

## פיתוח שיטה לניבוי ההצלחה של תלמידים בבחינות הבגרות במדעי המחשב: גיליון אלקטרוני מול שפת תכנות

**תאריכים:** מבחני בגרות, מדעי המחשב, ניבוי הצלחה, מבני בקרה, שפת תכנות  
Pascal, גיליון אלקטרוני Excel.

### תקציר

נחקרה אפשרות לנבא לתלמידי חטיבת הביניים (חט"ב), הלומדים מחשבים בכיתה ט', מה תהיה מידת הצלחתם ללימוד מקצוע "מדעי המחשב" בחטיבה העליונה (חט"ע).  
בוצעה השוואה בין כלים שקיימים בגיליון אלקטרוני (למשל, מבני בקרה)  
לבין כלים שקיימים בשפת התכנות. מהממצאים עולה שבגיליון אלקטרוני יש מספיק  
כלים לפתרון בעיות אלגוריתמיות.  
לכן מוצע לנבא את הישגי התלמידים בחט"ע על-סמך הישגיהם בלימודי הגיליון  
האלקטרוני בכיתה ט'. ניבוי זה יהיה אמין אך ורק אם תידרש חשיבה אלגוריתמית  
לפתרון התרגילים שיוגשו לתלמידים. לשם כך יש לפתח תרגילים שדומים לתרגילים  
שבלימודי שפות התכנות.

### מבוא

בחטיבות הביניים, בסוף כיתה ט', בוחרים התלמידים במקצועות הגברה – המקצועות  
שאותם הם רוצים ללמוד בחטיבה העליונה (חט"ע) ולהיבחן בבחינות הבגרות. הבעיה  
היא: האם על-סמך ההישגים בלימודי "מחשבים" בכיתה ט' בחטיבת הביניים ניתן  
לנבא מה תהיה מידת הצלחה ורמת ההישגים של התלמידים הממשיכים בלימודי  
"מחשבים" (נכון לומר "מדעי המחשב") בחטיבה העליונה?  
לניבוי מעין זה יש חשיבות רבה, משום שבכיתה י', בסוף סמסטר א', מתברר  
שתלמידים רבים שבחרו ב"מחשבים" כמקצוע הגברה, לא מסוגלים ללמוד אותו.  
תלמידים אלה נאלצים להחליף מקצוע הגברה, ומתחילים ללמוד (החל מסמסטר ב')  
מקצוע אחר, באיחור של חצי שנה (כיוון שהם מצטרפים לתלמידים שכבר חצי שנה  
לומדים את המקצוע). לכן נשאלת השאלה: על-סמך מה ניתן לנבא (אם בכלל) הצלחה

והישגים בלימודי "מדעי המחשב" בחט"ע? כדי למנוע החלפה של מקצוע הגברה (או לצמצם למינימום את כמות התלמידים שנאלצים להחליף אותו), יש לצייד את המועצה הפדגוגית במידע שלפיו היא תוכל להמליץ לתלמיד, אם ללמוד או לא ללמוד "מחשבים" בחט"ע.

המטרה של המחקר הנוכחי: פיתוח שיטה או כלי לניבוי בכיתה ט' של ההצלחה וההישגים בחט"ע.

**אילוצים: תכנית הלימודים של משרד החינוך [4] - אין להוסיף מבחנים בנושאים שמעבר לתכנית הלימודים של משרד החינוך.**

מדוע נוצר המצב שאי אפשר לנבא הישגים של תלמידים בחט"ע על-סמך הישגיהם בחט"ב? האם מקצוע ה"מחשבים" הוא מקצוע מיוחד? כדי להבין זאת, יש להיכנס לכיתת לימוד ולצפות. לבדוק מה לומדים במקצוע ה"מחשבים" בחט"ב ומה לומדים בחט"ע.

