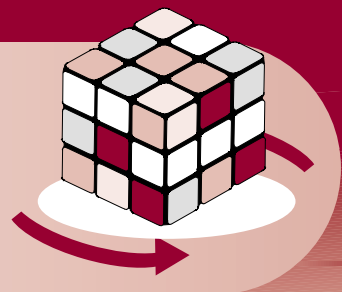


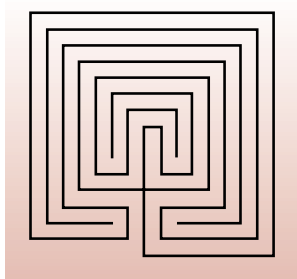
# משחקי מתמטיקה



## מורה מבוכים ג - כיצד פותרים וכיצד יוצרים?

אברהם תורגמן

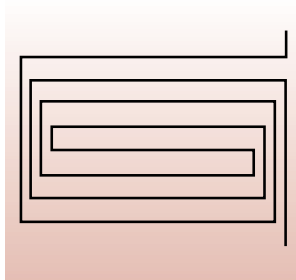
דרכים לפתרון מבוכים ודרכים ליצירתם



א. הגעה למרכז



ג. כניסה ויציאה מתלכדות



ב. כניסה ויציאה שונות

איור 1 (ראה: [www.math.sunysb.edu](http://www.math.sunysb.edu))

כיצד יוצרים אלמבוכים?

ישנם סוגים רבים של אלמבוכים ודרכים רבות לבנייתם. אולם, במהות התוצאה תהיה תמיד אותו דבר: מסלול המתחיל מנקודת חוץ (כניסה) ומגיע למרכז (יעד), או "מסלול הליכה" בו אפשר להתחיל בנקודה מסוימת ולצאת בנקודה אחרת. בכל מקרה אין כל "מכשולים" והליכה נכונה במסלול מבטיחה הגעה ליעד.

הדרכים ליצירת אלמבוכים אינן מושפעות ממטרתו או ייעודו של האלמבוכ, ולכן בחירת צורה-מעגלית, מרובעת או תלת-ממדית של אלמבוכ אינה משפיעה על דרך הבנייה. נציג כאן אלגוריתם ליצירת אלמבוכ קלאסי (כרתי) בעל 7 טבעות המתחיל מבסיס נתון, אולם בנקל ניתן להתאים את האלגוריתם למספר אחר של טבעות או לצורות אחרות המתחילות מבסיסים אחרים.

### הקדמה

במאמר הקודם "מורה מבוכים א" (מספר חזק 2000, גיליון 7) חקרנו את נושא המבוכים בראי ההיסטוריה. הצגנו מושגים, מונחים וטרמינולוגיה אחידה להבנת הנושא. עסקנו בסגנונות וסוגים שונים של מבוכים ובמאפייניהם, והבאנו מקבץ מבוכים להדגמה ולהמחשה של שימושים ויישומים חינוכיים שלהם. במאמר זה נדון בדרכים ליצירה ולפתרון מבוכים.

כמאמר הקודם, נבחין גם הפעם בין אלמבוכים למבוכים. נתחיל באלמבוכים מפני שגם "פתרונם" וגם דרכי יצירתם פשוטים יותר.

### אלמבוכים

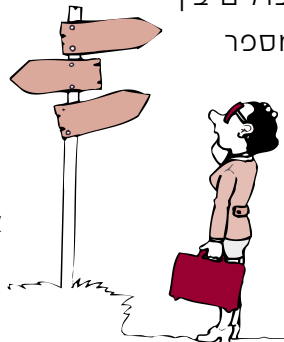
כזכור, אלמבוכ (לְכִירִינֵת - Labyrinth) הוא רשת חד-מסלולית, ללא היבט חידתי, עם התחלה וסוף. אין בו הטעיות ולא צורך בקבלת החלטות בפרשות דרכים.

מבוכ (Maze) הוא מערך סבוך של מעברים, המחברים החדית, המציב אתגר של ניווט, ומהווה חידה אינטלקטואלית המצריכה התגברות על הטעיות וקבלת החלטות עד לפתרון המבוכ.

כיצד פותרים?

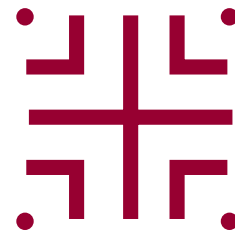
שאלת "הפתרון" באלמבוכ למעשה לא קיימת, שכן כאמור מטבע הגדרתו אין בו כל היבט חידתי. הוא תמיד חד-מסלולי ללא סיבוכים או קשיים. ההבדלים בין

האלמבוכים השונים מתבטאים במספר הטבעות, באופן החיבור בין הטבעות (הקווים) ובצורת המסלול. הקפדה על הליכה "בתלם" מבטיחה הגעה ליעד. באיור 1 מוצגות כמה דוגמאות של אלמבוכים שונים.



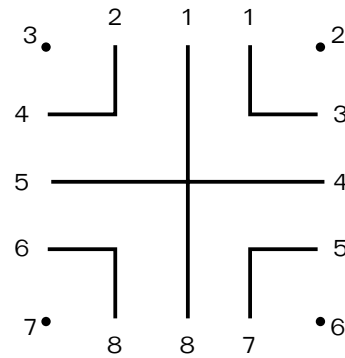
א. אלגוריתם ליצירת אלמבוך קלאסי בעל שבע טבעות בסגנון ה- $\oplus$ , 4 זוויות ו-4 נקודות חופשיות

1. שרטטו את בסיס המוצא של האלמבוך - בסיס בצורת צלב ( $\oplus$ ), 4 זוויות ישרות ו-4 נקודות (איור 2).



