

מה אפשר ללמוד על חוסן ועל שיקום מיצורים חיים?

דקלה גיש, זווית בחינוך, עירוני חיפה

ממי שאנחנו. הפעילות מבוססת על כתבה מאת רעות אלון באתר "זווית": "[מה אפשר ללמוד על חוסן ושיקום אחרי אסון מהחי ומהצומח?](#)"

פתיח לשיעור

שאלות לדיון קצר

1. מהו שיקום בעולם הטבע?
2. אילו דוגמאות של שיקום אתם מכירים?

משימה בקבוצות קטנות

כל קבוצה תקבל כרטיסיה ובה מידע על [דוגמה מכתבה על התאוששות בטבע](#), וכן הנחיות למשימה ושאלות. בכל כרטיסיה דגש על מיומנות אחרת. מגוון הכרטיסיות מאפשר למורה לתת בחירה לתלמידיו ומענה לשונות בכיתתו.

בימי מלחמה לא תמיד קל להיות חזקים או לדמיין את היום שאחרי, אך בעלי חיים וצמחים שונים הם מקור השראה ליכולת לשרוד ולגלות חוסן גם בתנאים עוינים ומאתגרים. בפתיחת ספרו "על פני האדמה", חוקר הטבע דייוויד אטנבורו מתאר את העיר פְּרִיפְּיָאט שבאוקראינה כ"מקום של ייאוש מוחלט": העיר, שנפגעה מקרינה בעקבות [פיצוץ הכור הגרעיני בצ'רנוביל ב-1986](#), התרוקנה מתושביה, וכל שנותר בה הוא מבנים נטושים - תזכורת לחיים שהיו בה פעם. עם זאת, בסוף ספרו חוזר אטנבורו אל פריפּיָאט, ומספר שבשנים שחלפו מאז האסון התעורר בה הטבע, וכיום - צמחייה ובעלי חיים משגשגים בעיר. זוהי דוגמה אחת מני רבות לכך שהטבע מסוגל להתאושש מבין הריסות.

לפניכם פעילות לתלמידים המתקיימת בקבוצות ומציגה להם דוגמאות של דרכי שיקום בטבע המראות שחוסן הוא חלק טבעי

היצור הימי ששב מן המוות

בעל חיים ימי יוצא דופן מאתגר גם את התפיסה עתיקת היום של חיים ומוות. [הבוטריל הפרחוני \(Botryllus schlosseri\)](#) הוא יצור חסר חוליות החי במושבות בגודל סנטימטרים ספורים, על סלעים ואפילו על ספינות. תוחלת החיים של פרט בודד במושבה היא שלושה שבועות. פרטים צעירים גדלים מתוך הפרטים הבוגרים, הופכים לבוגרים בעצמם - ובסיום חייהם מתכווצים ונעלמים, בעודם בחיים, אל תוך המושבה - וממנה גדלים ניצנים חדשים. כך, המושבה ממשיכה לחיות עוד ועוד. מעבר לכך, מעגל החיים והמוות של הבוטריל לא נגמר ברמת הפרט הבודד: נמצא שהמושבה כולה מזדקנת - ואז מצעירה שוב, בפרקי זמן של תשעים יום, שבסופם התהליך חוזר על עצמו.

כרטיסיה 1: בוטריל פרחוני - היצור ששב מן המוות - מחזורי חיים

רקע

הבוטריל הפרחוני (*Botryllus schlosseri*) הוא בעל חיים ימי המתחיל את חייו כפרט אחד בתוך מושבה, ומתחדש במחזוריות קבועה. בשלב מסוים הוא נספג לתוך המושבה, ומגופו נוצרים ניצנים חדשים, המאפשרים למושבה "לחיות מחדש" במעין מעגל חיים מחודש.