בחט"ב, במקצוע ה"מחשבים", התלמידים לומדים יישומי מחשב, דהיינו: מעבד תמילים Word, מצגת Power Point, תוכנות מולטימדיה (למשל, תוכנה לעריכת תמונות) [4]. נושאים אלה קרובים לאומנות ואינם מדעי המחשב. נושאים אלה מעניינים את התלמידים, כיוון שהם לומדים כיצד ניתן לשלב במחשב תמונות, צלילים, סרטי וידיאו וכו'. הצלחה בלימודי תוכנות יישום אלו לא דורשת חשיבה אלגוריתמית. לכן תלמידי כיתה ט' שבחרים ב"מחשבים" כמקצוע הגברה, חושבים שבחט"ע הם ילמדו דברים דומים.

מה לומדים בחט"ע? לומדים תכנות בשפת Pascal (או בשפת Basic) [9]. הצלחה בתכנות דורשת כישורים אחרים לגמרי, כגון, יכולת לניתוח בעיה וחשיבה אלגוריתמית [10].

התלמידים בכיתה ט' לא מסוגלים לדמיין ש"מחשבים" בחט"ע זה עולם אחר לגמרי מאשר עולם המחשב שהם מכירים.

**ובכן, בחט"ב לומדים איך משתמשים בתוכנות המחשב ובחט"ע לומדים איך יוצרים אותן.**

כיום, כדי לנבא בכיתה ט' הישגים עתידיים של התלמיד בחט"ע, המורים מביאים בחשבון את הישגיו במתמטיקה. אולם חשיבה אלגוריתמית אינה זהה לחשיבה מתמטית [12], לכן, הקורלציה בין הישגים במתמטיקה לתכנות אינה גבוהה והניבוי אינו אמין.

לפני כארבע שנים, הפיקוח על המחשבים בחינוך (מטעם משרד החינוך) החליט ללמד בכיתה ט' גיליון אלקטרוני [1, 4, 5] (למשל, Excel). החלטה זאת יוצרת תנאי מוקדם לניבוי הישגים של תלמיד בחט"ע, על-סמך הישגיו בלימודי גיליון אלקטרוני בכיתה ט'. בכל אופן, ניבוי זה יהיה אמין רק אם התרגילים בגיליון האלקטרוני יסקו תשובות לגבי יכולת ההתמודדות של התלמיד עם ניתוח בעיה ולגבי חשיבתו האלגוריתמית. למען הבטחת אמינות הניבוי יש לבצע את הפעולות הבאות:

א. לפתח תרגילים לחשיפת יכולת ההתמודדות של תלמיד כיתה ט' עם ניתוח בעיה ולחשיפת חשיבתו האלגוריתמית.

ב. לבדוק בשטח (בחט"ב ובחט"ע) את מידת הקורלציה בין הישגים של התלמידים בבחינות הבגרות (Pascal – 2 יח"ל) לבין הישגיהם בפתרון התרגילים (שפותחו) בזמן הלימודים בחט"ב.

במידה שהקורלציה לא תהיה גבוהה, יש לחזור לשלב הראשון ולתקן את התרגילים הקיימים, ואחר כך לבצע שוב את השלב השני וחוזר חלילה.

על-מנת לפתח אוסף תרגילים לתלמידים בלימודי גיליון אלקטרוני, יש להשוות אבני בניין ומבני בקרה של גיליון אלקטרוני לאבני בניין ומבני בקרה של שפת התכנות. לשם ההשוואה בחרנו בגיליון אלקטרוני Excel ובשפת תכנות Pascal, אך תוצאות ההשוואה אינן תלויות בבחירה בגיליון מסוים ובשפה מסוימת; בעיקרון, לכל גיליון יש אותן אבני בניין ואותם מבני בקרה. אותו דבר אפשר לומר לגבי שפת תכנות [7]. לפיכך, במקום Excel אפשר לבחור ב-Lotus, Quatro Pro, או בגיליון הישראלי פסיפס [3], ובמקום Pascal אפשר לבחור ב-Basic, או ב-C. הערה: תכנית הלימודים של הגיליון האלקטרוני (שפותחה ע"י משרד החינוך) לא כוללת שימוש במקרוס [4].

## השוואה : גיליון אלקטרוני Excel מול שפת תכנות Pascal

בחלק זה אנו נשווה גיליון אלקטרוני Excel מול שפת תכנות Pascal. ההשוואה תכלול משתנים וקבועים, פעולות אריתמטיות ולוגיות, פקודות הצבה, מבני בקרה, וכו'.