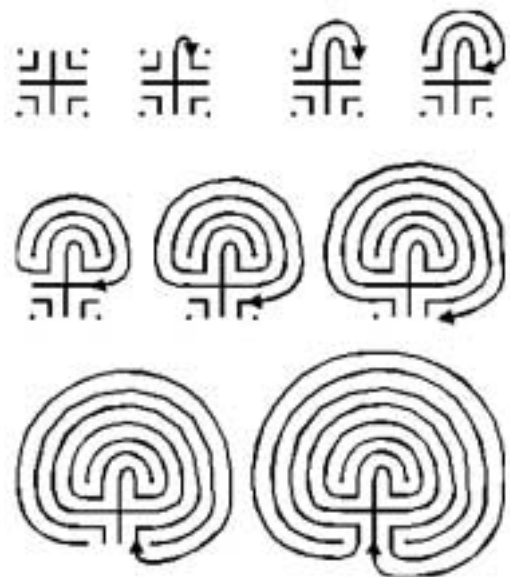
איור 2

2. מספרו את הנקודות וקצות הקטעים בדרך הבאה: על הציר האנכי של ה- $\oplus$  סמנו בקצותיו את הספרות 1 ו-8 והמשיכו עם כיוון השעון מ-1 עד 7. אחר כך סמנו בסדר יורד מ-8 עד 1 (איור 3).



איור 3 - מספור הנקודות וקצות הקטעים

3. חברו כל זוג נקודות זהות משמאל לימין ועם כיוון השעון:  $(1,1)$ ,  $(2,2)$ ,  $(3,3)$ , ...  $(8,8)$ . התחילו מ- $(1,1)$  (ראו איור 4).



איור 4 - שלבי החיבור של אלמבוך כרתי קלאסי

הערות:

1. ביצוע החיבורים הנ"ל בזוויות ישרות ולא בקשתות יוביל לאלמבוך העליון באיור 1. בדקו.
2. לרכישת ניסיון בהפעלת האלגוריתם והפנמתו מומלץ ליצור כמה עותקים ובצורות שונות: מעגלית, מרובעת וכו'.
3. בכל מקרה, וודאו כי אכן התקבל אלמבוך על-ידי צביעת המסלול בצבע שונה מנקודת המוצא עד ליעד.
4. מומלץ להשוות את האלמבוך שבניתם עם אלמבוכים באמנות, מטבעות ועוד.
5. כאמור, בדרך דומה ניתן לבנות אלמבוך שצורת הבסיס שלו מתחילה בצורת T או Y (במקום  $\oplus$ ). במקרים אלו יהיו רק 3 נקודות חופשיות (במקום 4) וקשתות במקום זוויות (ראו למשל: [www.labyrinthociety.org/html](http://www.labyrinthociety.org/html)).

ב. אלמבוך יריחו

אלמבוך יריחו גם הוא אלמבוך קלאסי, אולם הוא שונה מהמבוך הכרתי בשני היבטים:

1. באלמבוך יריחו 6 טבעות, (7 קווים, כאשר שטח החוץ מסומן ב-0 והמרכזי ב-7) ואילו בכרתי יש 7 טבעות, (8 קווים, כאשר שטח החוץ מסומן ב-0 והמרכזי ב-8, ראו איור 5ג ואיור 1א).

2. בניית צורת המסלול באלמבוך יריחו היא על-פי סדרת החיבור: 0,3,4,5,2,1,6,7. כלומר, המסלול מתחיל מהחוץ - 0, עובר לטבעת 3 ואחר-כך ל-4 ול-5 ויורד ל-2 ול-1 ושוב עולה ל-6 ומסיים במרכז-7 (איור 5), בעוד שבאלמבוך הכרתי סדרת החיבור היא: 0,3,2,1,4,7,6,5,8. ראו למשל האלמבוך באיור 4 ואלמבוך א שבאיור 1, ובדקו את המסלולים. זו דרך נוספת לבניית אלמבוך כרתי המגיעה לאותה תוצאה בדיוק! השוו ובדקו.

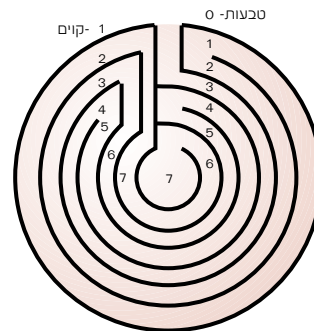
להלן תהליך בניית אלמבוך יריחו, שלב שלב, לפי סדרת החיבור כאשר המספור בסדרת החיבור מתייחס לטבעות עצמן בעוד שאת הקווים/המעגלים נמנה מהמעגל החיצוני - 1 עד המעגל הפנימי 7! עקבו אחר כל שלב חיבור באיור 5א ובאיור 5ב תוך הבחנה בין "טבעות" לקווים.

1. התחילו את המסלול (מימין) מהחוץ (טבעת 0) ועברו לטבעת 3 (לשם כך יש לחבר את קו 1 עם קו 3, החל מהמעגל החיצוני ופנימה, כדי לסגור את טבעות 1 ו-2. קו 2 נותר מנותק!).

