא קצרה של גורמים היוצרים דימוי תרבותי מעוות של המחשב, דימוי שמרחיק את הילדות מהמחשב בעודן צעירות מאד וגורם להן לא לבחור במקצוע מדעי המחשב גם בתיכון. למשל, ממחקר שהתבצע על-ידי האגודה האמריקאית של נשות האוניברסיטאות (AAUW), עולה כי בנות מתזיקות בתפיסה מוטעית בדבר סוג העיסוק המקצועי אליו מובילה שליטה במחשב ובמחשוב. הבנות שלקחו חלק במחקר מאמינות כי השליטה במחשב מובילה להתנהגות אנטי-חברתית המתגלמת בדמותם של מתכנתים מפצחי-קודים⁵. הבנות, כמובן, אינן רוצות לעסוק בסוג עבודה כזה ונמנעות משום כך מבחירה

⁴ תרגום השם: "Unlocking the Clubhouse: Women in Computing".

⁵ Tech-Savvy: Educating Girls in the New Computer Age (2000).

בלימוד מדעי המחשב. זאת ועוד, אותו מחקר מציין כי החשיפה הראשונה של ילדים לעולם המחשבים היא בדרך-כלל באמצעות משחקי מחשב ווידאו "גבריים", וכי הזרם החינוכי המרכזי של שילוב מחשב בחינוך מציג את עיבוד התמלילים כדלת הכניסה העיקרית לעולם המחשוב – עובדה היוצרת גם היא דימוי מוטעה של תרבות מדעי המחשב בעיני התלמידות והתלמידים. "הנשים והבנות בעולם לא מחונכות למחשוב, ולא משתמשות במחשוב" טוענת אניטה בורג, חוקרת במרכז המחקר של Xerox (Borg, 2002). לדעתה, אם לא תיעצר הירידה באתוז הנשים הלוקחות חלק במקצועות המחשוב, המדע וההנדסה, תפגע החברה כולה. מדוע טכנולוגיה חשובה? כיצד יש לבנות אותה? איזה פרויקטים ראויים לתקצוב? – כל אלה הן שאלות שנשים מעטות כיום משתתפות בתהליך קבלת ההחלטות לגביהן. בורג מוסיפה וטוענת כי תת-ייצוג זה מותיר את הנשים כולן מחוץ לעולם העתיד.

תת-ייצוג של נשים בלימודי מדעי המחשב ובעיסוקים המקצועיים בעולם המחשוב וההי-טק קיים במדינות מערביות רבות, וביניהן בישראל, שבה יש לנשים ייצוג נמוך למדי הן באקדמיה, הן בתעשייה והן בצבא. בכתב העת "עלמה" לקידום מעמד האישה, במאמר "מי תשבור את תקרת הזכוכית" נכתב לי "בישראל כמו בארצות אחרות, נשים מאיישות תחומי תעשייה חדשים בטרם יהפכו ליוקרתיים, כך קרה בענפי הביטוח, יחסי ציבור, דוברות, ואפילו מתשבים. ברגע שהתחום הופך ליוקרתי הנשים נדחקות לתפקידי שוליים במקרה הטוב, או החוצה במקרה הגרוע" (הלפרט-זמיר, 2002, עמ' 8). כבר בבית הספר התיכון, כפי שתואר בסעיף הקודם, התלמידות מהוות רק 25% מאלה הבוחרים ללמוד מדעי המחשב ברמה מוגברת. בנתונים כאלה של תת-ייצוג בתהליכי ההכשרה, אין לתמוה על תת-ייצוג של הנשים בעולם המקצועי ובתרבות המחשוב בישראל. לתת-ייצוג זה יש משמעות מיוחדת במדינת ישראל, מדינה קטנה שלניצול המשאב האנושי בה בצורה יעילה מיוחסת חשיבות רבה. פרויקט "תמורה" בא לשפוך אור על השלבים הראשונים בהיווצרותו של תת-ייצוג זה, ולהציע פתרונות לשינוי המצב.