### משתנים וקבועים

משתנה- למטרנו נשווה ב-Pascal וב-Excel משתנים בעלי ערך מספרי בלבד (מתעלמים ממחרוזות ותאריכים).

ב-Pascal שם של משתנה משתייך לתא בזיכרון של המחשב, וערכו הוא הערך שנמצא בתוך התא. ב-Excel כל ערך (מספר) נמצא בתא של גיליון, ולכל תא יש שם מזהה. התאמה זו היא הדמייה מוחשית של תאי הזיכרון במחשב.

ב-Excel אין הבדל בין מספר ממשי לבין מספר שלם, אך יש ייצוג שונה של מספרים בתאי הגיליון (מספר יכול להופיע עם חלק עשרוני, ללא חלק עשרוני או בצורה מדעית). לדעתנו, אי הבחנה בין מספר שלם לבין מספר ממשי לא משפיעה על חשיבה אלגוריתמית.

### פעולות אריתמטיות וביטויים אריתמטיים

גם ב-Excel וגם ב-Pascal קיימות ארבע פעולות אריתמטיות. בעזרת פעולות אלה וגם בעזרת המשתנים והקבועים ניתן להרכיב ביטויים אריתמטיים. סדר העדיפויות של הפעולות האריתמטיות זהה בשתי התוכנות המשוות; כמו-כן, בשתי התוכנות ניתן להשתמש בסוגריים כדי לשנות את הסדר.

בנוסף לפעולות אלה ב-Pascal קיימות שתי פעולות עם משתנים (או מספרים) שלמים: פעולה DIV – חישוב מנה שלמה, ופעולה MOD – חישוב שארית של החילוק השלם.

ב-Excel חסרה פעולה DIV, אך ניתן לדמות אותה באמצעות הפונקציה INT – אשר מחזירה חלק שלם מן הארגומנט. לדוגמה,  $=INT(20/3)$  מחזירה 6.

הפעולה MOD חסרה ב-Excel, אך קיימת פונקציה MOD של שני ארגומנטים: מחלק ומחולק. לדוגמה,  $MOD(20,3) = 2$  מחזירה 2.

ב-Excel הפעולה MOD פועלת גם על ארגומנטים ממשיים (בעלי חלק עשרוני). בכל מקרה, התרגילים שיוגשו לתלמידים לא יכללו את הפעולה MOD עם ארגומנטים ממשיים.

### פעולות לוגיות וביטויים לוגיים

ליצירת ביטויים לוגיים פשוטים גם ב-Pascal וגם ב-Excel משתמשים בסימני יחס:  $>$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $><$ . ליצירת ביטויים לוגיים מורכבים ישנן ב-Pascal שלוש פעולות לוגיות: AND, OR, NOT. ב-Excel ממלאות את התפקיד פונקציות לוגיות בעלות שמות זהים. לדוגמה,  $=AND(5>3, 2=4, 3<8)$  מחזירה ערך FALSE;  $=OR(5>3, 2=4, 3<8)$  מחזירה ערך TRUE;  $=NOT(2=4)$  מחזירה ערך TRUE.

### פקודת הצבה

שימוש נכון בפקודת הצבה משפיע מאוד על תוצאות התכנות [8].

ב-Pascal הפורמט של פקודה הצבה הוא:

$var\_name := arith\_expression$  (!)

כאשר  $var\_name$  הוא שם המשתנה,  $arith\_expression$  הוא ביטוי אריתמטי, ו  $:=$  הוא סימן הצבה. לדוגמה,  $A1:= B1+C1$ . במקרים פשוטים  $arith\_expression$  יכול להיות משתנה אחד או קבוע (מספר).

ב-Excel ממלאת את תפקידה של פקודת הצבה (!) נוסחה בפורמט הבא:

$=arith\_expression$

אשר רושמים אותה בתא המתאים למשתנה  $var\_name$ . למשל, לפקודת ה-Pascal  $A1:= B1+C1$ , מתאימה ב-Excel הנוסחה הבאה:  $= B1+C1$ , אשר רושמים בתא A1. לצערנו, ההתאמה של פקודת ההצבה בשתי התוכנות המשוות אינה מלאה. נראה את הפקודה הבאה של Pascal:  $A1:= A1+C1$ . לפקודה זאת אין התאמה ב-Excel, כיוון שב-Excel לא מותרת הפנייה מעגלית (circular reference) [6].

