

איזה גרף נבחר היום?

יוחאי ברק*

מערך להוראת מושגים בתיאור גרפי של תוצאות במחקר מדעי.

מבוא:

כמורים לביוגיה אנו מתמודדים עם מידע רב המועבר בדרך גרפית ובטבלאות של נתונים. בשעורי מעבדה התלמידים אוספים תוצאות ומתבקשים להציג בדרך גרפית. בעבודה האקולוגית או בבידוד הניסויים והתצפיות מועלים בדרך חזותית. תלמידי 5 יחידות לימוד מתמודדים עם מחקרים מדעיים ובהם שפע נתונים המוצגים בדרכים שונות. תוך "ריצה" עם החומר אנו לא מוצאים די זמן כדי לדון לעומק באופן עיבוד הנתונים וכך עלול להיווצר מצב בו התלמידים מבצעים דברים באופן אוטומטי מבלי שהשכילו להביןם.

המערך המוצע נותן מענה לבעיה זו. מערך זה בוחן את הנושא מהיסוד ובונה אצל התלמידים בסיס ידע שיאפשר להם להתמודד בעתיד עם תוצאות בלתי צפויות, להבין מערכי נתונים וגרפים המפורסמים באמצעי התקשורת השונים העשייה בכיתה חשובה התלמיד מחשב ומצייר במו ידיו. זו למידה "דרך האצבעות".

הרצף המוצע מחולק למספר פרקים. אולם אין הכוונה ליחידות זמן של שיעור סטנדרטי. כל אחד מוזמן ללמד את הרצף במספר המפגשים המתאים לו ולכיתתו.

בהמשך: מאמר על הטיפול בסטית התקן – לקבלת תמונה שלמה על טיפול בנתונים. (עמוד 49)

א. בדיד או רציף? כמותי או איכותי?



למורה: בפרק זה מוצע להשתמש באסטרטגיית ההוראה הבאה: מחשיבה מתפרסת לחשיבה מתכנסת.

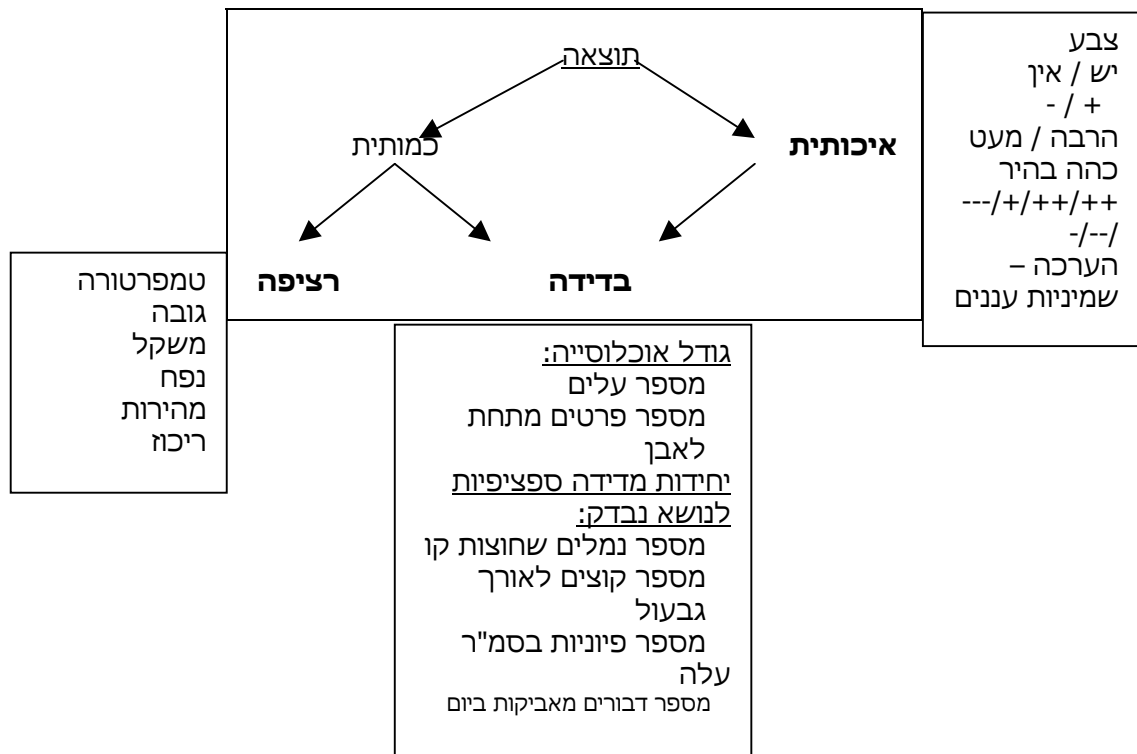
התלמידים יערכו סיעור מוחות סביב שאלה נבחרת. המורה הוא זה, שבכוונה מראש, יסדר את רעיונות ותשובות התלמידים על הלוח ויבנה אל מול עיניהם סכמה ללא כותרות. לאחר תום הדיון יתבקשו התלמידים לנחש מהו ההגיון בארגון הרעיונות על גבי הלוח. לעיתים בתחילת הדיון, קשה לתלמידים להבין את מטרת השיעור, מאחר והם לא יודעים את הכוונה הנסתרת של המורה ומגלים אותה רק בסוף (חוות "גילוי" זו עמוקה מאד).