3. ממצאים ראשוניים: שילוב בנות במקצוע מדעי המחשב בתיכון בישראל

המקצוע "מדעי-המחשב" מופיע במסגרת הלימודים בחטיבה העליונה כאחד מהמקצועות המדעיים. בדומה לביולוגיה, כימיה ופיסיקה, מוצעת לתלמידים אפשרות הבחירה במדעי-המחשב כמקצוע מוגבר. כאשר מורים למדעי-המחשב מתבקשים להציג בפני בוגרי חטיבות הביניים את הסיבות לבחור במקצוע זה, הם מציגים בין היתר את הסיבות הבאות⁶:

- "המקצוע הזה הוא היקורס טייסי של לימודים בתיכון: יוקרתי, נועז וסלקטיבי";
- "זהו מקצוע החווה והעתיד... שימושי בעידן ההי-טק";
- "מקצוע עם פוטנציאל תעסוקתי וכלכלי";
- "מקצוע שמעודד את הרצון להבין דברים, מקדם את יכולת החשיבה הלוגית ומקנה הרגלי חשיבה שניתן להשליך מהם לכל תחום בחיים";

⁶ טיעונים אלו הוצגו כתשובות לאחת השאלות שהוצגו למורים למדעי-המחשב בשאלון גישוש בשלבו הראשונים של המחקר.

- "מקצוע המשלב תיאוריה ועבודה מעשית";
- וגם... "מגמה מעורבת עם בנים".

מסיבות אלה מתקבל רושם ראשוני כי מדובר במקצוע יוקרתי, עתידי ובעל פוטנציאל לקידום החשיבה, שמספק בנוסף גם מסגרת ללמידה משותפת של בנים ובנות. יחד עם זאת, אם נבחן את השתלבותן של בנות בלימודי מקצוע יוקרתי זה בתיכון ואת דעתן בעניין, נגלה כי "בנות אומרות: "אנחנו לא יודעות, זה מקצוע לבנים" - כבר מההתחלה" (ציטוט מורה ממרכז הארץ במפגש מורים שעסק בסוגייה בתאריך 13.12.2001). מורה ותיקה מהצפון מוסיפה בהקשר זה כי "בנות חוששות/מתביישות להראות שהן לא יודעות ולא מבינות, דבר הבא לידי ביטוי בעיקר בקבוצות מעורבות. מאחר ולעיתים קרובות בנים באים עם ידע קודם במדעי-המחשב הבנות נמצאות מראש במצב של נחיתות ולכן הן לא בוחרות ללמוד מדעי-המחשב" (תשובה לשאלון מחקר הגישוש). וכפי שכבר הוצג בסעיף הראשון, הנתונים המוצגים בטבלה 1, המתייחסים לשנים 1995-2000, מעידים על כך כי כמחצית מהניגשים לבחינת הברות במדעי המחשב ב-3 יחידות לימוד הן בנות, בעוד שחלקן יורד לרבע בקרב האוכלוסייה הניגשת לבחינת הברות במדעי המחשב בהיקף של 5 יחידות לימוד. בבתי-ספר מסוימים אחוז הבנות נמוך בהרבה, ומעיד על כך מורה בב"ס מבוסס בתל-אביב: "בקבוצה הלא מדעית התחילו בשנה שעברה 6-7 בנות מתוך 25. כבר באמצע לא נותרה בת אחת לפליטה. יש איזה סוג של אוירה נגד... הבנות לא נכנסות... נכנסות במסה לא גדולה. כל אחת שעוזבת זה מעודד עוד אחת" (ציטוט ממפגש מורים בתאריך 13.12.2001). ומספרת אחרת מדעי-המחשב ברשת ארצית של בתי ספר באותו מפגש: "יש לנו אולימפיאדה לתלמידי מדעי-המחשב. בהתחלה נרשמו 50% בנות ובסוף היו כמעט רק בנים וכל המנצחים היו בנים. משהו כאן לא בסדר".

