

# אוטומטים

## מדריך יקר!

- פעילות זו אינה דורשת ידע מוקדם מצד הקבוצה.
  - ניתן להעביר אותה במספר רמות של קושי. לאורך המערך מוצגות נקודות דיון למתקדמים, ולכן מומלץ להעביר אותה לאחר היכרות עם הקבוצה ולהתאימה לרמתם.
- הערה: במערך שיעור זה נתייחס רק לאוטומט סופי דטרמיניסטי (אותו נכנה פשוט אוטומט על מנת שמירה על הפשטות) ולא נכנס כלל להגדרת דטרמיניסטי ללא דטרמיניסטי.

## מבוא

עיסוק באוטומט סופי דטרמיניסטי למעשה מתחלק לשתי מורכבויות: הכרות עם הצורה שבה הוא עובד וכיצד האוטומט רץ (או מנתח קלט), וכן השימושים שניתן לעשות באוטומטים על מנת לבצע יישומים אחרים.

בראש ובראשונה השיעור עוסק בהיכרות עם צורת ריצת האוטומט וכיצד אוטומט קיים עובד בהתאם לקלט מסוים. כמו כן בהמשך השיעור אנו למדים כיצד באמצעות המנגנון הזה, אנחנו יכולים לבנות מכונה משלנו אשר תשמש אותנו לצרכים אחרים, כלומר הפיכתו של האוטומט במקרה זה לאמצעי ולא למטרה העיקרית.

דוגמאות נפוצות לשימוש באוטומטים הינן עיבוד אותיות או מילים במסמך על מנת לחלץ מתוכם מילים מעניינות (כמו מספרי טלפון, כתובות אימייל וכו'), או אפילו לנתח את הטקסט של תכנית מחשב אחרת על מנת להעביר אותה קומפילציה או אינטרפרטציה.

כאמור, חלקו הראשון של השיעור יעסוק בעקיפין בדרך פעולתו של אוטומט באופן כללי, החלק השני יתמקד בצורה הפורמלית יותר של אוטומט, ויעסוק בתחילה ביצירת אוטומט באופן פורמלי בהתאם לצורך יישומי ולבסוף בניתוח ריצתם של אוטומטים פורמליים קיימים. חלקו השלישי של השיעור הוא אופציונלי ועוסק בייצוג אחר של אוטומטים שפות רגולריות (לחלוטין לא חובה). מטרת השיעור היא בעיקר הצגתו של מנגנון פעולה, ולאחר מכן הצגת יישומו לצרכים יישומיים.

## אי המטמון

במשחק הבא המטרה של הילדים היא למצוא את אי המטמון. אוניות פיראטים ידידותיות מפליגות לאורך מספר מסלולים קבוע, ומציעות את שירותיהן למחפשי הרפתקאות. מטרת הילדים היא למצוא את המסלול הטוב ביותר לאי המטמון.

- לכל אי שאליו מגיעים ניתן לבקש את שירותיה של ספינה א' או ב', אך לא את שתיהן.
- הפיראט על האי יבשר לנו לאיזה אי לוקחת אותנו ספינה א' או ספינה ב', אך לאף פיראט אין את המפה של כל האיים, ולכן יודע לספר רק על הספינות שיוצאות מהאי שלו.
- הילדים ישתמשו במפות משלהם שאותן הם ימלאו לאורך הפעילות.