משימה

1. שאלות לחקירה:

- תארו מחזור חיים של אורגניזם המוכר לכם (למשל, מחזור חיים של צמח).
- במה שונה מחזור החיים של הבוטריל ממחזור החיים שתיארתם?
- האם קיימים אורגניזמים נוספים בעלי מחזור חיים דומה?

2. משחקים במחזורי חיים:



- חקרו בעזרת בינה מלאכותית דוגמאות רבות ככל האפשר לרצפים של מחזורי חיים. למשל: ביצה - זחל - גולם - פרפר בוגר - רבייה.
- הכינו כרטיסיות לכל המונחים שתאספו בחקר שלכם: למשל: ביצה, זרע, גולם...
- הניחו את הכרטיסיות בערימה, ערבבו ובקשו מחבריכם לסדר את הרצפים של מחזורי החיים בהתאם לסדר הנכון ובזמן הקצר ביותר.

הסויה השורדת בצ'רנוביל

אסונות גרעיניים כמו זה שאירע בצ'רנוביל הם בעלי השפעה הרסנית על האזור שבו התרחשו - אך מתברר שטבע יכול להתקיים אפילו בצל חשיפה תמידית לקרינה רדיואקטיבית. כך, [חוקרים מסלובקיה](#) שתלו פולי סויה בסמוך לצ'רנוביל - ומצאו שבצמחים קיים מנגנון המאפשר להם לשרוד ולהתפתח בתנאי עקה: הם גילו שחלבון בשם ציסטאין סינתאז (Cysteine synthase) האחראי להגנה על הצמח, נמצא בכמות גבוהה פי שלושה בפולי הסויה שגדלו בצ'רנוביל לעומת פולי סויה שגדלו באזורים אחרים.

כרטיסיה 2: סויה שורדת קרינה רדיואקטיבית בצ'רנוביל

רקע

אזור צ'רנוביל, שנפגע מאסון גרעיני, מכיל קרינה רדיואקטיבית מסוכנת. מדענים מצאו כי בצמחי סויה שגדלו באזור הרדיואקטיבי קיים ריכוז גבוה יותר של האנזים ציסטאין סינתאז המגן על הצמח. הם משערים שלאנזים זה יש קשר למנגנון המאפשר להם לשרוד בתנאים אלה.

משימה

- א. בעקבות תוצאות המחקר על צמחי הסויה כתבו לפחות שלוש שאלות לחקירה.
ב. בחרו שאלה אחת וחפשו תשובה לשאלה זו. בתשובתכם ציינו באילו מקורות השתמשתם.
- כיצד התפתחה התכונה של ריכוז אנזים סינתאז גבוה יותר בצמחי סויה הגדלים באזורים שנפגעו מהקרינה הרדיואקטיבית בעקבות האסון? בתשובתכם היעזרו במושגים: ברירה טבעית ושונות גנטית.
- מסע מחשבתי עם AI: עיצוב אורגניזם המותאם לסביבה קיצונית. היעזרו בכלי בינה מלאכותית בביצוע ההנחיות הבאות:
א. בחרו סביבה קיצונית (למשל, סביבה מדברית, תת-מימית או קפואה) ותארו את המאפיינים שלה.
ב. ציינו תכונות שיאפשרו לאורגניזמים לשרוד בסביבה זו.
ג. "עצבו" אורגניזם שישרוד בסביבה שבחרתם:
 - תנו לאורגניזם שלכם שם.
 - ציינו מהם המנגנונים הביולוגיים המאפיינים אותו.
 - הסבירו את התאמתו לסביבה הקיצונית.
 - צרו איור של האורגניזם שלכם בעזרת הבינה המלאכותית, או איירו אותו בעצמכם.
 - חפשו אורגניזם אמיתי המתקיים בסביבה זו. האם יש דמיון בינו לבין האורגניזם שעיצבתם?