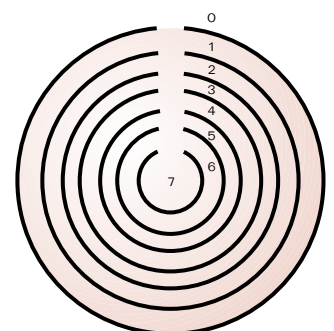
2. מסוף טבעת 3 (בצד שמאל) עברו לטבעת 4 (לשם כך יש לחבר את קו 3 ל-5 כאשר קו 4 נותר מנותק!).

3. מסוף טבעת 4 עברו (בצד ימין) לטבעת 5 (לשם כך

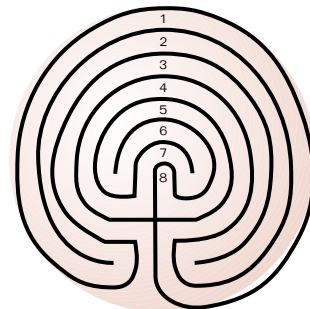
- יש לחבר את קו 4 לקו 6 ואילו קו 5 נותר מנותק!).
4. מסוף טבעת 5 עברו לטבעת 2 (לשם כך יש לחבר את קו 6 לקו 2 במקביל לחיבור של קו 5 ל-3).
  5. מסוף טבעת 2 עברו לטבעת 1 (לשם כך יש לחבר את קו 3 לקו 1, כאשר קו 2 נותר מנותק).
  6. מסוף טבעת 1 עברו לטבעת 6 (לשם כך יש לחבר את קו 7 לקו 1 דרך החיבור הימני של קו 6 ו-4 ובמקביל לחיבור השמאלי של 6 ו-2).
  7. מסוף טבעת 6 עברו לטבעת 7, ובכך הסתיים התהליך. בדקו!



ב. אלמבוך יריחו



א. אלמבוך יריחו  
(חתוך לפני חיבור)  
סדרת החיבור:  
0,3,4,5,2,1,6,7



ג. אלמבוך כרתי בעל 7 טבעות  
(8 מעגלים)

איור 5

שימו לב!

- הגדרת סדרות החיבור היא למעשה אלגוריתם פשוט וברור לבניית אלמבוך כרתי ואלמבוך יריחו, כדלקמן:
1. שרטטו 8 מעגלים (או ריבועים) בעלי מרכז משותף למקרה הכרתי, או 7 מעגלים (ריבועים) בעלי מרכז משותף לאלמבוך יריחו.
  2. נתקו את המעגלים (הריבועים) על-ידי מחיקת קטע קטן מכל אחד (ראה איור 5א).
  3. התחילו את המסלול מבחוץ וחברו את המעגלים (הריבועים) בהתאם לסדרת החיבור כנ"ל עד שתגיעו למרכז.

## מבוכים

זכור, מבוך נבדל מאלמבוך בכך שבמבוך המסלול, מנקודת ההתחלה/כניסה לנקודת היעד, אינו ברור, אינו חד-משמעי ולא פשוט. לאורך הדרך יש צמתים/נקודות הסתעפויות ובכל אחד מהם יש להכריע לאן לפנות. יש דרכים ללא מוצא, יש לולאות ויש עוד "מכשולים", כמו, אפשרויות תנועה ותנאים שונים ועוד. מבוכים שונים נבדלים זה מזה ברמת הקושי, ברמת המורכבות, בתנאים מגבילים ועוד. ליתר פירוט ראו את מאמרנו הקודם בגיליון 7.

בהינתן מבוך בו מצוינות נקודות ההתחלה והיעד, המטרה היא למצוא את המסלול המאפשר להגיע מנקודת ההתחלה ליעד. היינו, יש לפתור את המבוך תוך התגברות על המכשולים שבדרך. מאידך, אם רוצים לכנות מבוך יש לקחת בחשבון אילו מכשולים, כמה וכיצד אנו מעוניינים לכולל במבוך. לעתים יש יותר מפתרון אחד למבוך ואז אפשר שנתבקש למצוא את כל הפתרונות האפשריים, או למצוא פתרון בעל תכונה מסוימת (למשל הקצר ביותר). קיימות דרכים שונות לפתרון מבוך נתון. ודרכים שונות לבניית מבוך רצוי. נציג להלן כמה דרכים לפתרון מבוך וכמה דרכים ליצירת מבוכים. נסיים את המאמר בהצגת אתרי אינטרנט שניתן ליצור בעזרתם מבוכים וגם לפתור מבוכים באופן אינטראקטיבי.

## כיצד פותרים?

אסטרטגיית הפתרון בה יש לנקוט תלויה בסוג המבוך הנתון וברמת המורכבות שלו. להלן כמה דרכים:

א. עיקרון ההיצמדות

כל מבוך פשוט וקשיר (כלומר, מבוך חסר מעגלים/לולאות, הוא מסלול המתחיל ומסתיים באותה נקודה), ובעל מסלול יחיד שקצותיו הן נקודות המוצא והיעד, גם אם הוא ארוך ומורכב ככל שיהיה ועם הרבה צמתים (כגון זה שבאיור 14 במאמר הקודם) ניתן לפתרון בוודאות על-ידי עיקרון ההיצמדות. העיקרון אומר:

החזק "ידך" (ימנית או שמאלית) על "הקיר" בנקודת הכניסה למבוך, היצמד ל"קיר" והתקדם כל הזמן בלא לנתק מגע מ"הקיר" אף פעם. כאשר תגיע לקיר "שנגמר" הישאר צמוד לקיר ועבור לצידו השני. באופן זה מובטח לכם שתגיעו ליעד גם אם יהיו מעקפים מיותרים רבים.