שאלה לתלמידים: אנו עורכים מחקר מדעי דימוני. איזה גורם נוכל לבדוק/למדוד במחקר מדעי דימוני שנערך בשדה?

למורה: התשובות הצפויות: טמפרטורה, גובה, מספר עלים, מספר פרטים מתחת לאבן, צבע, יש / אין, משקל, מספר נמלים שחצו את הקו בדקה, הרבה / מעט, שמיניות עננים, נפח, מהירות, ריכוז, מספר קוצים על הגבעול, מספר פיוניות בשטח פנים של עלה, כהה / בהיר וכו'. תוך כדי הפעילות, יש להסב את תשומת ליבם לשתי עובדות:

1. חלק מיחידות המדידה מוכרות וידועות **ובין לאומיות** כמו משקל גובה וכו' ואחרות הן "המצאה יצירתית" של החוקר (כמו למשל מספר נמלים החוצה קו ליחידת זמן כמדד לפעילותן. אני הייתי מכנה אותן **מותאמות ספציפית לנושא הנבדק**).
2. ישנן מדידות **מוחלטות** כגון ריכוז, מהירות או מספר פרטים וכו' ואחרות **יחסיות**: גבוה יותר, נמוך מהר יותר מ....

המורה יכתוב את תשובות התלמידים כשהן ממוינות מראש לשלוש קבוצות: איכותי, כמותי בדיד, כמותי רציף. זאת מבלי לכתוב את שם הקבוצה. רק לאחר סוף הרישום, תוך דיון בכתב יוכנסו החיצים המחברים את הקבוצות כמודגם להלן:



מהו ההגיון במיון שנבנה על הלוח?
מתשובות התלמידים ניתן יהיה להגיע להגדרות הבאות:
תוצאה איכותית: תוצאה שאינה ניתנת למדידה מדויקת ולרוב בנויה על הערכה שרירותית של המתבונן.

תוצאה כמותית: תוצאה הניתנת למדידה מדויקת ביחידות מדידה מוחלטות.
תוצאה רציפה: תוצאה שכל ערך מספרי שמתקבל הוא בעל משמעות. **תוצאה בדידה:** תוצאה לא כל ערך מספרי אפשרי, ללא ערכי משנה ברורים..

בשלב זה חשוב להסביר את ההבדל המהותי בין תוצאה בדידה לרציפה: אנו יכולים למדוד את מספר העכברים שחיים בשדה. מספר זה יכול להיות 105 או 106 וכו' אך בשום אופן לא יתכן כי בשדה חיים 105.5 עכברים. אין ערך של חצי עכבר. לעומת זאת בעת מדידת טמפרטורה, כל ערך מספרי שיתקבל יש מאחוריו הגיון ואנחנו תלויים רק **ברגישות** מכשיר המדידה. (יש להדגיש שבתוצאות בדידות קיים ערך ממוצע ובו מספר הפרטים אינו שלם)

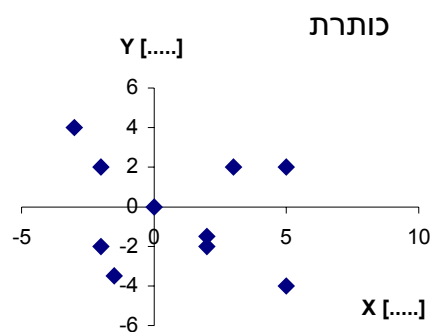
המסקנה העולה מהסכמה היא שכל התוצאות האיכותיות במחקר הן איפה בדידות ואילו התוצאות הכמותיות עשויות להיות או בדידות או רציפות.

ב. המתמטיקה של הביולוגיה – שימוש בכלים מתמטיים בידי החוקר שלב א': טיפול במשתנים רציפים



למורה: תלמידים רבים מפחדים אפילו מאיזכור השם "מתמטיקה". אפשר ומומלץ להתלוצץ על כך בכיתה, למשל לומר "אם זה כל כך מפחיד אפשר לקרא לזה חשבון". ניתן בדרך אחרת פשוט להתעלם ולא לקרא לילד בשמו. אני מתחיל את השיעור בבדיחה שתמיד רציתי להיות מורה למתמטיקה כדי להרוויח הרבה כסף בשיעורים פרטיים ועד היום מנהל הבנק שלי מזכיר לי את החלום. ..

השיעור מבוסס על גיוס ידע קודם מהתלמידים. חשוב לומר שבעצם לא בטוח שהם ילמדו דברים חדשים אבל יבינו את הידוע להם אולי מעט אחרת.
לתלמידים: נצייר מערכת צירים דמיונית, שיש בה נקודות,



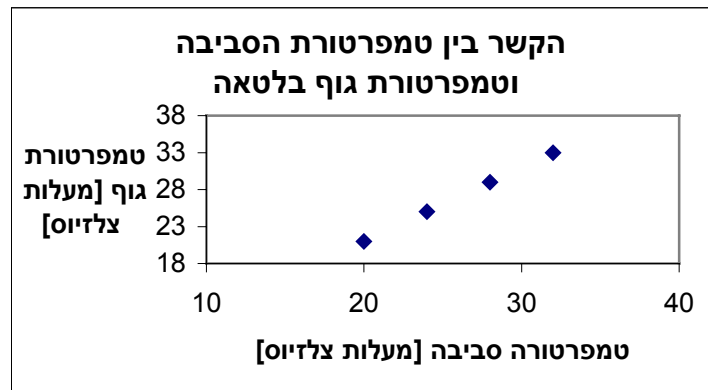
למורה: יש להסב את תשומת לב התלמידים לנקודות הבאות.