יש המשערים כי התופעה קשורה באופיו המדעי-הנדסי של המקצוע מדעי המחשב. במקרה כזה סביר היה לצפות בתופעה דומה במקצועות מדעיים נוספים, אולם, כפי שצויין לעיל, הנתונים הפוכים, ובאוניברסיטאות בארה"ב בכל המקצועות המדעיים יש עלייה רצופה בהרשמה של נשים ללימודים (Camp, 1997). כמו כן, מסקר דעת קהל לגבי המדע בישראל עולה כי 85.8% מהעונים סבורים כי עיסוק במדע מתאים לנשים ולגברים במידה שווה (לוי וכץ, 2001). לפיכך אין לתלות באופיו של המקצוע את עיקר ההסבר לכך שמיעוט של בנות בוחרות ללמוד מדעי המחשב בתיכון. לחילופין, מסקר הספרות ומהממצאים הראשוניים שלנו עולים שני תחומי הסבר עיקריים. הראשון הוא דימוי המקצוע מדעי המחשב, והשני מתייחס לגורמים המשפיעים על בנות לבחור במקצוע מדעי-המחשב.

דימוי המקצוע מדעי המחשב: מקצוע מדעי המחשב נתפס כבר בקרב תלמידי בתי הספר התיכוניים כמקצוע שהלומדים אותו הם (בסלנג) geeks או nerds - אנשים משעממים, לא חברותיים, שכל עולמם סובב סביב המחשב (Klawe, 2001). לפיכך, כדי למשוך תלמידות רבות

יותר למדעי המחשב, אחד הדברים הראשונים שיש לעשות הוא לשנות את דימוי המקצוע, תוך הצגת מגוון תחומי העיסוק שהוא פותח למתמחים בו והדגשת יכולת ההשפעה החיובית שלו על החברה. ראוי לשקול גם את שינוי את דרך הוראת המקצוע כך שתתאים יותר גם לתחומים שונים מוצאות בחם עניין (Klawe, 2001; Treu & Skinner, 2002).

גם מהנתונים הראשוניים שנאספו על-ידינו עולים ממצאים הקשורים לדימוי המקצוע מדעי-המחשב. מניתוח שאלונים שנענו על ידי ארבעים מורים למדעי המחשב, עולה כי המורים מקשרים למידה של מדעי-המחשב בתיכון לעיסוק מקצועי עתידי. לימוד מדעי-המחשב בתיכון נתפס לפיכך כ"רכישת מקצוע" ולא כ"השכלה כללית". ממצא נוסף שקשור לדימוי המקצוע בעיני המורים, הוא בעובדה שמדעי-המחשב נתפס כמקצוע טכנולוגי יותר מאשר כמקצוע מדעי, עם מקום מרכזי בו לכלי – למחשב. גם כשהמורים בשאלון מתארים סיבות מדוע כדאי לבחור במדעי-המחשב, הם מתייחסים למחשב ככלי ולא למדעי-המחשב כדיסציפלינה מדעית.

גורמים המשפיעים על בנות בבחירת המקצוע מדעי-המחשב: ניתן לחלק לשלוש קטגוריות את הגורמים שהוצעו על-ידי מורים כגורמים המשפיעים על (אי-ב)בחירתן של בנות בלימודי מדעי המחשב: א. גורמים קוגניטיביים: "זה קשה לבנות"; ב. גורמים חברתיים: "צריך היה לבנות מחשב שמדיף בושם ואז היינו מושכים את הבנות"; ג. גורמים ריגושיים: "בנות יותר מתביישות... הן מתביישות גם אם הן מאוד טובות" (הציטוטים לקוחים ממפגשי מורים שעסקו בנושא). סיווג זה הוא ראשוני בלבד, ובכוונתנו לבחון קיומם של גורמים נוספים המשפיעים על תלמידות תיכון בישראל במהלך צעדינו הבאים בפרויקט "תמורה".