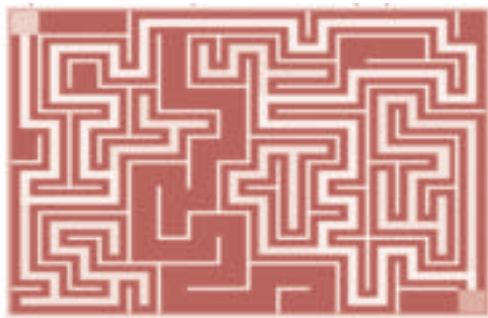
מאמר ראשון - מורה מבוכים א בגיליון 7). בכניסה בחרו צד והשתמשו בעיפרון. על-פי עיקרון הנסיגה, אחרי שתגיעו ליעד בדקו כמה "קטעים מיותרים" היו במסלול שלכם עליהם יכולתם לוותר. סמנו את המסלול ללא קטעים אלו, בדומה לזה שבאיור 7.

שימו לב! כדי לדעת כיצד לבצע את הנסיגה וגם כדי להבחין בין קטעי הנסיגה למסלול התקין מומלץ להשתמש בשני צבעים, האחד לסימון התקדמות והאחר לנסיגה, או סימון התקדמות בקו אחד ונסיגה בקו כפול (ראו למשל איור 7).

להדגמה יפה של הפעלת עיקרון הנסיגה ראו באתר: <http://eluzions.com/puzzles/mazes/ge>. אתר זה מדגים יצירת מבוך ופתרונו באמצעות שלושה אלגוריתמים. אחד מהם עיקרון הנסיגה.



א. מבוך ארמון המפטון



ב. פתרון מבוך בעזרת עיקרון הנסיגה. קטעי הנסיגה מסומנים בצבע

איור 7

ג. אלגוריתם בדיקה אופקית ראשונית (ב.א.ר.).

### Breadth First Search (B.F.S.)

אלגוריתם ה- ב.א.ר. משמש בתורת הגרפים למציאת מסילה קצרה ביותר בין שני קדקודים נתונים בגרף (תורגמן, 1977) עמ' 54). למעשה אלגוריתם זה מוצא את כל המסילות הקצרות ביותר בין קדקוד נתון ליתר הקדקודים שבגרף.

כדי להמחיש ולהבין מהו מבוך פשוט וקשיר ומדוע עיקרון ההיצמדות פועל עליו, ניעזר בתכונה אחרת לה נקרא "רעיון המתיחה" (להרחבה ראו תורגמן, 1977) עמ' 123). היינו, דמו בנפשכם כי "קירות" המבוך הנתון עשויים מחומר אלסטי. "החזיקו" ביד אחת את נקודת היעד במבוך הנתון וביד האחרת את נקודת המוצא "ומתחו" את המבוך עד שיתקבל "קו ישר" בין נקודות המוצא והיעד, (איור 6), כאשר כל "הקטעים" ה"מאונכים" (באורך כלשהו) הם קטעי מסלול "מיותרים" בנקודות הסתעפות לאורך המסלול. כל קטע כזה מסתיים ב"מחסום" או "כדרך ללא מוצא" ועל כן יש לחזור אחורה עד לנקודת ההסתעפות ולהמשיך הלאה לכיוון אחר. במצב כזה עיקרון ההיצמדות אכן מבטיח פתרון, ובלבד שאין לולאות.



איור 6

צורת "מסלול ישר" כזה אפשרית תמיד כשהמבוך הוא פשוט וקשיר. לכן על-פי עיקרון ההיצמדות, גם אם בכל צומת תפנו לכיוון שגוי, היינו תעשו את כל הטעויות האפשריות, הרי גם אז, אם רק תתמידו בהיצמדות, תמיד תאלצו לחזור "לתלם" עד שתגיעו ליעד.

### ב. עיקרון הנסיגה - Backtracking

עיקרון זה, בדומה לעיקרון ההיצמדות, מתבסס על התנסות אלא שבמקרה זה ניתן לתאר את התהליך בעזרת אלגוריתם פשוט המבוסס על עיקרון הנסיגה האומר: התקדמו במבוך כל עוד הדבר אפשרי, ואם הגעתם למבוי סתום בצעו נסיגה במסלול בו הלכתם עד לצומת הראשון ממנו אתם יכולים להמשיך להתקדם בכיוון אחר, וחוזר חלילה.

למעשה אם תפעלו באופן זה אזי בהכרח, בשלב כלשהו תמצאו מסלול שיובייל אתכם עד לנקודת היעד. היינו, תמצאו פתרון למבוך. או לחילופין, לאחר שתנסו את כל המסילות מבלי להגיע ליעד, תגיעו למסקנה כי אין פתרון למבוך הנתון. הדגמה לפתרון מבוך על-פי עיקרון הנסיגה באיור 7.

כדי להיווכח בכך בעצמכם נסו זאת במבוך שבאיור 7א, שכזכור הוא מבוך ארמון המפטון המפורסם בלונדון (ראו

יש רק מסילה אחת המחברת בין קדקוד 2 לקדקוד 6 בגרף ב והיא - 2,4,5,6 (רשמנו את סדרת הקדקודים היוצרים את רצף הצלעות, מ-2 ל-4 ומ-4 ל-5 וכו'). בגרפים ג ו-ד ניתן למצוא יותר ממסילה אחת בין שני קדקודים שאינם סמוכים. בדקו!