## פעילות (1)

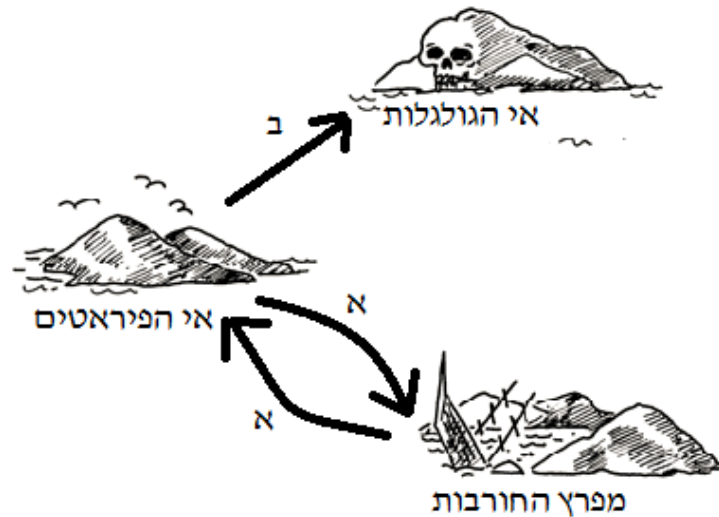
1. ציירו את מפה (1) הבאה על הלוח.



2. צלמו את שלושת הכרטיסיות בסוף הפרק, וחלקו אותם לשלושה מתנדבים. שימו לב שהמסלולים על הכרטיסיות שונים מהמסלולים שמופיעים בפעילות עצמה.

3. התחילו מאי הפיראטים ובקשו את אוניה א'. המתנדבת המקומית תכוון אתכם למפרץ החורבות. סמנו מסלול זה על המפה. במפרץ החורבות בקשו שוב את אוניה א' ותופנו בחזרה לאי הפיראטים. סמנו זאת על המפה. הפעם בקשו את אוניה ב'. סמנו זאת על המפה. הפעם תגיעו לאי הגולגולות, ובשלב זה תיתקעו באי זה.

4. המפה הסופית אמורה להיראות כך:



## פעילות (2)

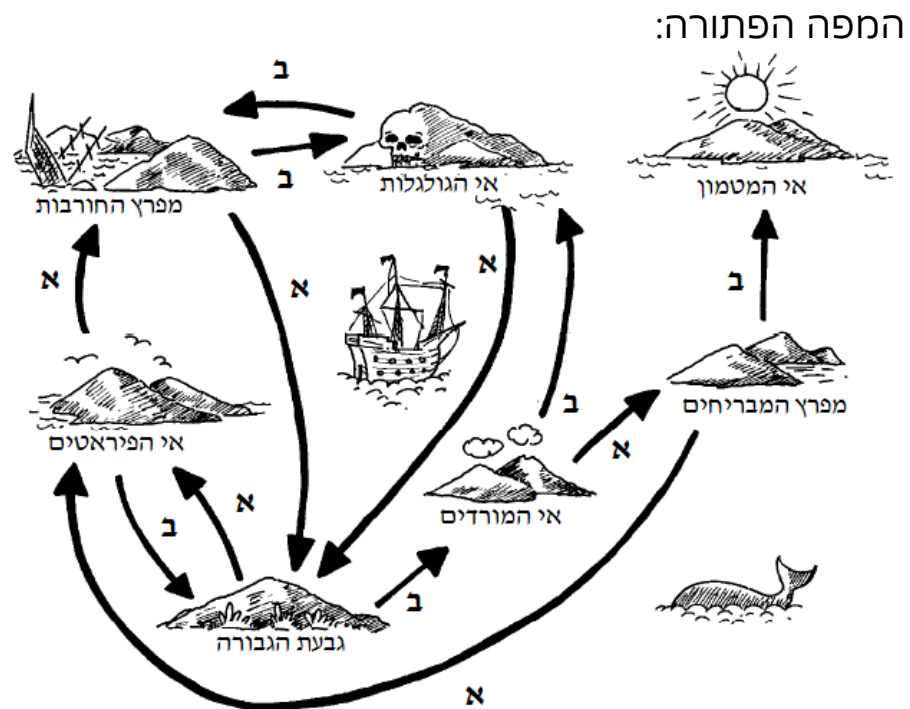
בחרו שבעה ילדים אשר יהיו ה"איים". כל ילדה תחזיק כרטיסיה אשר תסמן את האי שלה, עם ההוראות הסודיות בגב הכרטיסיה (נספחים דף פעילות 1). מקמו אותם באופן אקראי בכיתה (או מחוצה לה).