4. כיצד לחולל תמורה? – צעדים אפשריים לקידום תלמידות במדעי המחשב

סעיף זה דן בדרכים אפשריות לשינוי המצב ומציע כיווני פעולה להגדלת מספרן ולהגברת מעורבותן של תלמידות בלימודי מדעי המחשב בתיכון.

המודעות לצורך לקדם את שילובן של הנשים במדעי-המחשב הביאה להקמת מספר ארגונים העוסקים בנושא בארה"ב. כך הוקם איגוד נשים עצמאי במסגרת ה-ACM, שמטרתו לעודד פעילויות במגמה לשפר את תנאי העבודה והלימוד של נשים במקצועות מדעי-המחשב⁷. איגוד זה ואגודות נוספות בארה"ב פועלים בעיקר במסגרת אוניברסיטאות וקולגיים. למשל, ב-Carnegie Mellon הקימה קבוצת הנשים את women@SCS שמהווה עבור הסטודנטיות וחברות הסגל מקום מפגש מקוון ופיזי שבו הן יכולות לקבל ייעוץ על השתלבותן בתחום, מציאת role-models

⁷ Association of Computer Machinery היא אחת מהאגודות המרכזיות בארה"ב העוסקת במדעי-המחשב. במסגרתו הוקם איגוד הנשים ACM-W: <http://www.acm.org/women/>. אגודה נוספת שמטרתה קידום נשים במקצועות המחשב נקראת Association for Women in Computing (<http://www.awc-hq.org/>).

וכו'.⁸ כמו-כן מספר אוניברסיטאות מובילות הקימו אתר אינטרנט שמטרתו להוות כתובת ושיוך חברתי לנשים במדעי המחשב בקמפוס (למשל, סטנפורד⁹, UC Berkeley¹⁰).

כפי שתואר בסעיף 2, בבית הספר למדעי המחשב שב- Carnegie-Mellon University נקטו במספר פעילויות שהובילו להגדלת אחוז הבנות תוך 5 שנים מ- 7% ל- 42% מתוך כל הסטודנטים המתחילים את לימודיהם בבית-הספר למדעי המחשב באוניברסיטה. בין השאר מתארים Margolis & Fisher (2002) את הפעילויות הבאות:

- פתיחת (IC) immigration course עבור סטודנטים המתחילים את לימודיהם בפקולטה למדעי המחשב. הקורס מציג לסטודנטים את מדעי המחשב בפרספקטיבה רחבה מזו המוצגת בדרך-כלל בקורסים הראשונים אותם לומדים הסטודנטים, שהם בעלי אוריינטציה תכנותית. ה- IC כולל סדרת הרצאות של חברי הסגל ממגוון תחומי הדיסיפלינה, פגישות עם דיקן הפקולטה וסגן-חדיקן וכן מידע בדבר השתלבותם של הסטודנטים באוניברסיטה. תגובות הסטודנטים מעידות על כך כי הקורס משיג את מטרתו וכי הוא מספק לסטודנטים תמונה בהירה יותר על אופי הדיסיפלינה ועל יישומיה.
- פתיחת שלושה קורסים עבור סטודנטים בשלבים מתקדמים של לימודיהם שבהם מודגמים קשרים שונים בין מדעי המחשב לדיסיפלינות אחרות בהקשר של העולם האמיתי.
- מסגרות שונות לדיון עם חברי הסגל ועם הסטודנטים על מגוון האפשרויות שפותח העיסוק במדעי המחשב, מעבר לעולם ה- hackers.
- עריכת שינוי מינימלי בקוריקולום כך שיאפשר גם לסטודנטים ולסטודנטיות ללא רקע קודם בתכנות להשתלב לימודים. שינויים כאלו מאפשרים את סגירת הפער הפרה-אוניברסיטאי בין בנים לבנות המתבטא (בהקשר שלנו) בעיקר בידע הקשור בעולם המחשבים.