לכל נקודה יש ערך X וערך Y.
מהם ערכי הנקודות שציירנו על הלוח?
מהו קנה מידה?
מהי הכותרת לתרשים?
מהן הכותרת ויחידות מדידה לכל ציר?
האם חייבת מערכת הצירים להיפגש בנק' $Y=0, X=0$ היא נקודת ראשית הצירים? (למשל בעקום המתאר את התפלגות מכירת המכוניות בישראל בעשר השנים האחרונות).
אנו משתמשים במערכת צירים כדי לתאר תוצאות של מחקר מדעי.
דוגמא: להלן תוצאות של מחקר שבדק את טמפרטורת הגוף של לטאה בטמפרטורות סביבתיות שונות.

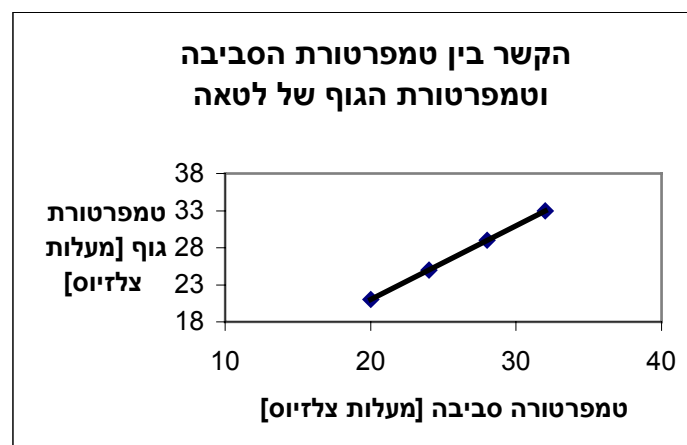
טמפרטורת גוף של לטאה בטמפרטורות סביבתיות שונות

טמפרטורת סביבה [°C]	טמפרטורת גוף [°C]
20	21
24	25
28	29
32	33

לתלמידים: ציירו לנתונים מערכת צירים מתאימה: ודאו שבשרטוט באות לידי ביטוי הנקודות עליהן שוחחנו קודם. (לכל נקודה יש ערך X וערך Y . מהם ערכי הנקודות שציירנו על הלוח? מהו קנה מידה? מהי הכותרת לתרשים? מהן הכותרת ויחידות מדידה לכל ציר? האם חייבת מערכת הצירים להיפגש בנק' $Y=0$, $X=0$ היא נקודת ראשית הצירים?)



למורה: בשלב זה יש לכתוב על הלוח את אחת מהתכונות החשובות של המושג המתמטי **קו**: קו בנוי מאין ספור נקודות. אנו מנצלים תכונה זו ומציירים קו בהתחשב בנקודות שנאספו במחקר:



ומה ניתן ללמוד מכך: הדיון בכיתה ראוי שיתפתח לכיוון הביולוגי (כגון מושג תלוי סביבה). חשוב להדגיש לתלמידים כי אנחנו מבינים זאת היטב בזכות השימוש בכלי המתמטי.

חשוב להדגיש מסקנה חדשה: (1) אם היו לנו מספר משמעותי של מדידות ועל סמך המדידות ציירנו ביניהן קו, ואם (2) הקו בנוי מאין ספור נקודות ואם (3) לכל נקודה יש ערכי X ו- Y : הרי למעשה בזכות התיאור הגרפי אנחנו יכולים ללמוד על טמפרטורת גוף הלטה **גם בטמפרטורות שלא נבדקו במחקר עצמו**.

זהו גילוי חדש לתלמידים לפחות באמירה שלו. (אינטרפולציה, חיזוי תוצאות בטווח הנבדק).

כדאי להעלות דוגמא נוספת, הקשורה בחומר הלימוד למשל הקשר בין ריכוז אגוזים וקצב הפעילות האנזימטית יש להקפיד כי שני המשתנים יהיו רציפים.

נוכל לשרטט גרף קו, עקום רק אם יש משמעות לכל נקודה ונקודה וכל נקודה עשויה להתקיים במציאות.

הקו מציג לנו תהליך רציף. לכל נקודה יש ערך X וערך Y הניתנים להצגה גרפית. מכאן נובע ש:

מותר לשרטט עקום רק אם 2 המשתנים המוצגים X ו-Y הם רציפים.

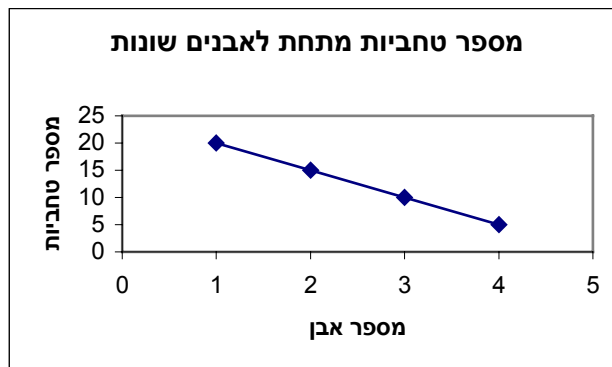
שלב ב' טיפול במשתנים לא רציפים. **למורה:** דרך ההוראה המוצגת כאן היא של למידה על דרך השלילה. הרעיון הוא שבדיון בכיתה יבינו התלמידים שקיימת טעות ומדוע אין לעשותה. ורק לאחר מכן נביא בפניהם את הפתרון.