### מבני בקרה ומבני נתונים

על מנת להשוות מבני בקרה ומבני נתונים ב-Pascal וב-Excel, אנו מציעים את הגישה הבאה: מביאים דוגמה לבעיה ופותרים אותה גם ב-Pascal וגם ב-Excel. לאחר מכן, משווים בין הכלים שהשתמשו בהם כדי לפתור את הבעיה (מבני בקרה של שתי התוכנות, מבני נתונים: מערך חד-ממדי, מערך דו-ממדי). לאחר מכן, מגלים אם בשתי התוכנות הכלים לפתרון הבעיה זהים, דומים או שונים לגמרי.

#### 1. פקודת תנאי IF

להלן הבעיה הבאה: נתונים ערכים של שני משתנים A ו-B. פתח ויישם אלגוריתם לחיפוש של הערך הגדול ביותר בין שניהם. קטע התכנית שפותר את הבעיה ב-Pascal נראה כך:

```
A:=3; B:=5;
IF A > B
  THEN write ('The greatest value is',A)
  ELSE write ('The greatest value is',B);
```

ב-Excel, הגיליון הבא פותר את בעיה:

	A	B	C
1	Value of A	Value of B	The greatest value is
2	3	5	=IF(A2 > B2, A2, B2)

לכן, למבנה הבא של Pascal:

```
IF boolean_expression THEN statement1 ELSE statement2
```

מתאים המבנה הבא של Excel:

```
=IF (boolean_expression , statement1 , statement2)
```

הערה: ב-Pascal קיים פורמט מקוצר של פקודת תנאי IF: IF... THEN, אך ב-Excel אין התאמה לפורמט זה. נשאלת השאלה: מה יקרה, אם בפקודת ה-IF של Excel לא נכתוב *statement2*, כלומר, אם הפקודה תיכתב לפי

```
IF(boolean_expression, statement1)=
```

התשובה היא: ה- Excel לא מגלה שגיאת תחביר, אך במקרה שהביטוי הבולאני מקבל ערך "שקר", בתא שבו כתובה הפקודה IF תופיע הודעה FALSE. אם המקום של *statement2* יישאר ריק, אזי הביטוי הבולאני יקבל ערך "שקר" - בתא של ה-IF יופיע 0.

לפיכך, נכונה הטענה כי ב- Excel לא קיים פורמט המתאים לפורמט IF... THEN שקיים ב- Pascal.

ידוע כי ב-Pascal ניתן להשתמש ב-IF מקונן. האם Excel יכול להציע משהו דומה? התשובה היא "כן".

לפנינו דוגמה לבעיה הבאה: נתון ערך של משתנה A. פתח ויישם אלגוריתם אשר מטרתו לתת לערך של A התאמה מילולית (מילה) על פי הכלל הבא: אם הערך של A הוא 1, המילה היא One; אם הערך של A הוא 2, המילה היא Two; בכל מקרה אחר, המילה היא Other value. קטע של תכנית Pascal שפותר את הבעיה נראה כך:

```
A:=2;
write('Verbal correspondence');
IF A = 1
  THEN write('One')
  ELSE IF A = 2
    THEN write('Two')
    ELSE write('Other value');
```

גיליון Excel שפותר את הבעיה נראה כך:

	A	B
1	Value of A	Verbal correspondence
2	2	=IF(A2 = 1, "One", IF(A2 = 2, "Two", "Other value"))

## 2. לולאה

הבעיה: נתונים שני מספרים חיוביים  $a$  ו- $\varepsilon$ . פתח ויישם אלגוריתם לחישוב של השורש הריבועי של  $a$  עם דיוק  $\varepsilon$ , לפי השיטה הקרויה תהליך Hero [11]. תהליך Hero הוא תהליך איטרטיבי המוגדר כ:

כאשר  $i$  - מספר האיטרציה;  $x_i$  - הערך של השורש הריבועי, ו- $\varepsilon_i$  דיוק השורש באיטרציה ה- $i$ . התהליך האיטרטיבי מסתיים, כאשר יתקיים התנאי  $\varepsilon_i < \varepsilon$ .

$$x_{i+1} = \frac{1}{2} \left( x_i + \frac{a}{x_i} \right) \quad (i = 0, 1, 2, \dots); \quad \varepsilon_i = |x_{i+1} - x_i|$$

כמו-כן, יש לחשב את מספר האיטרציות, הדרוש להשגת הדיוק הנתון  $\varepsilon$ .

תכנית Pascal לפתרון בעיה זו תיראה כך:

```
program Hero_for_SQRT;
const
  a=90; { a number for which square root have to be calculated }
  eps=0.001; { permissible error }
  X0=1.5; { initial approximation for square root }
var
  Xprev, Xnext, e : real;

  i : integer;
begin
  Xnext:=X0; i:=0;
  repeat
    Xprev:=Xnext;
    Xnext:=(Xprev+a/Xprev)/2;
    e:=abs(Xprev-Xnext);
    i:=i+1;
  until e<eps;
  writeln('Value of root is ',Xnext:6:4);
  writeln('was reached by ',i,' iterations');
```



end.

לאחר הרצת התכנית הנ"ל, הפלט ייראה כך:

Value of root is: 9.4868

was reached by 6 iterations;

כדי לפתור את הבעיה ב-Excel יש ליצור את הגיליון הבא:

	A	B	C	D	E	F
1	a	Eps	iter. #	x	error	control
2	90	0.001	0	0.5		
3			=C2+1	=(D2+A\$2/D2)/2	=ABS(D3-D2)	=IF(E3>B\$2,"", , "break")

ויש לשכפל כלפי מטה את הנוסחות שבתאים C3, D3, E3, F3. הנוסחה שבתא C3 תחשב את מספר האיטרציה הנוכחית  $i$ ; הנוסחה שבתא D3 תחשב את  $x_i$  - הערך של השורש הריבועי באיטרציה ה- $i$ ; הנוסחה שבתא E3 תחשב את  $\epsilon_i$  - דיוק השורש באיטרציה ה- $i$ ; הנוסחה בתא F3 תדפיס break. break מודיע שהושג הדיוק הנתון  $\epsilon$  של השורש. זאת אומרת, שיש להפסיק את התהליך האיטרטיבי (שכפול נוסחאות). לאחר סיום השכפול, ייראה הגיליון כך:

	A	B	C	D	E	F
1	a	eps	iter. #	X	error	Control
2	90	0.001	0	1.5		
3			1	30.75	29.25	
4			2	16.8384	13.9116	
5			3	11.0917	5.7467	
6			4	9.6029	1.4887	
	A	B	C	D	E	F
7			5	9.4875	0.1154	
8			6	9.4868	0.0007	break

הערך שנמצא בתא D8 הינו השורש הריבועי של 1.5 עם הדיוק 0.001.  
 ראינו כי בתכנית Pascal לא הוצגו כפלט חישובי ביניים, ובגיליון Excel הם כן הוצגו.  
 זה אינו מוכיח שיש הבדל בשימוש בלולאה בין שתי התוכנות. אם יש צורך, ניתן גם  
 בתכנית Pascal להוסיף פלט של חישובי ביניים.

### 3. מערך חד-ממדי

הבעיה: נתונה רשימה של 10 מחירים של פריטים, המיוצגים בדולרים. פתח ויישם  
 אלגוריתם להמרת המחירים לייצוג בשקלים. שער הדולר הוא 4.08. כמו-כן יש לשמור  
 (בזיכרון) את כל המחירים גם בדולרים וגם בשקלים. קטע של תכנית Pascal הפותר  
 את הבעיה, נראה כך:

```
FOR I :=3 TO 12 DO C[I] := B[I]*4.08;
```

כאן I הוא מונה המחירים, B – רשימת המחירים בדולרים (מערך), C – רשימת  
 המחירים בשקלים (מערך). מגיליון ה-Excel להלן יתברר מדוע ממספרים את איברי  
 המערכים B ו-C מ-3.