בישראל פועלות מספר תכניות שמטרתן שילוב תלמידות תיכון רבות יותר בלימודי מדע וטכנולוגיה, מתוך הנחה שלא חוסר יכולת היא זו שמונעת מבנות להשתלב באחוזים גבוהים יותר בלימודים אלה. בהקשר זה מציינות פרופ' חגית מסר-ירון, המדענית הראשית של משרד המדע, התרבות והספורט, ושירלי כהנוביץ, בדו"ח שחיברו על נשים במדע וטכנולוגיה בישראל, כי ציוני הבנות בבחינות הבגרות במתמטיקה גבוהים מציוני הבנים בכל רמות הלימוד. הן כותבות:

It is clear that the innate ability of girls relative to boys is not the reason for the small proportion of girls choosing to be tested at the higher levels of math. Social and psychological reasons would seem to lie behind this phenomenon. (Meser-Yaron & Kahanovich, 2000, p. 6).

⁸ <http://www-2.cs.cmu.edu/~women/>

⁹ <http://www-cs-students.stanford.edu/~womens/>

¹⁰ <http://www-inst.eecs.berkeley.edu/~wicse/>

כפי שמתואר בקצרה בדו"ח הנ"ל, התכניות השונות הקיימות בישראל מיועדות להתמודד עם הסיבות החברתיות והפסיכולוגיות שמונעות מבנות להשתלב בלימודי מדע וטכנולוגיה ולעודד בנות לבחור במקצועות אלה. כך למשל, פרויקט "נערות אורט ל-121"¹¹ עוסק בקידום נערות בטכנולוגיות מתקדמות ובמדעים. פרויקט נוסף, "קידום נשים ונערות לתעשיית ההיי-טק", מתבצע בשיתוף פעולה של ארגון הבוגרים בטכניון ושל המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים בטכניון. **התכניות הישראליות מיועדות ללימודי מדע וטכנולוגיה באופן כללי, ולא דווקא ללימודי מדעי-המחשב.** ככל הידוע לנו, עד כה לא נעשה ניסיון להתאים פרויקטים אלה גם למקצוע מדעי-מחשב. אנו מקוות שפרויקט "תמורה" המוצג כאן יוכל לתרום גם לפרוייקטים העוסקים במקצועות מדעיים וטכנולוגיים אחרים.

אחת ההמלצות העולות ממספר מחקרים שנעשו בארצות-הברית בנושא, היא להתחיל בפעילות לקידום נערות בבחירת מדעי המחשב ע"י שילובם של מורי מדעי המחשב בתיכון בתוכניות שונות (Cohoon, 2002). ברוח המלצה זו, השלב הראשון של המחקר שמתבצע במסגרת פרויקט "תמורה" מאופיין בשיתוף פעולה בין החוקרות לבין מורים למדעי-המחשב בתיכון. שיתוף זה מתבטא ביום עיון זה שבו אנו מקוות ישמע קולם של המורים, וכן בסדרת פעילויות המחקר המוצגות להלן שהתבצעו בתקופה דצמבר 2001 - יוני 2002: איסוף נתונים ממורים באמצעות שאלוני גישוש וניתוח התשובות לשאלונים (כחמישים תגובות); תצפיות שבוועיות בכיתה משולבת של בנים ובנות הלומדת מדעי-המחשב בבית-ספר גדול בצפון הארץ; סדנאות מורים ייעודיות לדיון בשאלות המחקר, תוך תיעוד התייחסויות המורים המשתתפים בסדנה לסוגיות בהן עוסק המחקר (ארבע סדנאות בהשתתפות כשבעים מורים); ואיסוף נתונים בבתי ספר באמצעות מספר מורים שהביעו את נכונותם לקחת חלק במחקר.