נתחיל בסיפור רקע דמיוני: תלמיד בדק בעבודת הביטופ שלו את מספר הטחביות החיות מתחת לאבן. התלמיד הניח כי גודל האבן משפיע על הלחות מתחתיה ומכאן על אוכלוסיית בעלי החיים החיה בבית הגידול. תוצאותיו מובאות בטבלה שלהלן:

מספר האבן	גודל האבן	מספר הטחביות
1	גדולה מאד	20
2	גדולה	15
3	בינונית	10
4	קטנה	5

לתלמידים: כיצד נתאר את התוצאות בדרך גרפית?

למורה: תלמיד מתנדב משרטט את הגרף על הלוח.



נדאג לשמור על כבודו של התלמיד במידה ועשה את הטעות המתבקשת המצוירת בגרף לעיל. (חשבת נכון וכל הכבוד על האומץ אבל...) או אנחנו נהיה אלו שנצייר את הטעות שלהלן: בכוונה בחרנו תוצאות שמפתות לעשות טעות. לתלמידים לא מוכרת האפשרות לכתוב מילים על ציר ה-X. "המפלט" הוא בצורת מספרים. בנוסף, ערכי המשתנה התלוי נבחרו בכוונה כבעלי שיפוע קבוע עובדה שתפתה מאד לשרטט עקום.

הטבלה אינה בנויה לפי כל הכללים, בהמשך תיקון הטבלה יוביל לפתרון.

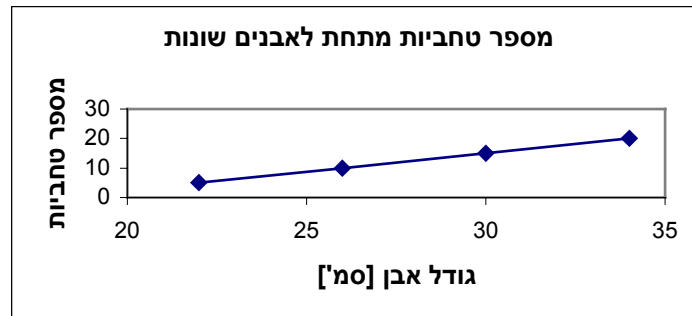
שאלה לתלמידים: מה לא יתכן בגרף?

למורה: המטרה להגיע להבנה שבשרטוט קו אנו מתחייבים על ערכיה של כל נקודה ונקודה הבונה אותו. האם קיימת נקודה שערכה שווה לאבן מספר 2.5?
 התלמיד הדמיוני החליט לשפר את עבודתו והלך אל השדה על מנת למדוד את גודל האבנים. הקוטר הממוצע של כל אבן היווה מדד לגודלה. להלן התוצאות המשופרות:

מספר הטחביות החיות מתחת לאבנים שונות

מספר הטחביות [#]	קוטר האבן [ס"מ]	אבן מספר
20	34	1
15	30	2
10	26	3
5	22	4

הפעם הטבלה בנויה נכון יותר יש כותרת ויש יחידות מדידה לכל משתנה נמדד. האם הפעם יהיה קל יותר לבצע תיאור גרפי? האם הפעם יהיה מתנדב בכיתה? נקווה שגם הפעם תחזור הטעות בדרך אחרת:

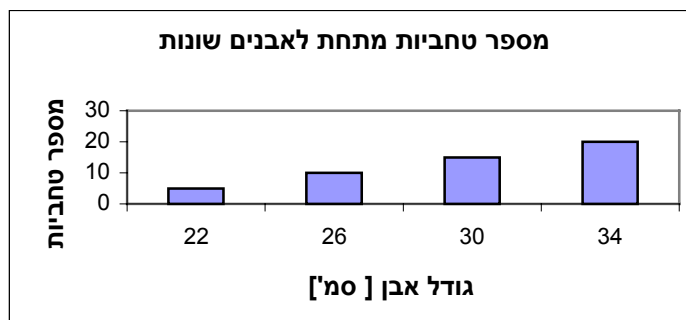


שאלה לתלמידים: מה לא בסדר בגרף?

למורה: אכן יש מגמה ברורה. וזהו כל הרעיון שלנו: לבצע מספר מוגבל של מדידות כדי ללמוד על התופעה הכוללת. ולכן גם אם לא מדדנו אבן בגודל 27 ס"מ הרי נוכל להקיש מהתוצאות מה יהיה גודל אוכלוסיית הטחביות מתחתיה. אבל, אין דבר כזה 11.2 טחביות – שוב לא נוכל להתחייב מהותית לכל נקודה ונקודה:

מותר להשתמש בעקום רק אם שני המשתנים X ו-Y הם ערכים רציפים.

מה כן מותר? נחשוף את התלמידים לדיאגרמת העמודות:



במקרים בהם יש מיעוט נתונים נעדיף שימוש בדיאגרמת עמודות כדי להימנע מאינטרפולציה.

נסכם בכיתה:

כאשר שני המשתנים רציפים: ניתן להציג את התוצאות בביטוי גרפי קווי.
כאשר אחד מהמשתנים בדיד או שניהם: אסור להשתמש בקו ועלינו להשתמש בדיאגרמת עמודות.

ג. הרחבה א'



לכל תהליך ביולוגי רציף יש ביטוי מתמטי מתאים.