מכאן בהינתן מבוך, כדי לתרגם אותו לגרף כל שעלינו לעשות הוא להגדיר מה במבוך ייקרא קדקוד ומה ייקרא צלע.

תחילה נגדיר את הקדקודים ונסמן כל קודקוד באות או מספר, ואחר-כך נגדיר את הצלעות, כאשר צלע מסמלת את הקשר/המעבר הישיר בין שני קדקודים סמוכים. נדגים זאת בשני סוגי מבוכים, האחד מבוך "הליכה", מבוך כגון מבוך ארמון המפטון (איור 7) בו מסלולי הליכה, והאחר מבוך "מבנה", כלומר, מבנה הכולל מערך חדרים המחוברים ביניהם על-ידי פתחים, כגון זה שבאיור 12.

1. מבוך הליכה (ראה גם אתר 2 ברשימת אתרי יצירה להלן).

במבוך הליכה נגדיר כקדקוד כל צומת בו יש הסתעפות, כלומר, יש לפחות שני כיווני התקדמות אפשריים וכן כל קצה חסום. ואילו צלע תסמל קטע/מעבר ישיר בין 2 קדקודים/צמתים בגרף.

לדוגמה במבוך הנתון באיור 9 יש להגיע מהחוג (A) לנקודה Z.

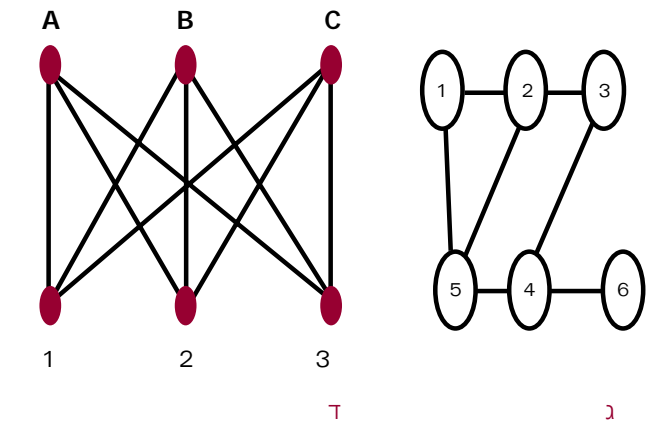
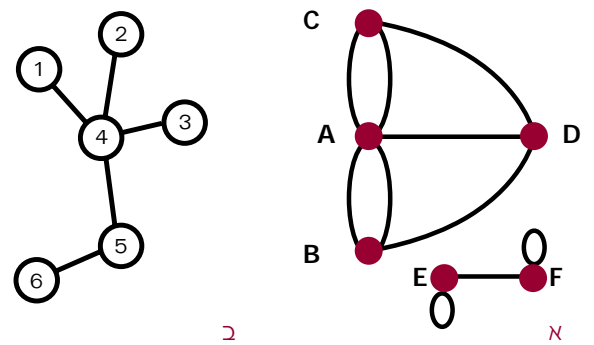
לאחר שהוגדרו הצמתים/הקדקודים בשמות A, B, C, וכו' (איור 10) נוסיף עיגול קטן ליד כל אות, שיסמל את הקדקוד, ונחבר בצלע כל שני קדקודים סמוכים, היינו, שיש קשר/מעבר ישיר ביניהם. מוצע ומומלץ לבנות כפועל את הגרף על המבוך שבאיור 10. קחו עיפרון סמנו את העיגולים וחברו את הצלעות. למשל מ-A יש מעבר רק ל-B (מ-B אפשר על-ידי קו (צלע). מ-B אפשר להתקדם ל-C או ל-F לכן נחבר בצלע את B ל-C ואת B ל-F. באופן דומה מ-F אפשר להתקדם ל-H או ל-G, לכן גם אותם נחבר על-ידי צלעות, וכן הלאה. כאמור יש קדקודים המסמלים קצה חסום כגון D, J, G, וכמובן היעד Z, לכן מקדקודים אלו אין כל צלע יוצאת. הם מסמלים קצה סופי של מסלול. בסוף התהליך מתקבל גרף בתוך המבוך.

כעת "נעתיק" רק את הגרף אל מחוץ למבוך, ו"נמתח" כל צלע לקטע ישיר, נקבל את הגרף שבאיור 11. בדקו והיווכחו!

כדי לעשות שימוש באלגוריתם זה למציאת פתרון למבוך נתון, כלומר, למצוא מסלול מנקודת המוצא לנקודת היעד, נתאר בקצרה כיצד ניתן לתרגם מבוך נתון לגרף. לשם כך נגדיר באופן פשוט ואינטואיטיבי את הגרף וחלקיו. גרף הוא אוסף של נקודות וקווים (לא בהכרח ישרים) המחברים זוגות של נקודות אלו. נקודה נקראת קדקוד וקו נקרא "צלע" (צלע אינה בהכרח קו ישר, לדוגמה באיור 8א לא כל הצלעות ישרות).

הערה: שימו לב, המושג גרף כאן שונה לחלוטין מגרף של פונקציה, במשמעות הידועה והנפוצה.