האלמוגים החסינים להתחממות מי-הים

דוגמה להסתגלות יוצאת דופן מגיעה אלינו משוניות האלמוגים - אחד מפלאי הטבע היפים והעשירים ביותר במגוון ביולוגי. עליית הטמפרטורות בעקבות פליטות גזי החממה (כמו פחמן דו-חמצני) גורמת לעלייה בטמפרטורת מי הים וברמת החומציות שלהם, והדבר פוגע קשות בשוניות אלמוגים רבות ברחבי העולם, [המלבינות ומתות](#) - ויחד איתן נעלם עולם עשיר של יצורים ימיים אחרים. עם זאת, בנוף המדאיג הזה קיים שביב של תקווה, המגיע מהשוני הביתית שלנו - שוניות האלמוגים באילת: נמצא [האלמוגים בים סוף עמידים יותר](#) להשפעת הטמפרטורה של המים וחומציותם. מעבר לכך, למרות השינוי בתנאים, אלמוגים אלה אף [ממשיכים להעמיד צאצאים](#), ללא שינוי בקצב ובאיכות. ייתכן שהדבר נעוץ בכך שמקורם ההיסטורי של אלמוגים באזורנו הוא במצר באב אל-מנדב הסמוך לתימן, שבו הטמפרטורות גבוהות מאוד - כלומר, לאלמוגים באזור הדרומי עמידות לחום, המעניקה להם יתרון גם כיום. לכן השונית שלנו היא מעין מקלט שחיים בו אלמוגים העמידים יותר לתנאי קיצון - ואלה, מעבר להישרדותם יוכלו לשמש גם "בנק גנטי" בעבור אלמוגי העתיד.

כרטיסיה 3: שונית האלמוגים באילת - מגוון ביולוגי, חשיבותו ושימורו

רקע

אלמוגים באילת עמידים יותר לטמפרטורות גבוהות ולרמת חומציות גבוהה יותר של הים בהשוואה לאלמוגים אחרים בעולם. ייתכן שעמידותם קשורה להיסטוריה שלהם באזורי חום קיצוני. שונית האלמוגים באילת נחשבת כיום ל"בנק גנטי" לאלמוגים עמידים במיוחד.

משימה



1. היעזרו במרשתת והשיבו על השאלות הבאות:

- מהו אלמוג?
- מדוע שונית האלמוגים באילת נחשבת לייחודית?
- אילו איומים עלולים לפגוע בה?
- איך השונית משפיעה על הסביבה המקומית, על הכלכלה ועל המחקר המדעי?
- מדוע אילת נחשבת למקלט או "בנק גנטי" לאלמוגים עמידים?
- מה אפשר לעשות כדי להגן על שונית האלמוגים באילת?

2. כתיבת מכתב לראש העיר על חשיבות שימור שונית האלמוגים באילת:

באילת מתכננים להקים טיילת חדשה, וזו עלולה לפגוע משמעותית בשונית האלמוגים. במשימה זו תתבקשו לכתוב מכתב לראש העיר ובו תציגו טיעונים לחשיבות השימור - נסחו בעצמכם שלושה טיעונים. בחלק זה של המשימה היעזרו בבינה מלאכותית כדי לכתוב את מכתבכם.

- א. בקשו מה-AI לכתוב טיעונים משלו על חשיבות השימור של שונית האלמוגים באילת.
- ב. ערכו השוואה בין הטענות שלכם לאלו שהציגה הבינה המלאכותית - האם חלק מהטענות חופפים? אם הבינה המלאכותית הציעה טיעונים חדשים - האם הם הגיוניים? האם אתם מסכימים איתם?
- ג. נסחו את מכתבכם לראש העיר. כל שני חברים בקבוצה יהיו אחראים לחלק אחר במכתב:
- מבוא: הצגת החשיבות של שונית האלמוגים באילת.
 - תיאור האיומים: פירוט הסכנות הנשקפות לשונית.
 - ד. כתבו יחד הצעות לפתרונות הכוללים רעיונות לשימור ושיקום השונית והוסיפו אותן למכתב.

טיפים לעבודה

1. בקשו מהבינה המלאכותית להציע משפט פתיחה מרשים על ייחודיות שונית האלמוגים באילת. חקרו בעזרתה את האיומים הנפוצים על שוניות בעולם, ובקשו רעיונות לפתרונות בני-קיימא וטכנולוגיות חדשות לשימור שוניות.
2. המלצה על כלים נוספים, גרפיים: בקשו מכלי AI כמו MidJourney לייצר תמונה של שונית אלמוגים והשתמשו בכלים כמו Google Docs ו-Canva לעיצוב מכתב אסתטי ומושך.

השממיות המצמיחות מחדש את זנבן

דוגמה מעניינת אחרת שייכת לעולם הזוחלים: לטאות [ושממיות](#) ממינים שונים פיתחו מנגנון הישרדות והגנה המאפשר להן לנתק את הזנב, וכך להטעות טורפים. מדובר בדוגמה בולטת ל**אוטוטומיה** - תופעת ניתוק עצמי של אברי גוף שנצפתה אצל בעלי חיים שונים, החל מ**מסלמנדרות**, דרך תמנונים ועד עכבישים. במקרה של הלטאות והשממיות, ההפתעה האמיתית מגיעה דווקא אחרי הניתוק - כשהחיה מגדלת מחדש איבר דמוי זנב. אומנם בגרסה המחודשת של הזנב אין עצמות ושרירים (בניגוד לזנב המקורי), אך הוא מפצה על האיבר האבוד ומאפשר לה תנועה יציבה.

כרטיסיה 4: שממיות המצמיחות מחדש את זנבן - הישרדות

רקע

שממיות מסוגלות לנתק את זנבן כדי להטעות טורפים, ולאחר מכן לגדלו מחדש. תהליך זה נקרא אוטוטומיה. אף כי הזנב המחודש אינו זהה במבנהו לזנב המקורי, הוא מאפשר לשממית תנועה ותפקוד תקין.

משימה

1. שאלות לחקירה:

- חקרו את המחיר שהשממית משלמת על אובדן הזנב: אילו תפקודים חשובים הזנב ממלא בעבור השממית, וכיצד אובדן הזנב משפיע על חייה? האם יש הבדל ביכולת התנועה של שממית ללא זנב לעומת שממית עם זנב? כמה אנרגיה שממית משקיעה בתהליך צמיחת הזנב מחדש, והאם זה משפיע על הישרדותה? האם יש מחיר נוסף (למשל, תחרות על משאבים או הזדווגות) לאובדן הזנב בשממיות?

- חקרו את התועלת של האוטוטומיה בעבור השממית: באילו מצבים ניתוק הזנב יוצר יתרון לשממית, ומהם הסיכויים לשרוד במצבים אלו? כמה זמן השממית זוכה להסחת דעתו של הטורף כאשר היא מנתקת את הזנב?

- חקרו את תהליך צמיחת הזנב מחדש: כמה זמן נמשכת הצמיחה מחדש של זנב השממית ומהם שלבי התהליך? במה שונה הזנב החדש מהזנב המקורי? אילו גורמים חיצוניים (כמו טמפרטורה) משפיעים על איכות צמיחת הזנב החדש?

2. פיתוח משחק "לקבל החלטות כמו שממית":

עליכם לפתח משחק שבו המשתתפים הם שממיות הנמצאות בעולם מלא טורפים מסוכנים. לכל פעולה שהן יעשו תהיה השפעה על הסיכוי שלהן לשרוד, להימלט ולהתאושש.

א. כתבו כללים בסיסיים למשחק

למשל - לכל קבוצה יש זנב אחד, שאפשר לנתק פעם אחת בלבד. כל החלטה יכולה לשפר או להחמיר את מצבכם, ותקבלו ניקוד לפי ההחלטות שתעשו.

ב. צרו תחנות הישרדות, שכל אחת מהן מייצגת תרחיש שבו השממית נתקלת בטורף או באתגר סביבתי. למשל -

תרחיש תחנה 1: מפגש עם טורף מהיר: "נחש מתקרב אליכם במהירות".

תרחיש תחנה 2: "אתם במרכזו של שטח פתוח. ינשוף מבחין בכם ומתחיל לעוף לעברכם."

תרחיש תחנה 3: "ניתקתם את הזנב ושרדתם. עכשיו עליכם להתאושש כדי לשחזר תפקוד תקין."

ג. לכל תרחיש צרו לפחות שלוש אפשרויות. בעזרת בינה מלאכותית קבעו לכל אפשרות מדד סיכויי הישרדות ונקדו אותו. למשל - להסתתר מאחורי סלע, לרוץ במהירות לכיוון הצמחייה, לנתק את הזנב ולנסות להסיח את דעתו של הטורף...

ד. שחקו עם חברים את המשחק שפיתחתם.



הנמלים המטפלות באחיותיהן הפצועות

נמלים מהמין מגפונרה אנאליס (*Megaponera analis*) פועלות לפי עיקרון שכולנו ראינו היטב את חשיבותו מאז פרוץ המלחמה: התגייסות קהילתית למען הפרט. נמלים אלו, המצויות באפריקה, ניזונות באופן בלעדי מטרמיטים - ולעיתים קרובות הן נפצעות קשה בקרב עימם ואף מאבדות חלק מגפיהן. אבל הפועלות הבריאות ששרדו את הלחימה לא נוטשות את אלו שנפגעו, אלא מגלות [אלטרואיזם](#)¹ יוצא דופן ואוספות את הפצועות בחזרה לקן. שם, הנמלים שלא נפצעו מנקות את הפצועים הפתוחים של חברותיהן באמצעות פיהן, והטיפול המסור מצליח להציל את חייהן של לא פחות [מכ-90 אחוז מהנמלים הפצועות](#).

כרטיסיה 5: הנמלים המטפלות באחיותיהן הפצועות - לומדים מהנמלה

רקע

נמלים מהמין *Megaponera analis* מטפלות בחברותיהן שנפצעו בקרבות נגד טרמיטים. הנמלים הפצועות נלקחות בחזרה לקן, שם חברותיהן מטפלות בהן ומעלות את סיכויי ההישרדות שלהן בכ-90%.

משימה

1. שאלות לחקירה:

- מהם היתרונות האבולוציוניים של התנהגות הנמלים?
- מהם המחירים הכרוכים בעזרה ההדדית?
- תנו דוגמה נוספת להתנהגות שבה אורגניזמים עוזרים זה לזה בטבע.
- אילו דוגמאות לטיפול וסיוע הדדי אפשר למצוא בחברה האנושית?

2. לך אל הנמלה עצל, ראה דרכיה וחכם: במשימה זו תבנו תוכנית המבוססת על עקרונות התנהגות הנמלים.

א. חשבו בקבוצה כיצד אפשר ליישם מערכות שיתוף פעולה וסיוע הדדי בבתי ספר.

ב. העלו על הכתב מגוון בעיות חברתיות שאתם נתקלים בהן (בדידות, חרם או עזרה לתלמידים מתקשים).

ג. בחרו אחת מהבעיות שהעליתם ובנו תוכנית לטיפול בבעיה באמצעות שיתוף פעולה. יש לכלול התייחסות להיבטים הבאים:

- מהי הבעיה שהתוכנית מנסה לפתור?
- כיצד התוכנית תעבוד?
- מהם האתגרים בהטמעתה?
- מה הקשר של התוכנית להתנהגות הנמלים?

ד. הציגו בפוסטר את התוכנית שיצרתם.



1 אלטרואיזם: בביולוגיה - התנהגות המסייעת לאחרים על חשבון הכשירות (fitness) של הפרט המסייע.