כיצד פותרים את הבעיה ב-Excel? ממלאים את עמודת המחירים (למשל, עמודה B),  
 רושמים נוסחה להמרה בתא מסוים (למשל בתא C3), ומשכפלים את הנוסחה עד  
 התא C12. בדרך זו מקבלים הדמייה של לולאה וגם של מערך. להלן הגיליון לפתרון  
 בעיה זו (בתצוגת הנוסחאות):

	A	B	C
<b>1</b>			
<b>2</b>	Item	Price in Dollars	Price in Shequels
<b>3</b>	Fan	12	=B3*4.08
	Modem	56	=B4*4.08
...	.....	.....	.....
<b>12</b>	Processor	300	=B12*4.08

הערה: כאן אנו רואים כי ב-Pascal, בכל סיבוב שעושה הלולאה, מוסיפים 1 לאינדקס  
 של איבר המערך. ב-Excel - מוסיפים 1 למצוין השורה, כי שכפול הנוסחאות מתבצע  
 לפי כתובת יחסית. ב-Excel את תפקיד האינדקס של איבר המערך ממלא מצוין  
 השורה (בדוגמה שלנו הוא מקבל ערכים 3, 4, ... 12), ואת תפקידו של מונה הלולאה  
 ממלא המשתמש עצמו - הוא משכפל את הנוסחה וקובע באופן ויזואלי מתי צריך

לעצור. למשל, אם ב-Pascal הלולאה רצה 10 פעמים, ב-Excel המשתמש משכפל את הנוסחה (שמהווה את גוף הלולאה) לתשעת התאים הסמוכים. ובכן, את תפקידם של איברי המערך B[3], B[4], ..., B[12] של Pascal, ממלא ב-Excel גוש התאים B3, B4, ..., B12. באופן דומה, את תפקידם של איברי המערך C[3], C[4], ..., C[12] ב-Excel, ממלא גוש התאים C3, C4, ..., C12.

#### 4. מערך דו-ממדי וקינון לולאות

נשנה את הבעיה הקודמת באופן הבא: נתונות שלוש רשימות של 10 מחירי פריטים המיוצגים בדולרים (כל רשימה מהווה מחיר הפריטים ברבעוני B, C, D של השנה). פתח ויישם אלגוריתם להמרת המחירים לייצוג בשקלים. שער הדולר הוא 4.08. כמו-כן יש לאחסן (בזיכרון המחשב) את כל המחירים גם בדולרים וגם בשקלים. לעומת הבעיה הקודמת, כאן נתון מבנה, המהווה טבלה (מטריצה). ב-Pascal פותרים את הבעיה בעזרת מערך דו-ממדי ושתי לולאות מקוננות. קטע התכנית יראה כך:

```

type quarter = (B,C,D);
var J: quarter; I: integer;
Price_in_Sheq, Price_in_Doll: array[3..12, B..D] of real;
.....
for I := 3 to 12 do
  for J := B to D do
    Price_in_Sheq[I, J] := Price_in_Doll[I, J]*4.08;

```

גיליון Excel שיפתור את הבעיה יראה כך (ייצוג הנוסחאות):

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		<b>Price in dollars</b>				<b>Price in shequels</b>		
2	<b>Item</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>		<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
3	<b>Fan</b>	12	14	13		=B3*4.08	=C3*4.08	=D3*4.08
	<b>Modem</b>	56	60	67		=B4*4.08	=C4*4.08	=D4*4.08
....	.....	....	....	.....		.....	.....	.....
12	<b>Processor</b>	300	320	310		=B12*4.08	=C12*4.08	=D12*4.08

הגיליון לעיל נוצר באופן הבא: ממלאים גוש תאים A1 :D12. לאחר מכן בתא F3 רושמים את נוסחת ההמרה =B3\*4.08, משכפלים אותה כלפי מטה עד לתא F12 ולאחר מכן משכפלים אותה ימינה עד לתא H12.