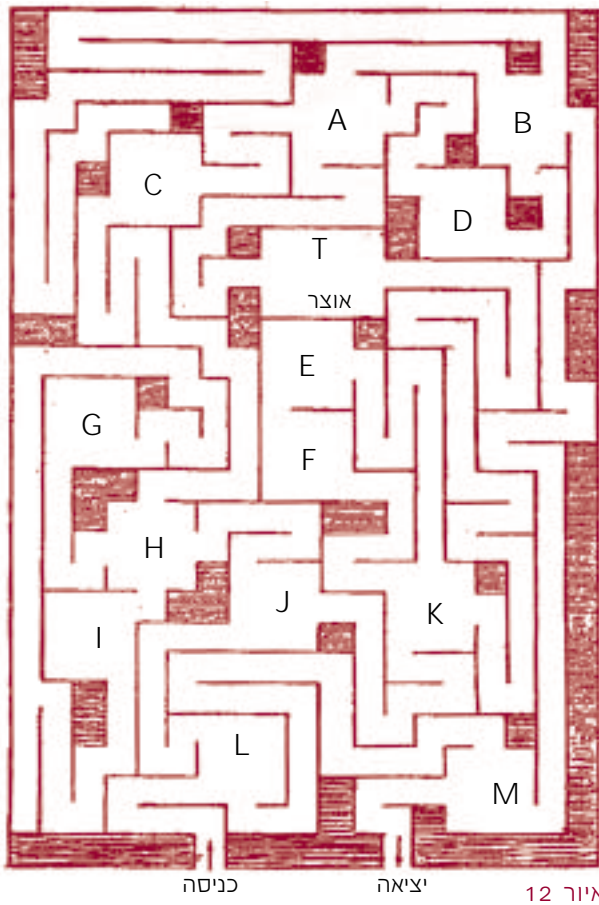
דוגמה: באיור 8 מתוארים 4 גרפים. לכולם 6 קדקודים ומספר שונה של צלעות. כל אחד מדגים סוג גרף אחר. נסו לגלות מה מאפיין כל אחד מהגרפים.



**איור 8**  
ערכיות של קדקוד היא מספר הצלעות היוצאות ממנו. (צלע היוצאת וחוזרת לאותו קדקוד נקראת לולאה ותורמת 2 לערכיות, באיור 8א יש שתי לולאות בקדקודים E ו-F). מסילה - סדרה של צלעות (לפחות אחת) המחברת שני קדקודים בגרף.

למשל: הערכיות של קדקוד 4 בגרף ב היא 4, של קדקוד 6 בגרף ג היא 1 והערכיות של כל קדקוד בגרף ד היא 3.

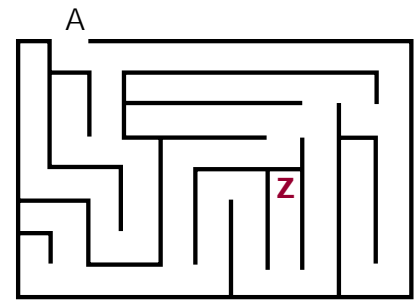
צורך למצוא מסלול דרך מסדרונות וחדרים. כל מסדרון הוביל לחדר אחד בלבד ולכל חדר הייתה כניסה אחת בלבד ויציאה אחת בלבד.  
 תרשים הטירה ומיקום המטמון מתוארים באיור 12.



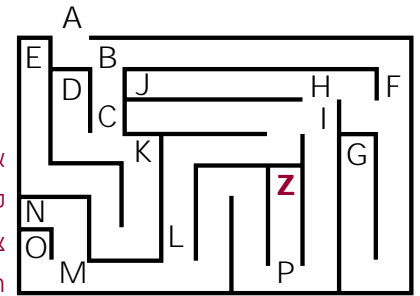
שאלה: התוכלו למצוא במבוך זה מסלול כניסה למטמון ומסלול יציאה מהמטמון החוצה, כך שיהיו זרים וקצרים ביותר?

תשובה: כמובן אפשר לנסות לפתור את המבוך על-ידי ניסוי וטעייה, אולם הפתרון בעזרת התרגום לגרף יהיה מהיר, פשוט ומלא. ואכן, נבנה גרף שיתאר את מבוך הטירה באופן הבא:

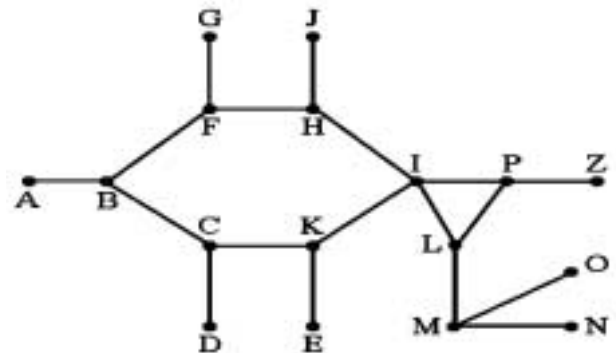
נייצג כל חדר על-ידי קדקוד ששמו יהיה כשם החדר בטירה. שני קדקודים יחברו על-ידי צלע אם ורק אם קיים מסדרון המחבר ביניהם. למשל, בין החדרים A ו-B יש מסדרון מחבר ולכן הקדקודים A ו-B יחברו על-ידי צלע בגרף. מאידך בין חדר A ל-E אין חיבור ישיר, לכן לא תהיה צלע בגרף בין הקדקודים A ו-E. שימו לב גם "החויץ" נחשב כ"שטח/חדר" שממנו יוצאים ואילו חוזרים, לכן גם הוא מיוצג על-ידי קדקוד ומסומן באות O (קיצור של Out).  
 גרף הטירה מתואר באיור 13.