לשאר הילדים תינתן מפה ריקה, אשר באמצעותה ינווטו **מאי הפיראטים לאי המטמון**. במהלך הניווט הילדים צריכים למלא את המפה שלהם.

לדוגמא כאשר ניגשים לילדה המחזיקה בכרטיסית מפרץ החורבות ומבקשים את אוניה ב' עליה לכוון אל אי הגולגלות.

הערה: ישנן הרבה דרכים לנהל משחק זה, אחת הדרכים המומלצות היא לתת לכל מנווטת תור לבחירת צעד אחד בלבד, וכך ניתן לשמור על סדר וגם לתת לכל אחת מהילדות הזדמנות שווה.



מי שמסיימת מהר יכולה לנסות למצוא מסלול שני או יותר.  
את כרטיסיות האיים והמפה הלא פתורה ניתן למצוא בנספחים  
(כרטיסיות פעילות 1).

שאלות לדיון:

- מה היא הדרך הקצרה ביותר (אפשר לצייר את המפה על הלוח)?  
(בבאב)
- מה יהיה מסלול מאוד איטי? (בבאאבאבאב)
- מסלול מסויימים כוללים "לולאות", להזמין מישהו ללוח למצוא אחד כזה.

לאחר שסיימנו את הפעילות ציירו המפה הסופית על הלוח והקיפו את האיים בעיגולים. נסביר שניתן לכנות את המפה אוטומט או מכונת מצבים. נתחיל להגדיר ולהסביר את המושג תוך כתיבה מפורטת על הלוח. בכל מאפיין מגדיר של האוטומט נראה איך הוא בא לידי ביטוי בדוגמא שלנו מפעילות 1 :

אוטומט מוגדר באמצעות המושגים הבאים:

- הא"ב – א' וב' מהפעילות הראשונה
- (קבוצת) המצבים – האיים
- המצב ההתחלתי – אי הפיראטים
- המצבים המקבלים – אי המטמון (מה היה קורה אם היה לנו מטמון על שני איים) – נקיף בעוד עיגול נוסף על הלוח
- המעברים בין מצב למצב – מסלולי אוניות הפיראטים

הערה: התאימו את רמת הפורמליות בהתאם לקבוצה. יש שיעדיפו להציג את ההגדרה המאוד פורמלית הבאה:

$$A = \{\Sigma, Q, q_0, F, \delta\}$$

שזורשת הרחבה מרובה...  
הסימונים והמושגים שתבחרו ההם לשיקולכם ולפי הכרתכם את הקבוצה (היו יצירתיים).

נקודות למתקדמים: (ניתן להעמיק בנושאים אלו תוך המעבר על ההגדרות הקודמות)

- מהי קבוצה סופית?
- דוגמא לקבוצה לא סופית? קבוצת המספרים (הטבעיים) למשל.
- סימונים של תורת הקבוצות- המספר 1 שייך לקבוצת המספרים, הקבוצה "המספרים הזוגיים" מוכל בקבוצת המספרים.

### פעילות (3)- המילון העקשן

ברצוננו ליצור אוטומט שיעזור לבלבילון (שם זמני) המילון העקשן שלנו לקבל אך ורק את המילים שהוא מעוניין בהן!

1. בלבילון מעוניין לקבל רק מילים בעלות מספר זוגי של אותיות.
  2. בלבילון מעוניין לקבל רק מילים בנות 7 אותיות.
  3. בלבילון מעוניין לקבל רק את המילים: "מוזיקה", "יום", "מסיבה".
- כל פעם הציגו בפני הקבוצה את התנאים של בלבילון, ובחרו מתנדב שיצייר את האוטומט על הלוח לפי הוראותיהם של שאר חברי הקבוצה. כמובן במידה והם מתקשים הדריכו אותם. הסבו את תשומת ליבם לאילו מאפיינים בדרישות, בשפה (מושג שנרחיב בהמשך) עזרו לכם לדעת איזה אוטומט לייצר.