### הכרזה על קבועים

נחזור שוב לבעיה של המרת המחירים (רשימה אחת – ללא רבעונים). נניח כי שער הדולר משתנה מעת לעת. במקרה זה, האלגוריתמים שבנינו ב-Pascal וגם ב-Excel אינם אוניברסליים, מפני שבנוסחה להמרת המחירים מופיע שער הדולר כערך קבוע – לא ניתן לשינוי. כדי לתקן את החיסרון, ניתן ב-Pascal להכריז על קבוע, למשל

**CONST rate = 4.08**

.....  
 FOR I :=3 TO 12 DO C[I] := B[I]\*rate;

ב-Excel רושמים בתא מסוים את שער הדולר (למשל, בתא C1 של הגיליון להלן) ובנוסחה מתאימה (בדוגמא שלנו תא C3) פונים לתא המכיל את הנתון המשתנה (בדוגמא שלנו תא C1) **ככתובת מוחלטת**:

	A	B	C
1		Dollar Rate:	4.08
2	Item	Price in Dollars	Price in Shequels
3	Fan	12	=B3*\$C\$1
	Modem	56	=B4*\$C\$1
...	.....	.....	.....
12	Processor	300	=B12*\$C\$1

### תת-תכנית ורקורסיה

הסגנון הנכון לתכנות מבני ב-Pascal הוא שימוש במודולים [9]. בדרך כלל, מודול הוא תת-תכנית (שגרה). ב-Pascal קיימות תת-תכניות (שגרות) פנימיות של הספרייה (built-in functions) ושגרות המוגדרות על ידי המתכנת. השגרות הפנימיות ב-Excel דומות לשגרות המקבילות ב-Pascal. ברוב המקרים זהים השמות של השגרות המבצעות את אותן פעולות בשתי התוכנות הנ"ל. למשל, sqrt (שורש ריבועי), abs (ערך מוחלט), sin (סינוס), exp (אקספוננטה) וכו'.

ב-Excel המתכנת לא יכול ליצור שגרה משלו (נזכיר שתכנית הלימודים לא כוללת שימוש במקרוס). כתוצאה מכך, ב-Excel לא קיימת רקורסיה. תכנית הלימודים החדשה למדעי המחשב (הנכנסת בשנת הלימודים תשס"ב) לא כוללת רקורסיה בשלוש יחידות הלימוד הראשונות, לכן הדיון בנושא "חשיבות הרקורסיה לחשיבה אלגוריתמית" אינו אקטואלי.

### סיכום

להלן הטבלה שמסכמת את תוצאות השוואה בין שתי התוכנות:

מידת ההתאמה (במקרה שאין התאמה, עד כמה דבר זה קריטי)	Excel	Pascal	מה משווים?
דומה	תא של גיליון	תא של זיכרון	שם של משתנה
יש שוני, אך לא משמעותי	אין הבדל	שוני טיפוסים: שלם או ממשי	משתנה מספרי

מה משווים?	Pascal	Excel	מידת ההתאמה (במקרה שאין התאמה, עד כמה דבר זה קריטי)
חיבור, חיסור, כפל, חילוק	+ , - , * , /	+ , - , * , /	מלאה
מנה שלמה ושארית של חילוק שלם	A1 DIV B1, A1 MOD B1,	=INT(A1/B1) =MOD(A1, B1)	מלאה
ביטוי יחס	> , >= , < , <= , = , <	> , >= , < , <= , = , <	מלאה
פעולות לוגיות	A1 AND B1 A1 OR B1 NOT(A1)	=AND (A1, B1) =OR (A1, B1) =NOT(A1)	מלאה
פקודת הצבה	A1 := B1 + C1 A1 := A1 + C1	A1רושמים בתא = B1 + C1 לא קיימת	מלאה לא קריטי
פקודת תנאי IF (פורמט מלא)	IF <i>bool_expression</i> THEN <i>statement1</i> ELSE <i>statement2</i>	IF <i>(bool_expression,</i> <i>statement1,</i> <i>statement2)</i>	מלאה
פקודת תנאי IF (פורמט מקוצר)	IF <i>bool_expression</i> THEN <i>statement1</i>	לא קיימת	לא קריטי
ביצוע חוזר עם מונה או ביצוע חוזר עד להשגת תנאי מסוים	עצירת הלולאה מתבצעת ע"י המחשב	עצירת הלולאה מתבצעת ע"י המתכנת, במהלך השכפול	יש שוני, אך לא משמעותי
מערך חד-ממדי	לכל איבר המערך יש אינדקס	תפקיד האינדקס מבצע מציין השורה	דומה
מערך דו-ממדי	לכל איבר במערך יש שני אינדקסים: ה - 1 מציין מספר שורה וה - 2 מציין מספר עמודה	תפקידו של האינדקס ה-1 המבצע מציין שורה, ותפקידו של האינדקס ה-2 המבצע מציין עמודה	דומה

מה משווים?	Pascal	Excel	מידת ההתאמה (במקרה שאין התאמה, עד כמה דבר זה קריטי)
הכרזה על קבועים	הכרזה ע"י ה-Const	כתובת מוחלטת	מלאה
שגרות פנימיות	קיימות	קיימות	מלאה (לפעמים ישנו הבדל בשמות השגרות)
תת-תכנית ורקורסיה	קיימות	לא קיימות	לא קריטי

**מסקנה:** לפי רוב הקריטריונים ניתן לראות ש - Excel דומה ל-Pascal. ב-Excel אין התאמה לפקודת הצבה בפורמט  $A1 := A1 + C1$  ואין התאמה לפורמט מקוצר של פקודת תנאי IF. חוסר התאמות אלה אינו קריטי, לכן גיליון אלקטרוני Excel יכול להידמות לשפת התכנות Pascal וסביר להניח שעל סמך ההישגים של התלמידים בפתרון התרגילים ב-Excel ניתן לנבא את ההישגים העתידיים שלהם בתכנות בשפת Pascal בחט"ע. כל מה שנאמר לעיל נכון, אם התרגילים ב-Excel יהיו דומים לאלו שיש לפתור בלימודי Pascal בחט"ע.

על-סמך המסקנה שהתקבלה נראה לנו שיש צורך לערוך מחקר.

#### מהלך מחקר זה יכול שלושה שלבים:

1. פיתוח תרגילים שבאמצעותם ניתן יהיה לחזות הצלחות והישגים של תלמידי כיתה ט' בלימוד עתידי של "מדעי המחשב" כמקצוע הגברה.
2. בדיקה בשטח (בחט"ב ובחט"ע) של השיטה שפותחה.
3. תיקון ושיפור של השיטה שפותחה על סמך הבדיקה שבוצעה.

## ביבליוגרפיה

בר-און, א. (1990). **סביבות אינטראקטיביות**. חולון: המרכז לחינוך טכנולוגי. גינת, ד. (1997). **יסודות מדעי המחשב. יסודות-1**. רחובות: מכון ויצמן למדע. סביבת בע"מ (1995). **הכרת גיליון אלקטרוני פסיפס, חוברת לתלמיד**. המרכז לחינוך טכנולוגי, חולון. (1995). **לתכנות הלימודים באוריינות התקשוב לחטיבת הביניים**. שביב, ג. (1990). **עידן המחשב – עידן השאלה**. ירושלים: משרד החינוך, ביה"ס לער"ה בכירים.

Aitken, P., Fulton, J., Plumley, S., & Wempen, F. (1997). **Microsoft Office 97 Professional**. QUE Corporation.

Bell, D., Morrey, I., Pugh, J. (1997). **The Essence of Program Design**. Prentice Hall.

Boulay, B.Du. (1986, January). Some Difficulties of Learning to Program. **Journal of Educational Computing Research**, pp. 57-73.

Gal-Ezer, J. (1995, October)., A High School Program in Computer Science, **Computer**, pp. 73-80.

Hartmanis, J. (1970, February). On Computational Complexity and the Nature of Computer Science. **Comm. Assoc. Comput. Mach.**, pp. 197-215.

Kopchenova, N.V. & Maron, I.A. (1990). **Computational Mathematics. Worked Examples and Problems with Elements of Theory**. Moscow: Mir Publishers

Knuth, D. (1985, February). Algorithmic Thinking and Mathematical Thinking. **American Mathematical Monthly**, pp. 170-181.