במטרה לקדם את שיתוף הפעולה עם המורים להלן כמה פעילויות לדוגמא שניתן להפעיל בבתי הספר במטרה לעודד בנות לבחור בלימודי מדעי המחשב. הפעילויות השונות מוצעות על-בסיס ממצאי מחקרים שנעשו בתחום וההמלצות שהוסקו מממצאיהם. ביום העיון יתקיים דיון עם הקהל שיתמקד בפעילויות המתאימות להפעלה במסגרת בית-ספרית במטרה להביא לכך שבנות רבות יותר תמשכנה ללמוד מדעי המחשב ברמה של 5 יחידות לימוד. בעקבות הדיון אנו מקוות להרחיב את הרשימה המוצגת להלן. הרשימה המורחבת תופיע באתר "תמורה" בכתובת <http://cse.proj.ac.il/tmura/index.htm>.

הפעילויות להלן מתייחסות לשלושה כיווני פעולה: הוראת המקצוע, דימוי המקצוע, והסביבה המעורבת בבחירת המקצוע על-ידי התלמידות.

¹¹ <http://mop.ort.org.il/projects/naarot/>

הוראת המקצוע:

○ הוראה בקבוצות חד-מיניות: מחקרים שונים נעשים בהקשר להוראת מדעים בכיתות חד-מיניות. "מטרותיהן של כיתות חד-מיניות במדעים ובמתמטיקה בבתי-ספר מעורבים הן מצד אחד לעודד בנות להעמיק בתחומים אלה ללא השתלטות הבנים על הנעשה בכיתה, ומצד שני לאפשר לבנים ולבנות ללמוד מקצועות אחרים ביחד וליהנות מאינטראקציה חברתית משותפת, מרכיבים שהם בסיסיים לחינוך בבתי ספר ציבוריים בעולם ובבתי ספר ממלכתיים בארץ". (זורמן ודוד, 2000, עמוד 253). זורמן ודוד מביאות בספרן דוגמאות רבות לתוכניות מסוג זה ועל השפעתן על הישגי הבנות ודימוין העצמי בהקשר של למידת מדעים. ככל הידוע לנו, לא נעשה ניסיון כזה בבתי-ספר מעורבים בכיתות מדעי-המחשב. בעקבות הניסיון שנרכש מהוראת מדעים אחרים בקבוצות לימוד חד-מיניות, ניתן לשער כי הוראת מדעי-המחשב בדרך זו יכולה להשפיע באופן חיובי על השתלבותן של תלמידות בלימודי המקצוע.

○ עריכת קורס קיץ לבנות לסגירת פערים בידע בתכנות בין בנים לבנות (אם קיים): מטרת קורס הקיץ היא לאפשר לתלמידים ולתלמידות ללא רקע קודם בתכנות להשתלב בנוחיות בלימודי מדעי המחשב. מטרה זו ניתן להשיג גם על-ידי עריכת שינוי מינימלי בקוריקולום. הצעה זו מבוססת על הרקע התרבותי שבו גדלים נערים ונערות ומידת החשיפה שלהם למחשבים. היות ובנים נחשפים (משיבות שונות) למחשבים יותר מאשר בנות, מידת הביטחון שלהם עולה גם אם ניסיונם הוא בשימושי מחשב ואינו קשור למדעי-המחשב. פעילות כזו נערכה כאמור לעיל באוניברסיטת קרנגי-מלון שבה חלה עלייה משמעותית במספר הסטודנטיות בבית הספר למדעי-המחשב.

דימוי המקצוע:

כאמור לעיל, על-פי Klawe (2001), תלמידי-תיכון תופסים את מקצוע מדעי-המחשב כתחום המתאים לתלמידים האוהבים את העבודה מול המחשב ונמנעים ממגעים חברתיים. מסתבר, כי דימוי זה משפיע בעיקר על בנות וגורם להן להימנע מבחירה במקצוע. להלן שתי פעילויות שניתן לקיים עם תלמידות במטרה להתחיל בשינוי הדימוי המקובל של העוסקים במדעי-המחשב:

- קישור בין מדעי-המחשב לתחומים שונים (רפואה, design, גנטיקה). ניתן למשל לפרסם כתבה בעיתון בית-הספר על מהות מדעי-המחשב המדגישה פנים אלו של התחום.
- ביקור באחת מהפקולטות למדעי-המחשב בארץ. בעת ביקור כזה ניתן לפגוש מדעניות בתחום וליזום גם מפגש עם סטודנטיות הלומדות בפקולטות אלה.