בכל פעם, לאחר מציאת הפתרון, נעבור על האוטומט שקיבלנו ונשאל מס' שאלות בכדי לראות שהפנמנו את ההגדרות: "כמה מצבים יש לנו?", "מי המצב המקבל?", וכו'...

בדף פעילות 3 מצורפים הפתרונות לאוטומטים.

## נקודות למתקדמים:

- האוטומטים בדוגמאות 2 ו-3 מכילים "בור" כלומר מצב שאי אפשר לקבל יותר את המילה, ולעומת זאת בדוגמא 1 אנחנו יכולים להמשיך ולקרוא את המילה- **הקלט** ואולי עוד לקבל אותה.
- בדוגמאות 2 ו-3 ניתן לזהות מאפיינים שניתן להכליל אותם:
  - כאשר נרצה לקבל אורך מילה מסוימת תמיד תיווצר שרשרת מצבים באורך הנדרש+2 (מצב התחלה ומצב בור)
  - כאשר אנחנו רוצים לקבל מילים ספציפיות יהיו לנו שרשראות מצבים לכל מילה, ומספר מצבים מקבל כמספר המילים. שימו לב שהמסלול למילים "מסיבה" ו"מוזיקה" יכול להתחיל במסלול משותף ואז להתפצל, מה קורה אם מילה אחת מוכלת בשנייה?

פעילות (4) – דף פעילות 4, מילים שמתחילות ב-א' ונגמרות ב-ת', דף עבודה אישית. (אפשרי גם כדף עבודה לשיעור לאחר מכן לחזרה על החומר ☺).

## למתקדמים: החלק הבא של השיעור מעמיק מעט גם לעולם השפות הרגולריות.

### ראינו שהאוטומט בעצם מגדיר לנו שפה

שפה שאפשר לייצר אותה ע"י אוטומט (סופי) היא שפה רגולרית. שפה רגולרית היא גם כזאת שאפשר לייצר ע"י ביטוי רגולרי.

**מהו ביטוי רגולרי?** נגדיר מספר סימנים מוסכמים של ביטויים רגולריים.

**סוגריים - ( )** - כמו בפעולות חשבון עוזרות לנו לסדר פעולות. נבצע קודם את מה שבסוגריים.

**"או" - |**

$a \mid b$  - משמעותו שנקבל לשפה את  $a$  או את  $b$ .

**"כוכב" - \***

מופע אחד או יותר:

$a^*$  = (מילה ריקה)  $\backslash a \backslash aa \backslash aaa \backslash aaaaaaaaaa \dots$

$(ab)^*$  = (מילה ריקה)  $\backslash ab \backslash abab \backslash ababab \dots$

נחזור לדוגמאות מפעילות 3 וניצור לשפות שהן מגדירות את הביטוי הרגולרי המתאים:

דוגמא 0: ראשית נגדיר את האותיות שלנו בשפה העברית.

[סימון] א-ת: א | ב | ג | ד | ..... | ת  
(סופיות יוצגו כרגילות או שניתן להוסיף גם סופיות)

1. (א-ת א-ת)\*

2. א-ת א-ת א-ת א-ת א-ת א-ת א-ת

3. ים | מסיבה | מוסיקה

### פעילות (5)

חלקו את דף פעילות 5 בו מוצגים מספר ביטויים רגולריים. על התלמידים להבין מהי השפה שהביטוי הרגולרי מייצג- לכתוב אותה בכותרת המתאימה, ולצייר אוטומט מתאים.

(1) מילים שמתחילות ב-א' ונגמרות ב-ת'.

(2) מילים באורך שהוא כפולה של 3.