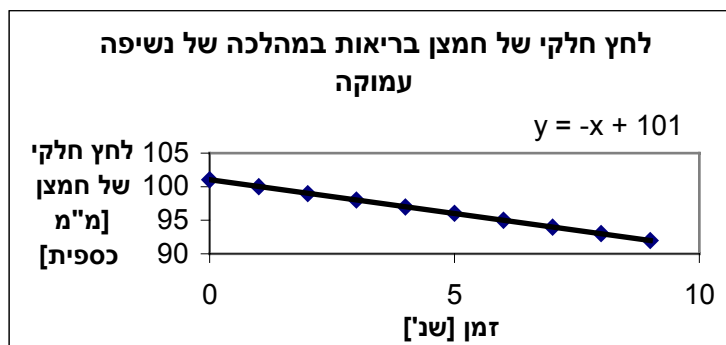
למורה: דוגמא לביטוי ליניארי שהשיפוע שלו שלילי: (בכוונה בחרנו ערכים עגולים וביטוי מתמטי "נקי").

לתלמיד: חוקר בדק את הלחץ החלקי הממוצע של החמצן בריאות במהלך נשיפת אוויר עמוקה. נקודת האפס הייתה תחילת הנשיפה. אורכה של כל נשיפה 9 שניות. המחקר בוצע על מתנדב מספר רב של פעמים והתוצאות הם ממוצעות. להלן תוצאותיו:

לחץ חלקי של חמצן בריאות אדם במהלך נשיפה

זמן [שנ']	pO ₂ [מ"מ כספית]
0	101
1	100
2	99
3	98
4	97
5	96
6	95
7	94
8	93
9	92

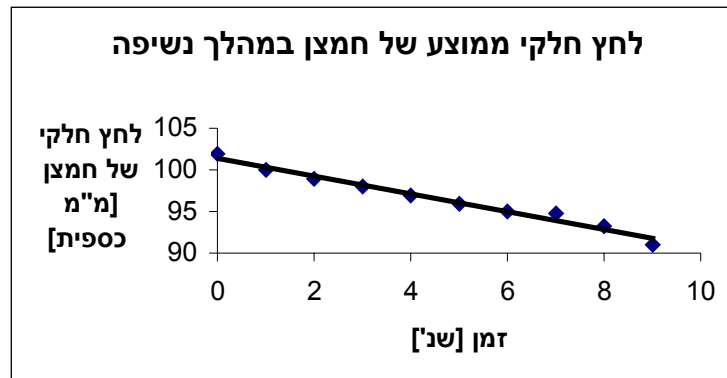
להלן הביטוי הגרפי:



זהו ביטוי ליניארי שמשוואתו רשומה. הפנו את תשומת ליבם של התלמידים לשיפוע השלילי.
לתלמיד: התוצאות האמיתיות לא היו כל כך יפות ועגולות כמו שהוצגו. היו סטיות במהלך הבדיקה: סטיות שנבעו מטעויות טכניות וסטיות המכשירים, סטיות שנבעו מכך כי בוצעו מבדקים על מתנדבים שונים שלכל אחד מהם יכולות לב ריאה שונות ולכן התוצאות הממוצעת מקבלות סטיות מערך האמיתי. התוצאות היו למעשה אלו:

לחץ חלקי של חמצן בריאות אדם במהלך נשיפה

זמן [שנ']	pO_2 [מ"מ כספית]
0	101.9
1	100
2	98.9
3	98
4	96.9
5	95.9
6	95
7	94.8
8	93.2
9	91



הקו לא מחבר את הנקודות. הקו שנצייר הוא קו שהוא תוצאה של חישוב, הקו עובר דרך מקסימום נקודות ומינימום מרחק מהן. (רגרסיה לינארית)

למורה: דוגמא תיאור של תהליך ביולוגי רציף שהו גם ביטוי מתמטי של פונקציה מעריכית:
לתלמיד: חוקרים בדקו את ריכוז הגלוקוז בדם גופם של מתנדבים. המתנדבים היו בצום במשך 12 ש' ולאחר מכן קיבלו סוכרייה מתוקה. המעקב אחר ריכוז הגלוקוז בדם היה למשך שעה אחת:

ריכוז גלוקוז בדם נבדקים במהלך המחקר

זמן [ש']	ריכוז גלוקוז [מ"ג/100 מ"ל דם]
0	90
0.1	116
0.2	130
0.3	141
0.4	152
0.5	159
0.6	150
0.7	134
0.8	115
0.9	96
1.0	80

להלן הביטוי הגרפי של התוצאות:



למורה: הדוגמאות הנ"ל מייצגות את השימוש בעקום לייצוג תופעות ביולוגיות. התלמידים מכירים את החוקיות משיעורי המתמטיקה והחידוש עבורם הוא החיבור בין שני עולמות תוכן שנראו עד כה מנותקים זה מזה.

ד. שחור לבן אפור, ממדידה בודדת למוצע מדידות.

ניסוי מעבדה אינם מייצגים דרך עבודה מקובלת במחקר כי אינם כוללים חזרות. תוצאה בודדת אינה מיצגת תופעה. כדי לקבל איפיון ממשי יש לבצע מדידות רבות לחשב ממוצע ולבדוק מגמה. תוצאות המיוצגות על-ידי ממוצע וסטיית תקן* נתן להציגן בעקום רציף.