הסביבה הבית-ספרית והבית:

ממחקרים שונים שנעשו בעיקר בארה"ב, מסתבר כי הסביבה שבה גדלות התלמידות משפיעה במידה רבה על אי-בחירתן במדעי-המחשב. סביבה זו כוללת את הבית, מורי בית-הספר וצוות הייעוץ בבית-הספר. גם אם הדבר נעשה לעיתים שלא במתכוון, בנות מקבלות לעיתים את המסר כי המקצוע לא מתאים להן (Clayton and Lynch, 2002). להלן כמה פעילויות שניתן לבצע על-מנת ניתן להפחית את העברתם של מסרים מסוג זה.

- העלאת מודעות צוות הייעוץ הבית-ספרי וכן צוות המורים להעברתם (באופן לא מודע) של מסרים לבנות ביחס לבחירת מדעי-המחשב.
- עריכת יום הורים או מפגש עם משפחות התלמידות והסבר על מהות המקצוע מדעי-המחשב.

5. סיכום

נייר עמדה זה צייר תמונה שמטרתה למקד את הדיון בקידום תלמידות תיכון במדעי המחשב בכלל ובקידום תלמידות תיכון ללימוד מדעי המחשב בהיקף של 5 יח"ל בפרט. כפי שתואר בסעיף 4, מומלץ לשלב את מורי מדעי המחשב בפעילויות לקידום נערות במדעי המחשב. המלצה זו נתמכת גם על-ידי הפעילות שהתבצעה בשנה"ל תשס"ב במסגרת פרוייקט "תמורה", שהתמקדה באיתור מוקדי המחקר ובאיסוף ראשוני של נתונים. ברוח המלצה זו המשך פעילותו של הפרוייקט מנותב לקראת שיתוף פעולה מרבי עם המורים למדעי המחשב וליצירת קהיליית מורים שיביעו נכונות ומחויבות למטרות הפרוייקט. יום עיון זה מוקדש להנחת יסודותיה של קהילייה זו.

רשימת מקורות

- אתר פרוייקט "תמורה" <http://cse.proj.ac.il/tmura/index.htm>
- טיל, א. נשים בעולם הדיגיטלי, אתר במה חדשה <http://stage.co.il/Stories/139507>
- הלפרט-זמיר, ל. (2002). מי תשבור את "תקרת הזכוכית"? עלמה – כתב עת לקידום מעמד האישה, משרד החינוך – הוועדה לקידום מעמד האישה, גיליון 11, עמ' 8-10.
- הררי, ח. וחובריו (1992). מחר 98 – דו"ח הוועדה העליונה לחינוך מדעי וטכנולוגי. מוגש לשרת החינוך והתרבות, אוגוסט 1992.
- זורמן, ר. ודויד, ח. (2000). אפשר גם אחרת – בנות ונשים: הישגים ואתגרים, מכון הנרייטה סאלד ומשרד החינוך, דפוס "אחוזה", ירושלים.
- לוי, ר. וכץ, צ. (2001). סקר דעת קהל לגבי המדע בישראל. מוגש למדענית הראשית של משרד המדע התרבות והספורט.

Borg, A. (2002). Computing 2002: Democracy, education and the future, *Inroads – SIGCSE Bulletin, Special Issue – Women and Computing*, pp. 13-14.

Camp, T. (1997). The incredible shrinking pipeline, *Communications of the ACM* 40(10), pp. 103-110.