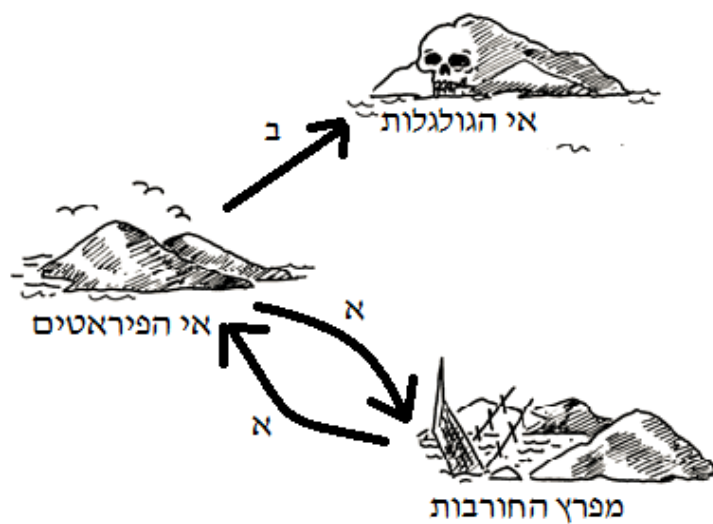
(3) חייבת להופיע במילה האות ר' או האות מ' או האות ז'.

נספחים:

מפה (1)



מפה (2)





# כרטיסיות פעילות (1):



מפרץ החורבות

א →



אי הפיראטים

ב →



אי הגולגולות



אי הפיראטים

א →



מפרץ החורבות

ב →



אי הגולגולות

זאזאזאזאזא



באבאבאבא



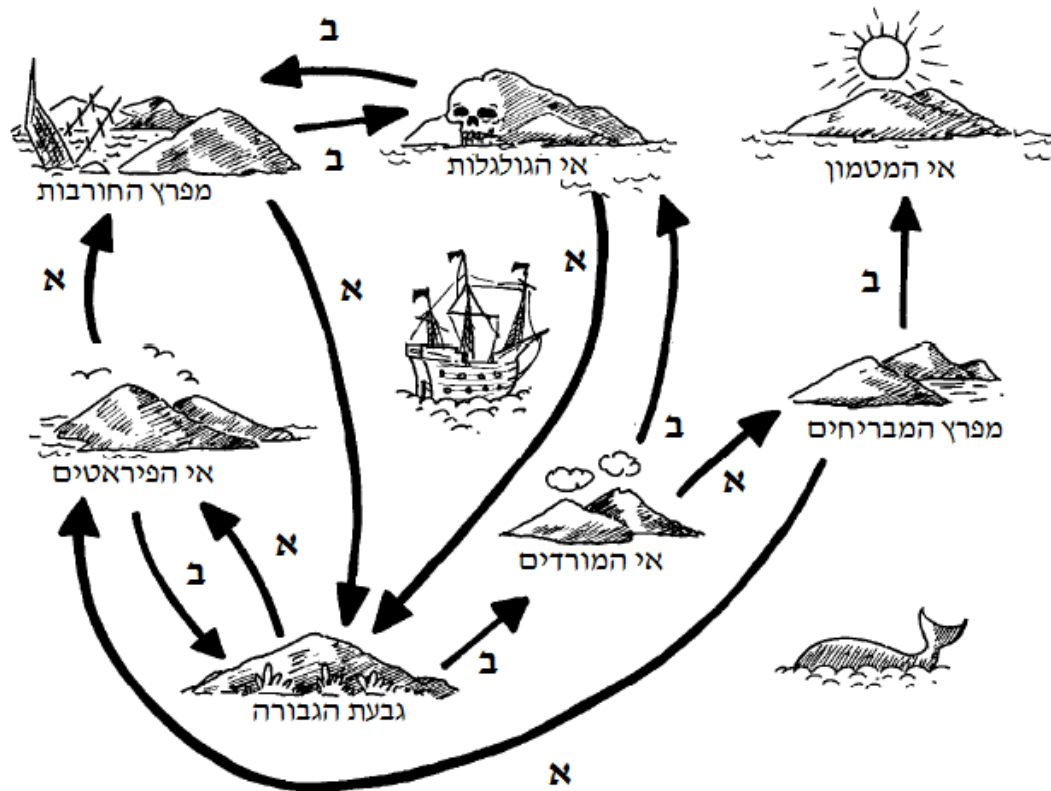
אי הגולגולות

אין ספינות המפליגות  
מאי הגולגולות!