* מצורף בהמשך מאמר הדן בסטיית התקן. (איק לאהד נתונים בלי לאהד תלמידים - עמוד 49)

האם ניתן להפוך נתונים בדידים לרציפים? אין ספק כי קו מייצג מגמה כל שהיא שלא תמיד נוח לראותה בדיאגרמת עמודות. בעזרת כלים מתמטיים נכונים ניתן להפוך נתונים מבדידים לרציפים וליישם עקרונות חשובים בתכנון מחקר מדעי, חשיבות ביצוע חזרות.

לתלמיד: הדוגמא הבאה תמחיש עובדה זו:

במסגרת מחקר למדו תלמידים על תופעת החיגור בחוף הים. התלמידים בדקו את מליחות הקרקע במרחקים שונים מהים ומצאו כי ככל שמתרחקים מקו המים כך כמות המלח המוסעת אל פני השטח קטנה יותר. התלמידים בדקו גם את מופע הצמחים ומצאו כי צמחים הקרובים יותר לים (מאותו מין) נמוכים יותר והחלקים הפונים לים דלים בעלים חיים. ממצאים אלו העלו את הרעיון לבדוק את מספר הניצנים הפעילים ביחס למרחק הצמח מהים. התלמידים בחרו באחד ממיני הצמחים הנפוץ בשטח המחקר שלהם (מלוח קיפח) ושאלו את השאלה הבאה: מהו הקשר בין המרחק מהים לבין מספר הניצנים הפעילים בצמח. בכל צמח התכוונו התלמידים לבחור ענף אקראי ועליו לספור את מספר הניצנים הפעילים. להלן תוצאותיהם:

הקשר בין מספר ניצנים פעילים והמרחק מהים

מרחק מהים [מ']	מספר ניצנים פעילים בענף נבחר
82	15
90	16
100	19
122	14
135	20
140	16
210	15

הדרך המקובלת להציג את תוצאות הייתה בדיאגרמת עמודות וזאת כיוון שמהלך המחקר לא מאפשר קביעה שבצמח מסוים פעילים 15.2 ניצנים – המשתנה התלוי כמותי ובדיד. כיצד נציג את התוצאות בכל זאת בעקום כדי להיווכח אם יש או אין מגמתיות?

התשובה היא השימוש בכלי הממוצע.

בדיון משותף התברר כי מגבלות התצפית הן כאילו שמספר שיחי המלוח מוגבל, ולא ניתן לבדוק מדגם של צמחים במרחק מסוים מהים. לעומת זאת ניתן היה לבדוק באופן אקראי מספר ענפים מאותו הצמח.

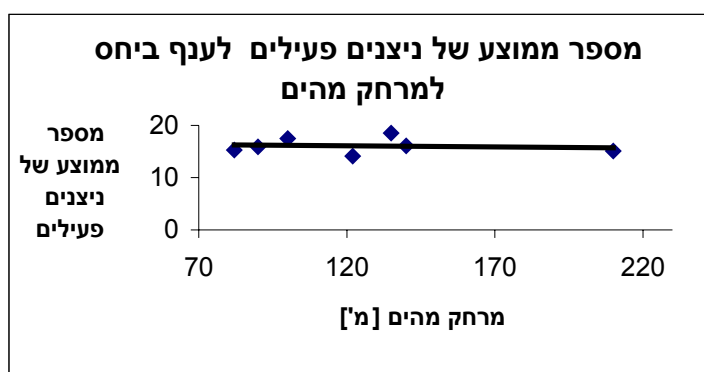
(נזכור כי חשוב להקפיד על העיקרון שגודל המדגם: $n < 5$).

התלמידים בדקו ניצנים פעילים ב- 5 ענפים בכל צמח והציגו בטבלה את המספר **הממוצע** של ניצנים פעילים לענף:

הקשר בין מספר ניצנים פעילים והמרחק מהים

מרחק מהים [מ']	מספר ממוצע של ניצנים פעילים בענף
82	15.3
90	15.9
100	17.5
122	14.1
135	18.5
140	16.1
210	15.1

במקרה זה התוצאות יוצגו בדרך זו:

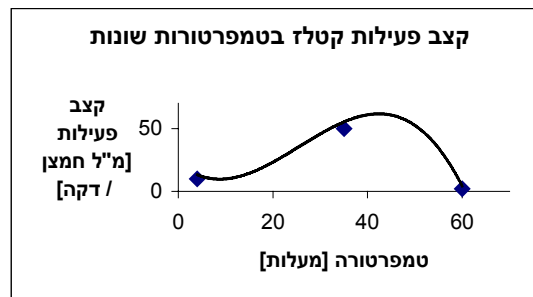
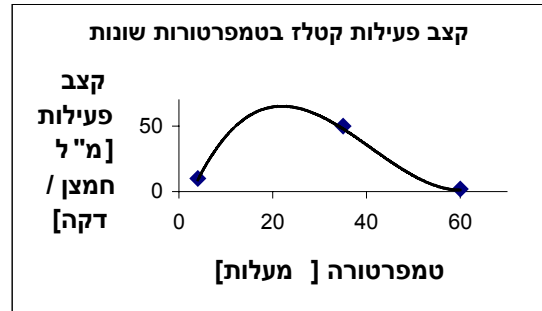
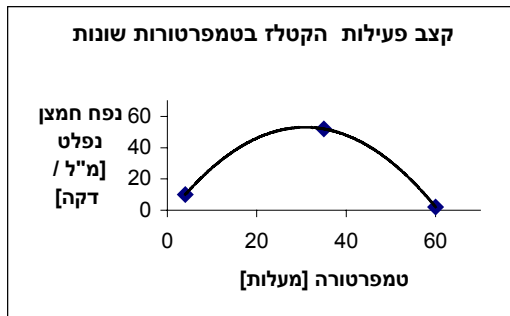


2. האם בכל מקרה שיש לנו משתנים רציפים או רשאים לצייר עקום? נסתכל על ביצוע המחקר הבא: במעבדה נבדקה פעילותו של האנזים קטלאז בטמפרטורות שונות. קצב הפעילות האנזימית נבדק לפי נפח גז חמצן שנפלט במשך דקה אחת. ריכוז הסובסטרט (מי חמצן) היה כמובן קבוע כמו גם ריכוז האנזים. להלן תוצאות המבדק:

טמפרטורה [°C]	נפח החמצן הנפלט בדקה [מ"ל]
4	10
35	52
60	2

כיצד נציג את התוצאות? זהו תהליך רציף, שני המשתנים הם רציפים. אנו יודעים ממידע קודם, כיצד נראית עקומת פעילות של אנזים ביחס לטמפרטורה. לכאורה נראה כי אין לבטים לגבי הצגת התוצאות בעקום. האמנם?

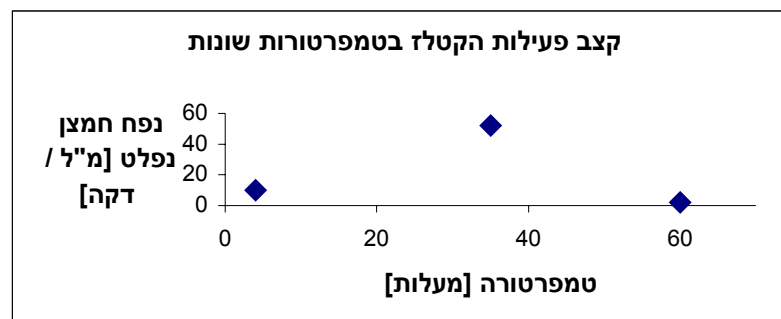
באיזו דרך מהשלוש נציג את התוצאות?



המרחק הרב בין המדידות אינו מאפשר לנו להחליט כיצד להעביר את הקו. החלטה זו משמעותית מאחר ועל פיה ניתן לקבוע מהי טמפרטורת האופטימום של האנזים. במקרה זה אין מספיק נתונים כדי להחליט.

מה עושים?

התשובה לכך פשוטה – אין ברירה, משאירים את הנקודות ללא חיבורם בעזרת עקום. נציג את התוצאות בדרך מספקת זו:

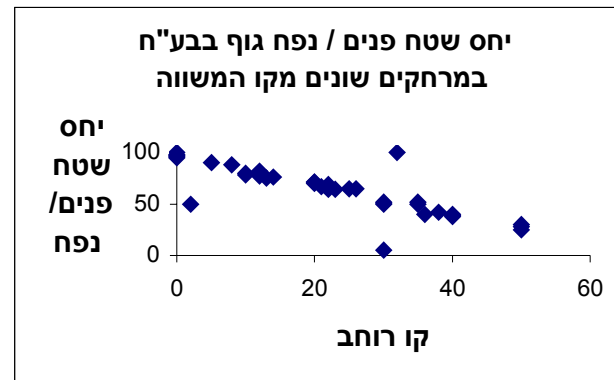


גישה זו נפוצה מאד במדע כאשר מבצעים מדידות רבות.

נסיים עם הדוגמא הבאה:

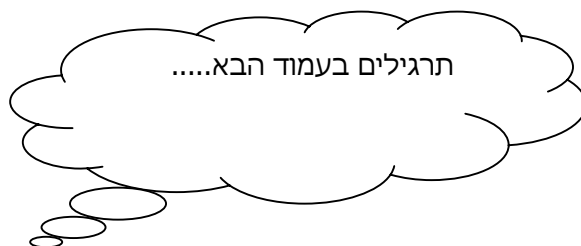
החוקר ברגמן בדק לעומק את הקשר בין אקלים בית הגידול בו גדל מין מסוים, (מיקומו של בית הגידול על קווי אורך והמרחק מקו המשווה במעלות (קווי רוחב)) ואת נפח הגוף המצוי של פרט מהמין הנדון. ברגמן התייחס ליחידת המדידה יחס שטח פנים / נפח גוף מסיבות פיזיולוגיות ברורות.

תוצאותיו מראות מגמה ברורה ואולם מאחר והנתונים בעייתיים מאד לניתוח עקב האנטומיה והפיזיולוגיה השונה של מינים שונים כמו גם תפוצתם קשה היה לקבוע נקודות ברורות. כשהציג ברגמן את הנתונים שאסף לא היה נכון להתחייב בעקום שמאחוריו אמירה מתמטית ברורה. אולם הנתונים עדיין מדברים בעד עצמם. להלן חלק מתוצאותיו:



האם מותר לחבר את הנקודות לעקום?

למורה: יש מקום לדיון בריבוי מדידות, המרחק בין הנקודות וכן בתוצאות חריגות.



1. תלמיד בדק את שטח הפנים של עלים במפני העץ השונים. להלן תוצאותיו. השלם את הטבלה, בחרו בדרך הצגה גרפית נכונה ובצעו אותה.

ממוצע	ממוצע	ממוצע	ממוצע	ממוצע	ממוצע	ממוצע	ממוצע
מזרח	59	60	58	60	58	60	58
דרום	60	55	54	50	56		
מערב	58	60	60	59	60		
צפון	60	56	61	60	61		

2. חוקר מדד את ריכוזם של יונים שונים בתמיסה התוך והחוץ תאית. להלן נתוניו:
בחרו בדרך הצגה גרפית נכונה ובצעו אותה.
(מקור: מעובד מתוך הספר: רות אמיר, האני עתאמנה, יהודית שפר, גלגולי אנרגיה ביצורים חיים הוצ. מל"מ)

שם החומר	מיקום נבדק	ריכוז mM
יון נתרן Na^+	תוך תאי	8
	חוץ תאי	147
יון אשלגן K^+	תוך תאי	145
	חוץ תאי	7
יון כלור Cl^-	תוך תאי	5
	חוץ תאי	120

3. נבדקה מסיסות החמצן במים בטמפרטורות שונות. להלן הנתונים:
בחרו בדרך הצגה גראפית נכונה ובצעו אותה. הציבו בגרף את משוואתו.

מסיסות חמצן [מ"ג/ל]	טמפרטורה $^{\circ}\text{C}$
14.6	0
12.7	5
11.3	10
10.1	15
9.1	20
8.3	25
7.5	30

4. תלמיד בדק את קצב פעילותו של אנזים בטמפרטורות שונות. קצב הפעילות נקבע לפי קצב יצירת תוצר [מ"ג] ליחידת זמן [דקה]. להלן התוצאות:
בחרו בדרך הצגה גרפית נכונה ובצעו אותה.

טמפרטורה [°C]	מ"ג תוצר / דקה
10	2.0
14	3.4
18	5.9
22	6.1
26	7.0
30	7.5
34	7.8
38	8.1
42	8.5
46	7.9
50	6.0
54	2.1
60	0.1

5. במחקר בדקו את השינויים המתרחשים לאורך זמן בעלים לאחר שנשרו לקרקע. לשם כך, קטפו עלים מצמח מסוים והכינו מהם דסקיות בעלות קוטר אחיד. מחצית מהדסקיות הונחו בתוך שקית בד ובה חורים בקוטר 0.5 מ"מ. מחציתם השניה הונחו בשקית ובה חורים בקוטר 7 מ"מ. שתי השקיות נקברו באדמה למשך 10 חודשים. בכל חודש מדדו את השטח הכללי שנותר מן הדסקיות המצויות בשקית. התוצאות מובאות להלן:
בחרו בדרך הצגה גרפית נכונה ובצעו אותה.

חודש	שטח כללי נותר [סמ"ר] שקית עם חורי 0.5 מ"מ	שטח כללי נותר [סמ"ר] שקית עם חורי 7 מ"מ
יולי	100	100
אוגוסט	96	90
ספטמבר	88	70
אוקטובר	83	32
נובמבר	78	25
דצמבר	72	17
ינואר	70	15
פברואר	68	11
מרץ	67	9
אפריל	66	7

לסיום – מעונישי ה"אקסל"



האקסל הינו הגיליון האלקטרוני הנפוץ ביותר ומירב התלמידים לומדים להשתמש בו. בעייתו העיקרית של גיליון זה היא בעובדה כי במקורו הוא נבנה לשימושם של אנשי כלכלה ועסקים ולא לשימושם של אנשי מדע.

כאשר תלמיד מסמן שטח בטבלה ולוחץ על לחצן אשף הגרפים עולה האפשרות לשרטט גרף קוי וזו נבחרת בשמחה רבה על-ידי התלמידים. זו טעות כיוון שבחירת האפשרות הזו בשלב גורמת לעיבוד הנתונים כנתונים בדידים ולא כאל נתונים מתמטיים ובעיקר, ציר ה-X לא נבנה בקנה מידה נכון, המרווחים בין הנקודות אינם מרווחים מתמטיים מדויקים. במידה ורוצים ביטוי מתמטי מדויק ושימוש בנתונים כרציפים יש לבחור תחילה את אפשרות פיזור XY ורק ממנה להמשיך.

להלן רצף ההחלטות שיש לקבל בעת שרטוט גרפים בעזרת אקסל:

1. האם המשתנים בדידים או רציפים?
 - * אם בדידים, עבור לסעיף 2 (דיאגרמת עמודות)
 - * אם רציפים, עבור לסעיף 5 (עקום פיזור XY)
2. לבחור "טורים".
3. לבחור "טורים מקובצים לאשכולות" (אפשרות ימנית למעלה)
4. להמשיך ולעצב את הדיאגרמה.
5. (מסעיף 1) לבחור פיזור (XY).
6. לבחור "פיזור". השוואת זוגות ערכים (את אפשרות הנקודות בלבד בפינה הימנית למעלה)
7. להמשיך ולעצב את הגרף.
8. בסיום העיצוב. לחיצה על מקש ימני בעכבר, המסמן את אחת מהנקודות ובחירת הוספת קו מגמה.
- ** פונקציה ליניארית פירושה קו ישר
- ** פונקציה פולינומאלית פירושה עקום משוואה ריבועית (בברירת המחדל)
9. לחיצה על מקש ימני בעכבר המסמן את הקו ובחירת "עיצוב קו מגמה", ו"אפשרויות" סימון הלחצן הצג משוואה בתרשים יבצע זאת במידה ורוצים.

ב ה צ ל ח ה