Camp, T. (2002). Message from the Guest Editor, *Inroads - SIGCSE Bulletin, Special Issue - Women and Computing*, pp. 6-8.

Clayton, C. and Lynch, T. (2002). Ten years of strategies to increase participation of women in computing programs - The Central Queensland University experience: 1999-2001, *Inroads - SIGCSE Bulletin, Special Issue - Women and Computing*, pp. 89-93

Cphoon, J. M. (2002). Recruiting and relating women in undergraduate computing majors, *Inroads - SIGCSE Bulletin, Special Issue - Women and Computing*, pp. 48-52.

Klawe, M. (2001). Refreshing the nerds, *Communications of the ACM* **44**(7), pp. 67-68.

Margolis, J., & Fisher, A. (2002). *Unlocking the clubhouse - women in computing*. MIT press.

Meser-Yaron, H., & Kahanovich, S. (2000). *Women in science and technology in Israel*. National report, Ministry of Science, Culture and Sport.

MIT Department of Electrical Engineering & Computer Science. (1995). *Women Undergraduate Enrollment in Electrical Engineering and Computer Science at MIT*. Full Report: <http://www-swiss.ai.mit.edu/~hal/women-enrollment-comm/final-report.html>

Treu, K. and Skinner, A. (2002). En suggestions for a gender-equitable CS classroom, *Inroads - SIGCSE Bulletin, Special Issue - Women and Computing*, pp. 165-167.

נספח 1

הוועדה לענייני מחקר ופיתוח מדעי וטכנולוגי

ועדת המדע/מכתבי יו"ר ועדה, ח"כ מאור/1265
 ירושלים, כ"ח בתמוז, תשס"ב
 8 ביולי, 2002

הכרזה על תשס"ג – כשנה לקידום הנשים במדע ובטכנולוגיה

תוכנית פרויקטים ביוזמת:
 ח"כ ענת מאור - יו"ר ועדת המדע והטכנולוגיה של הכנסת
 פרופ' חגית מסר-ירון - המדענית הראשית, משרד המדע, התרבות והספורט
 ויו"ר המועצה לקידום נשים למדע וטכנולוגיה

י"ג הפרויקטים:

1. הועדת יום המדע בכלל ובכנסת בפרט, ב- 14/3/02, לנושא המרכזי של "נשים במדע ובטכנולוגיה".
2. הפקת אוגדן על הנשים המובילות במדע ובטכנולוגיה, הפצתו לכל ערוצי מקבלי ההחלטות ואמצעי התקשורת.
3. הצעה לשר המדע למקד הענקת פרס שר המדע לשנת 2003, לנשים מדעניות.
4. הצעה למשרד המדע למקד סקר עמדות הציבור בענייני מדע עם דגש על נשים במדע.
5. הצעה למוזיאונים למדע להפיק תערוכה בנושא "נשים במדע".
6. קיום הכנס השנתי של המועצה לקידום נשים למדע וטכנולוגיה, בשבוע המדע (מרץ 2003).
7. המשך יישום ההמלצות לקידום הנשים בסגל האקדמי – פגישה עם ור"ה.
8. קידום נשים במכללות האקדמיות והאזוריות – מאגר נתונים ותוכניות פעולה.
9. קידום הנשים במו"פ התעשייתי – פנייה בנושא פורום הנשים בהתאחדות התעשיינים.
10. פנייה לאוניברסיטאות ולמכללות לקיים אירועים בסימן "נשים במדע".
11. פנייה למשרד החינוך – למיקוד פעילות על תלמידות למדע וטכנולוגיה, בשנת תשס"ג.
12. פנייה לארגוני הנשים – לקיים אירועים בנושא.
13. הפקת תוכנית טלוויזיה ליום המדע בערוץ הילדים, ביוזמת משרד המדע – עם דגש על קידום בנות במדע.
14. פניה לאמצעי התקשורת לחשיפת הישגי הנשים במדע.