זאזאזאזא

## חפת הפעילות (2):



דף פעילות (2) לילדים:



מפרץ המבריקים



אי המטמון



אי המורדים



אי הגולגולת



גבעת הגבורה




אי הפיראטים




מפרץ החורבות

## כרטיסיות פעילות (2)




אי הפיראטים

א →



מפרץ החורבות


ב →




גבעת הגבורה

---


סאטאטאטא






מפרץ החורבות

א →



גבעת הגבורה


ב →




אי הגולגולות

---


טאטאטאטאטא






גבעת הגבורה

א →



אי הפיראטים


ב →




אי המורדים

---


טאטאטאטאטא






אי הגולגולות

א →



גבעת הגבורה


ב →



מפרץ החורבות

---

טאטאטאטאטא





אי המורדים



סאטאטא אא



מפרץ המבריחים

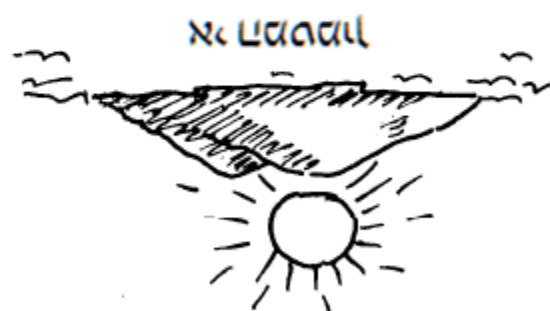


סאטאטאטא לטאט

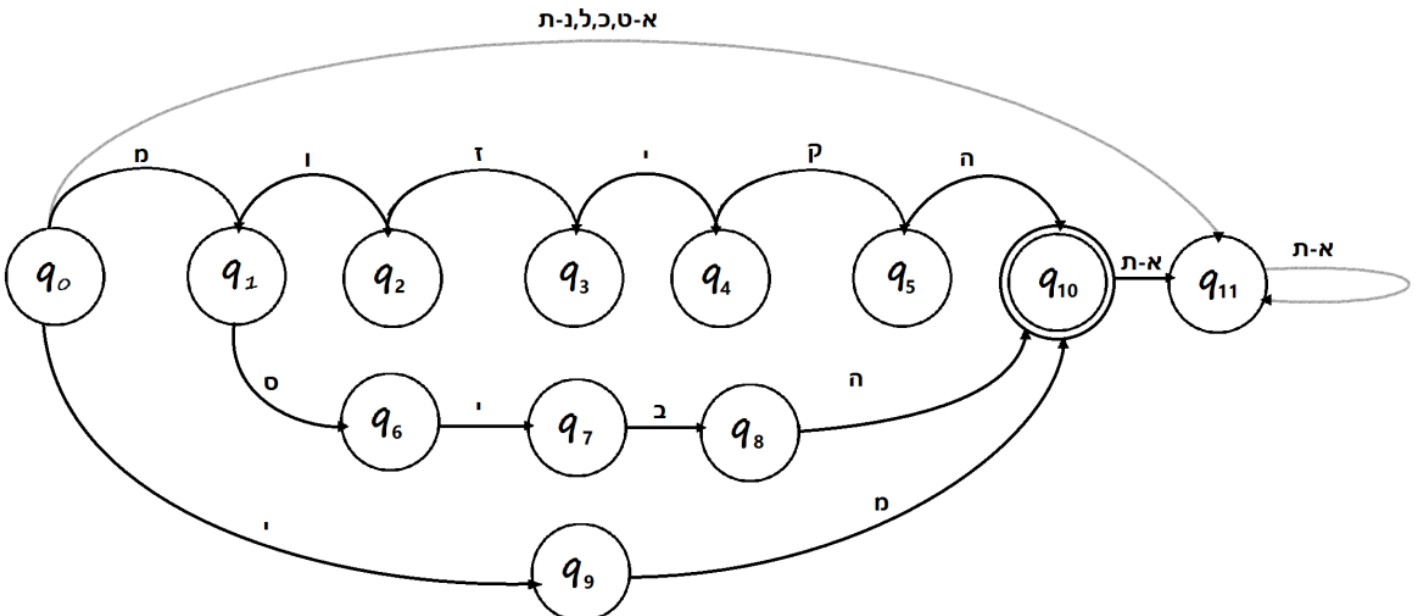
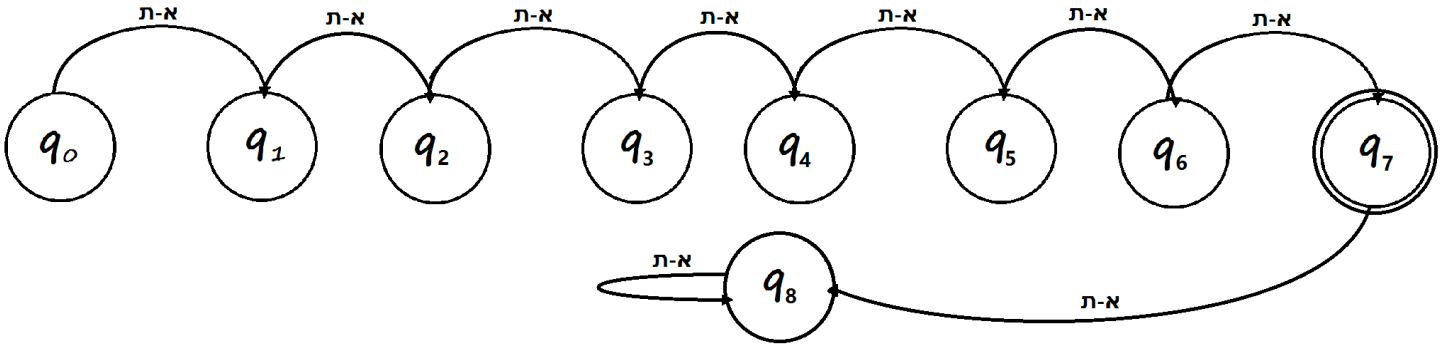
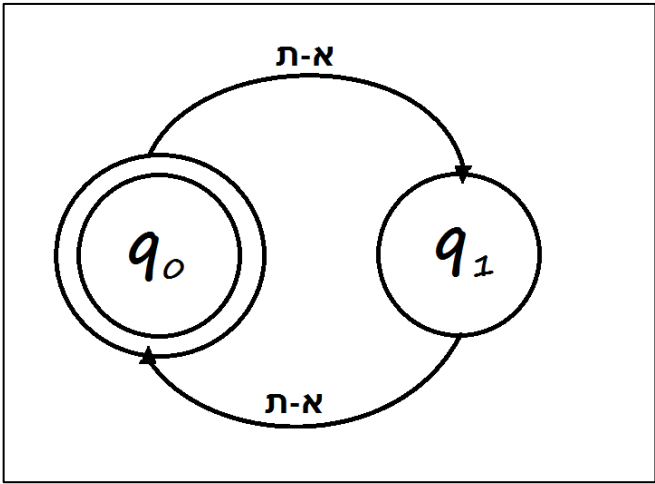