איור 9. המבוך הנתון



איור 10. סימון הקדקודים - צמתים וקצוות חסומים



איור 11. הגרף של המבוך

שימו לב, כבר בשלב זה רק בהתבוננות בגרף של המבוך שהתקבל, גם בלי כל אלגוריתם, כל אחד יכול בנקל לפתור את המבוך. היינו, למצוא מסלול מנקודת המוצא A לנקודת היעד Z, ואפילו יותר מאחד. יתרה מזו, הגרף מראה לאן לא כדאי להתקדם - לכיוון של כל קצה חסום.

2. מבוך מבנה

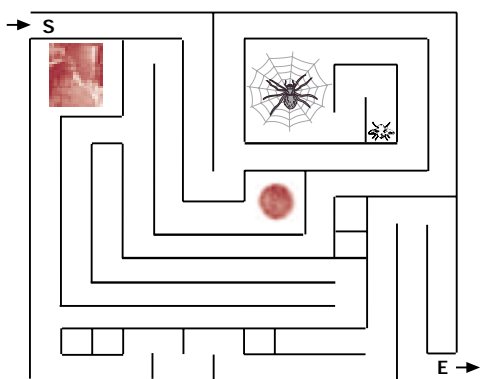
במבוך מבנה נגדיר כקדקוד כל חדר שיש לו לפחות פתח אחד. נסמן כל קדקוד על-ידי עיגול קטן ונסמן אותם באותיות A, B, C, וכו'. אחר-כך נחבר על-ידי צלע כל שני קדקודים סמוכים. כלומר, כל שני קדקודים המייצגים שני חדרים שיש קשר ישיר ביניהם - פתח משותף או מסדרון מקשר.

דוגמה: (ראו תורגמן, (1977) עמ' 223) האגדה מספרת כי ברון פיאודלי שמר את אוצרו כשהוא טמון באחד מחדרי טירתו. מפאת חשדנותו הרבה בכל אדם הוא יצר בטירתו מבוך של מסדרונות ודלתות כך שכדי להגיע למטמון היה



### שלב 3

בחרו מקומות בשטחים שמחוץ למסלול שיצרתם ובטלו את המחיצות הפנימיות, כדי שתוכלו למקם שם תמונות וכדומה. בדוגמה זו בחרנו ריבוע של  $3 \times 3$ . (איור 15).



איור 17

הערות:

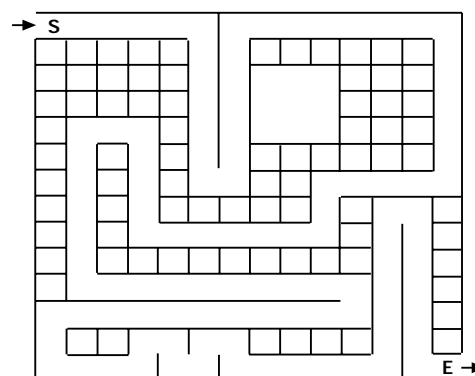
1. העיבוד והתיאור של שלבי הבנייה שלעיל הם בעקבות פשוטה ליצירה של מבוך במחשב בעזרת מעבד תמלילים World Project 3 Table Maze. השלבים מתארים דרך Word.

2. בדוגמה לעיל מודגמת יצירת מבוך ריבועי, אך כמובן אפשר באותם שלבים ליצור כל מבוך מלבני מסוג  $M \times N$ . בכל מקרה יש להיזהר בעת השימוש ב"מחק" ולשים לב שאכן נמחק רק מה שביקשתם למחוק. השלבים הנ"ל טובים גם ליצירת מבוך באופן ידני עם מחק ועיפרון רגילים, בעזרת דף משובץ ותמונות מוכנות בגודל רצוי. 3. לעיתים רוצים ליצור מבוך שאינו בעל צורה מלבנית או ריבועית אלא בעל צורה גיאומטרית אחרת כגון: מעגל, משולש, משושה או כל צורה אחרת - בעל חיים מסוים או פני אדם מפורסם. כמו כן, יש ורוצים ברשת מילוי אחרת שונה מהרשת המלבנית, כגון, רשת של משולשים, משושים ועוד, כך שמתקבל מבוך מורכב יותר. למקרים אלו נשתמש בדרך הבאה.

ג. יצירה ידנית של מבוך

1. בחרו דף בעל רשת רצויה (משולשים, משושים, וכו').
2. ציירו על הדף צורה רצויה שתהווה תחום למבוך (בעל חיים, פנים, צמח, וכו').
3. בחרו נקודות התחלה ויעד ובנו מסלול (לפחות אחד) המקשר ביניהן.
4. בחלקים שנותרו הוסיפו כרצונכם מסלולי הטעייה, תמונות ומכשולים.

להלן (איור 18) דוגמאות למבוכים שנבנו בצורה זו. נסו לפתור אותם.



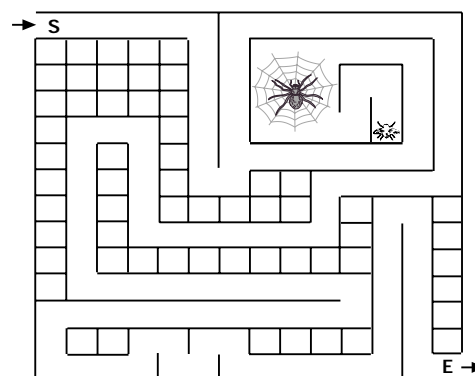
איור 15

### שלב 4

בחרו תמונות ומקמו אותן במקומות שונים במבוך. דאגו להתאים את גודל התמונה לגודל המקום המיועד, כך שגודל התאים במבוך יישאר אחיד.

### שלב 5

צרו במבוך מסלולים המובילים לנקודות ללא מוצא, למשל כאלה שיובילו לתמונה. באיור 16 נוסף מסלול קצר המוביל את הזכוכי לעכביש ומסלול ארוך יותר המוביל גם הוא לעכביש.

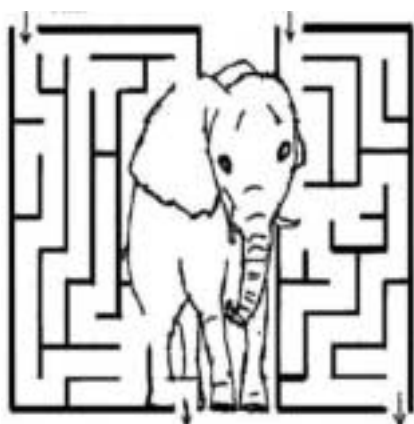


איור 16

### שלב 6

הוסיפו בזהירות מסלולי הטעייה נוספים ותמונות כדי להקשות על פתרון המבוך. בטלו ככל האפשר את המחיצות שנותרו כדי לקבל במבוך מסלולים בלבד. בדוגמה באיור 17 נוספו עוד תמונה ומסלולי הטעייה.

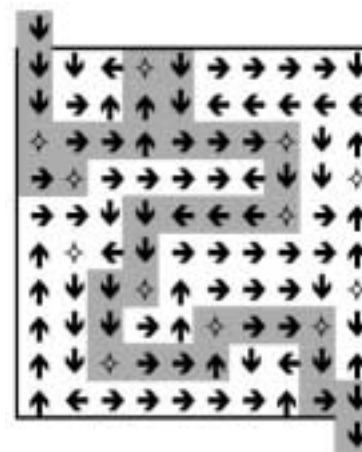




מבוך ניר ועיפרון לקואורדינציה  
בין עין ליד



מבוך ניר ועיפרון לקואורדינציה  
בין עין ליד



מבוך חצים כאשר שינוי כיוון מותר רק  
כשמגיעים למעוין

איור 18. הדוגמאות לקוחות מאתרים שונים ברשת ה-**WEB**.

כדי שיהיה אפשר לעקוב אחרי שלבי היצירה והפתרון  
כאשר למשל מבקשים פתרון על-פי עיקרון הנסיגה.

[www.comp.nus.edu.sg/~tongjiay/  
maze\\_pracrm.htm](http://www.comp.nus.edu.sg/~tongjiay/maze_pracrm.htm)

אתר זה עושה שימוש בתורת הגרפים כדי לפתור מבוך  
נתון.

[http://web.kyotoinet.or.jp/people/eisaku/  
e\\_maze/index.html](http://web.kyotoinet.or.jp/people/eisaku/e_maze/index.html)

אתר מבוכים לילדים בצורות בעלי חיים שונים ועוד.

[http://www.pencilpuzzles.com/puzzles/  
puzzles.htm](http://www.pencilpuzzles.com/puzzles/puzzles.htm)

אתר מבוכי נייר ועפרון בצורות משעשעות לילדים.

<http://members.cox.net/jdean284/>

אתר מבוכים תלת ממדיים אינטראקטיבי הכולל פתרונות  
של James L. Dean.

[www.prongo.com/maze/](http://www.prongo.com/maze/)

אתר אינטראקטיבי בו 18 מבוכים לילדים.

לסיום נציג כמה אתרי אינטרנט ליצירת מבוכים ולפתירתם  
באופן אינטראקטיבי.

אתרי יצירה של מבוכים ברשת האינטרנט  
כאמור, ישנם אתרי יצירה רבים ובדרגות קושי ומורכבות  
שונות. אנו נציג רק כמה לצורך הדגמה.  
חלק מהאתרים הובאו גם במאמר מורה מבוכים א.

[www.astolog.org/labryrinth/jscript.htm](http://www.astolog.org/labryrinth/jscript.htm)

באתר זה אפשר לבחור את גודל המבוך הריבועי, ליצור  
אותו ולנסות להגיע לפתרון על-ידי שימוש במקשי תנועה  
לארבעה כיוונים, או לבקש הצגת פתרון.

[www.billsgames.com/mazegenerator/](http://www.billsgames.com/mazegenerator/)

באתר יצירה זה אפשר ליצור מגוון מבוכים בדרגות גודל  
קושי וצורה רצויים.

<http://eluzions.com/Puzzles/Mazes/Gen/>

אתר זה מציג תכנית בה ניתן ליצור ולפתור מבוכים תוך  
שימוש באחד משלושה אלגוריתמים שונים (בנוסף  
לאלגוריתם ה**ב.א.ר.** שתואר לעיל). אפשר לבחור את גודל  
המבוך המלבני הרצוי. מומלץ להתחיל במבוכים קטנים

### { מקורות }

תורגמן, א' (1997). תורת הגרפים. אקדמון, האוניברסיטה העברית בירושלים,  
Hornby, A.S., et al. (1969). *The Advanced Learner's Dictionary of Current English*. London: Oxford University Press.  
Mattheews, W.H. (1970). *Mazes & Labyrinths. Their History & Development*. New York: Dover Pub.  
Snape, C., & Scott, H. (1991). *How Puzzling*. New York: Cambridge University Press.  
<http://www.merriam-webster.com/tools/search/searchboxes2.htm>.