**כל הכבוד! הגעת לאי המטמון!!!**



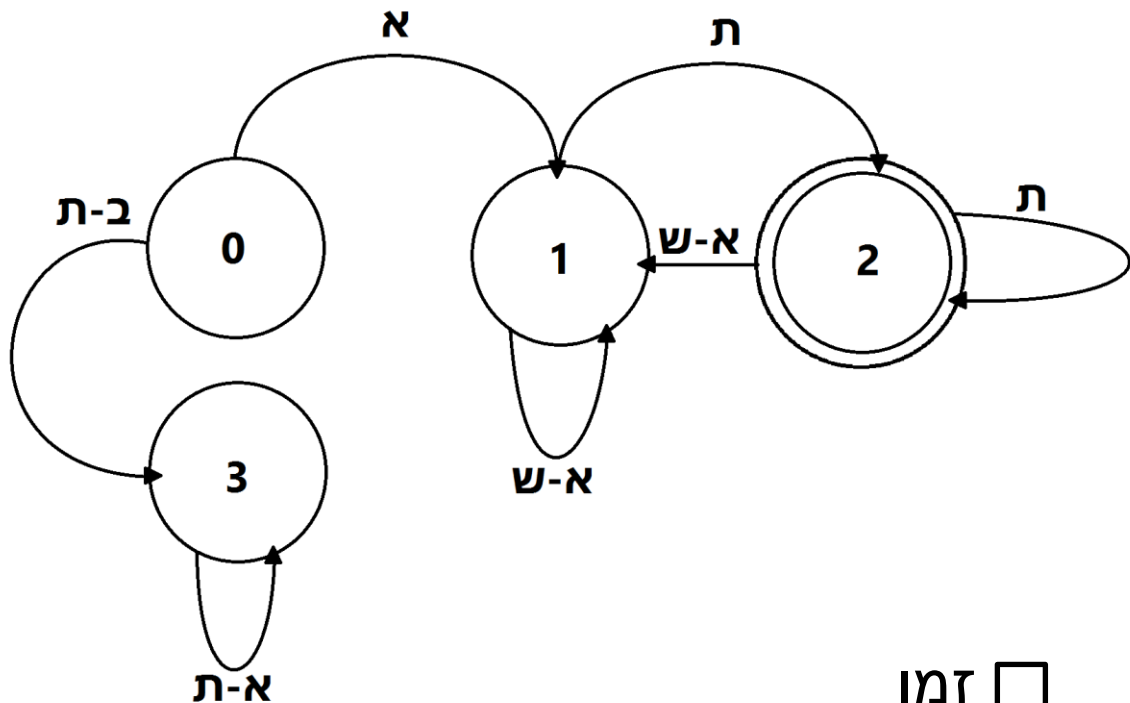
### דף פעילות 3



\* חסרים חצים מכל מצב לבור, בדומה לחץ מ-  $q_0$  ל-  $q_{11}$

## דף פעילות 4

סמנו לגבי כל אחת מהמילים הבאות האם האוטומט מקבל אותה?  
 תזכורת: האוטומט מקבל מילה אם הגענו למטמון=העיגול המוקף.



- ☐ זמן \_\_\_\_\_
- ☐ אומנות \_\_\_\_\_
- ☐ שירים \_\_\_\_\_
- ☐ אמת \_\_\_\_\_
- ☐ בלאגן \_\_\_\_\_
- ☐ זבוב \_\_\_\_\_
- ☐ פייסבוק \_\_\_\_\_
- ☐ אתמול \_\_\_\_\_
- ☐ אנציקלופדיה \_\_\_\_\_
- ☐ אותיות \_\_\_\_\_

מצליחים לנחש איזה סוג מילים מתקבלות ???



## דף פעילות 5

1) א (א-ת) * ת
השפה:
האוטומט:
2) ((א-ת)(א-ת)(א-ת)) *
השפה:
האוטומט:
3) (א-ת) * ( ר   מ   ז ) (א-ת) *
השפה:
האוטומט: