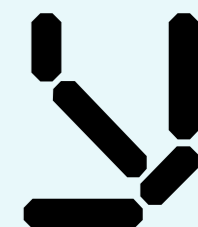




01



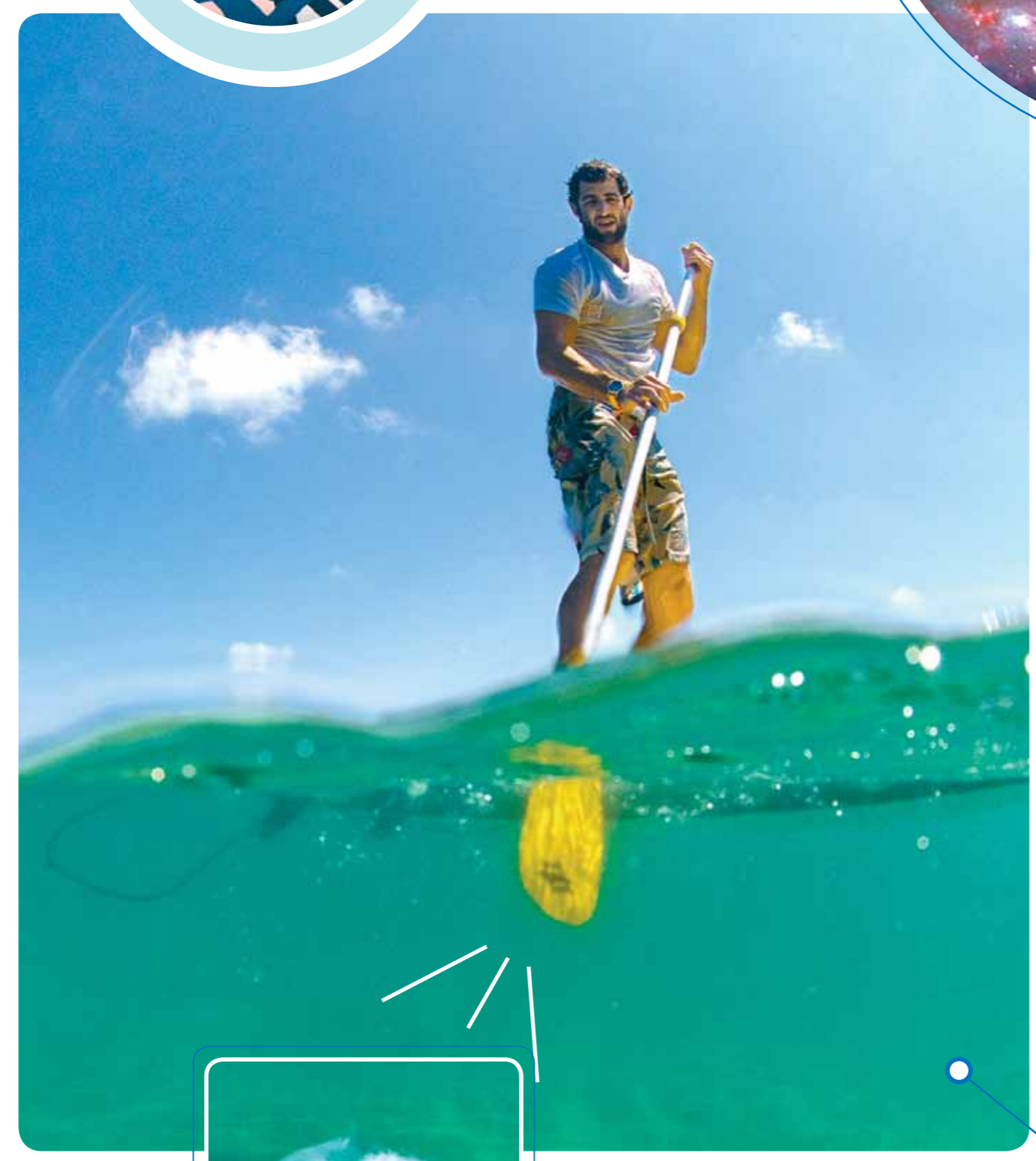
מוד הפייסבוק "מדרוות בעם" היה גרוש הקיץ בערכונים, החל מיוני יולי, חרשי המתקפה המסיבית על חופי ישראל, ועד לבלדה לקץ העקצוצים באוגוסט החולף. "חוף הצוק, שעתיים במים אחר הצהריים, עקצוץ קל ותו לא", שיתף אחד מ-1,450 החברים בו. "חוף הגולשים בבת ים, נצפתה פילוריוזה בריאה, שלמה ויפה מאוד במרחק 3-5 מטרים מהחוף", כתב אחר. ויש גם הלצות חביבות רוגמת "העוברת שמרווח שרדה 650 מיליון שנה בלי מוח, נותנת תקווה להרבה אנשים". אבל צחוק בצד, מאחורי הדיווחים האלה דרוקא מסתתר לא מעט מוח. לא של המרווח, אלא של חוכמת המונים ושל כמה מעטים שמנסים לתעל אותה לכדי ערך מחקר-מרעי. לתחום קוראים מדע אורחי, ובמסגרתו חוקרים ממכוני מחקר ומאוניברסיטאות נעזרים באורחים, לעיתים כתצפיתנים, לעיתים אף כנסיינים של ממש. "מצטברים אצלנו תצפיות ונתונים רבים עם השנים, שמסייעים לנו להבין את דפוסי הפעולה של המדרוות, אילו מינים מגיעים ומתי בדיוק", אומר ד"ר דור אדליסט, אקולוג ימי מאוניברסיטת חיפה, שלצד "מדרוות בעם", מפעיל זה שנים מספר את "אתר המדרוות הישראלי". "בוכות הדיווחים האלה יש לנו עשרות תובנות חדשות על מדרוות, ויש מידע שהגענו אליו רק בזכות האורחים, כמו התצפית היחידה שלנו בעשור האחרון על מרווח ממין פלגיה זוהרת, שנצפתה ב-2014 באשדוד ובאשקלון".



02

מזיהוי גלקסיות עלומות ופענוח אנזימים של וירוסים, דרך נדידת ציפורים ונחילי המדוזות בין החופים, ועד למיפוי הכבישים המסוכנים בישראל לבעלי החיים, הדבר הבא במהפכת המידע הוא **המדע האזרחי**, וכל אחד יכול להיות תצפיתן, נסיין או גם וגם. "זה דאטה - וזה הזהב של החוקרים". **תופעה ← רנן נצר**

אוטוטרדת המדע



06



07



03



04



05

מיזמים של מדע אזרחי:

1. מיזם ספירת ציפורים של החברה להגנת הטבע
2. מיזם Galaxy Zoo לחקר החלל
3. פרויקט "מחפשים את קיפוד" לניטור קיפודי ים (בשיתוף עם המכון לחקר ימים ואגמים)
4. חיישן מדידת זיהום אוויר של פרויקט "חשים את האוויר"
5. "רשימת הכבישים האדומים של חיות הבר בישראל"
6. האקולוג הימי ד"ר דור אדליסט במיזם "מדרוות בעם" לחקר המדרוות
7. מיזם ניטור פרפרים

צילומים: יעלה גולומביק, חגי נתיב [צלם ימי], דב גרינבלט [החברה להגנת הטבע], רויטרס וצילום מסך מתוך הסרטון "ים חם - לאן נעלמו הקיפודים?" של "זוית" - סוכנות ידיעות למדע ולטכניקה, בשיתוף האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, דוברות הטכניון



אחד המדענים המרעננים שעשה שימוש בחכמת ההמונים הוא ממציא הקאפצ'ה, **לואיס ואן אהן**, חוקרן 37 מאוני' קרנסי מלון. **הקאפצ'ה - אותה הקלדה של אותיות מעוותות** בכניסה לאתרי אינטרנט, שמטרתה לוודא שאנחנו איננו להשתתפות במיזם דיגיטציה של ספרים ישנים, שהצחיבו או שדפיהם הושחתו. המיזם הבא של ואן אהן מרתק לא פחות: **אפליקציית לימוד השפה הפופולרית דואלינגו**, החלה בעצם עם כמה אלפים של משתמשים רשומים, שגם הם, תוך כדי לימוד השפה, מתרגמים ספרים, מאמרים וטקסטים שונים



איך תגדיר את שיתוף הפעולה עם הציבור במיזם המדענות?

עם 99.9% מהציבור, שיתוף הפעולה הוא לא פחות ממדהים. יש לנו מאות אנשים שדיווחו מספר פעמים על מיליון, וכחצי מיליון כניסות לאתר. עשירית האחו הבודד הוא בגלל 'טרול' - אדם בעייתי שמגיח דוחות כוזבים, כל פעם בשם אחר". **שואת בדיוק נקודת התורפה של המדע האזרחי, פנויית האמינות.**

"זה נכון, אבל יש דרכים לספל בזה. הריווחים באתר נבדקים כל יום, ויש לנו הרבה 'עיניים במים', הווה אומר מרווחי זהב, שחלקם מהצוות שלנו, וגם כמה עשרות אנשים שאנחנו מכירים ויש להם קצת יותר הכשרה יומית. אם מתקבל ריווח שונה או לא הגיוני, אנחנו בודקים אותו. יש לנו גם את קבוצת הפייסבוק שתומכת, ושם אפשר מהר מאוד לשחרר שאלות למי שנמצא באזור".

בפעולת מתקיימים כיום מאות מחקרים בשיתוף אזרחים", מספרת יעלה גולומביק, דוקטורנטית במחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, שעבודת הדוקטורט שלה עוסקת במדע אזרחי (בהנחיית פרופ' אילת ברדעס-צברי ופרופ' ברק פינשטיין) - האחרון ממוקלתה להדרסה אזרחית וסביבתית). "מודעות רבה לנושא קיימת בעיקר בארצות הברית, בגרמניה ובאנגליה. חוקרים רבים גם מכירים את השימושים של המדע האזרחי, והם שפשו עם נתונים ומחקרים שקשורים לתחום".

מה המצב בישראל?

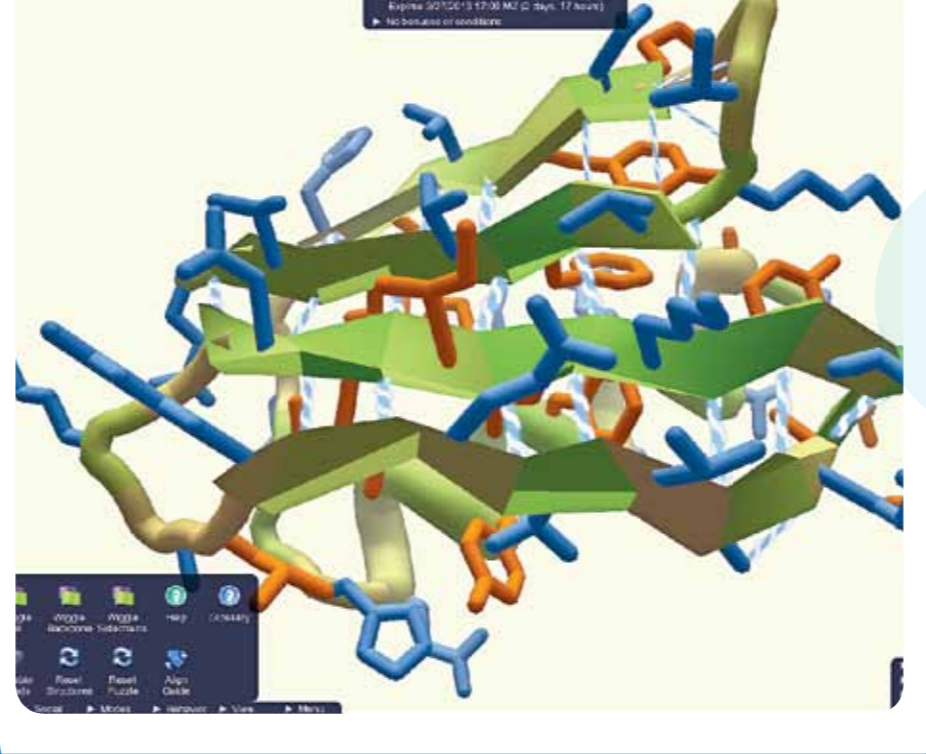
"התחום בארץ נמצא בחיתולים, אבל בשנתיים האחרונות רואים יותר ניצנים שלו. הרבה יותר אנשים מתעניינים בנושא ויושבים בכיוון, בין אם אלה מדענים או גופים כמו החברה להגנת הטבע שנפתחה לנושא (וראו הרחבה בהמשך). במקומות שונים בעולם רואים לאחורנה פתיחות של גופים ממשלתיים לעבוד עם נתונים שמניב המדע האזרחי ולקדם פרויקטים בתחום. בישראל יש לנו עוד כשרת דרך לעשות כדי להגיע למצב הזה, אבל אם נגיע לכך - זה יכול רק להועיל לכולנו".

איזה עניין יש למדענים להיעזר באזרחים למחקרים שלהם?

"דוב המדענים שעושים את זה מונעים מסיבה אחת עיקרית, והיא המשאבים המוגבלים שעומדים לרשותם מבחינת תקציב, זמן ושטח גיאוגרפי שהם יכולים לכסות. בחלק מהמחקרים מדובר במאגרי נתונים עצומים, שללא אזרחים שמתנדבים לסייע, אי אפשר להשיג אותם. זה דאטה - וזה הוהב של החוקרים".

האתגר מספר אחת: אמינות

ישנם סוגים שונים של מחקרים מדעיים המשתפים את הציבור, ועל קצה המולג נסביר שהם



מה בנוגע לעבודה שלחלק מהמשתתפים אין הכשרה או ניסיון בתחום?

"אמינות המידע היא אכן האתגר מספר אחת של המדע האזרחי - וזו גם הסיבה מספר אחת לחך שחוקרים נמנעים משימוש בו, כדי להימנע ממזבז של מאגר נתונים שלא יודעים אם לסמוך עליו. אבל יש הרבה דרכים להתגבר על זה, כמו הכשרה של אנשים או השוואה למדידות של מומחים. באופן נקודתי, אם יש חריגה כלשהי, כמו צמח או ציפור שמדווחים שנמצאו במקום שהם לא אמורים להיות בו, המחקר יציף את זה והעניין ייברק. לצד זה צריך לומר שגם הכשרה ווידוא נתונים דורשים מהחוקרים משאבים של זמן וכסף".

גולומביק מנהלת את המיזם "חשים את האוויר", שרץ כבר קרוב לשלוש שנים. הוא החל בשכונת נווה שאנן בחיפה, ומאז התפשט למקומות שונים בארץ. המיזם, שנערך בשיתוף הטכניון, שואף להציג תמונת מצב מדויקת בנוגע לאיכות האוויר בזמן אמת במקומים שונים. כדי לעשות את זה, הוא מאפשר לתושבים להציב חיישני איכות אוויר בבתיהם, במקומות העבודה שלהם או במוסדות החינוך של ילדיהם. "אנחנו מספקים עשרות חיישנים ייחודיים לתושבים, והם מחליטים איפה להציב אותם ואיפה לבצע את המחקר", כך גולומביק. "פנו אליי אנשים ממדינת, מהשוק וממקומות נוספים שמודאגים מאיכות האוויר שלהם. הם מציבים את החיישן במקומות שחשובים להם, אבל מה שחשוב הוא מה שהשתתף ולהשקיע".

מהם החסרונות בפרויקט שלכם?
"תובנות זורמות כל הזמן דרך הפייסבוק, אבל מאחר שהרשת החברתית היא לא בדיוק כתב עת נחשב, ניתוח כסיס נתונים כזה הוא תמיד מורכב. ובאמת, חלק מהמיזמים העולמיים של מדע אזרחי אינם מוצלחים, וכשבודקים את הספרות המדעית, אפשר לזהות טעויות שנעשו או דוגמאות לא מוצלחות. הכול, כמובן, תלוי בהגדרות של מטרת הפרויקט: ממידע לאזרחים, דרך חינוך ועד פרויקטים מדעיים פר אקסלנס, שעושים שימוש בכוח ההמונים ומעצימים אותם לדרגה מחקרית. כך או כך, מדע אזרחי הוא לא תרופת קסם לחוקרים. הוא כלי שיכול במקרים מסוימים מאוד, כמו שלנו עם המדענות, לתת פתרון טוב לכל הצדדים".

השתתפות בפרויקטים תורמת גם לאזרחים המתנדבים, שמממשים את התפיסה שלפיה המדע אינו מיועד למדענים בלבד. לדברי גולומביק, "לקחת חלק במדע אזרחי, קודם כל מסב הנאה למי שאוהב את הטבע ואוהב ללמוד עליו". היא אומרת. "בתחומים שונים, במיוחד סביבתיים, יש אפשרות גם לעשות הרבה מעבר; להפוך לפעילים חברתיים בתחום, להשתתף באסיפות ודיונים בנושא ולגרום לשינויים בשטח. אגב, אנחנו מנסים לקדם הכנסה של המדע האזרחי ללימודי מדעים בבתי ספר. לתלמידים זה נתון מוטיבציה מסוג אחר וערכים רבים. זה לא תסם עוד תרגיל שעושים בכיתה".

"מצטברים אצלנו נתונים רבים עם השנים, לנו להבין את דפוסי הפעולה של המדענות, אילו מינים מגיעים ומתי בדיוק", אומר האקולוג ד"ר דור אדליט.

"בזכות הדיווחים האלה יש לנו עשרות תובנות חדשות ויש מידע שהגענו אליו רק בזכות האזרחים"

בעוד שהמונח "מדע אזרחי" הפך שגור רק בשנים האחרונות (נכלל לראשונה במילון אקספורד ב'2014), בפועל מדובר בתחום ותיק למדי. בשנת 1900, למשל, נתגן המיזם האמריקאי רחב ההיקף "ספירת ציפורים לרגל חג המולד", שבא להחליף את הציוד המסורתי של עופות או. המיזם מסייע לפעול עד עצם היום הזה, משתתפים בו עשרות אלפי מתנדבים בשנה והנתונים שנאספו כבר שימשו כסיס לעשרות מאמרים ברבר מצבן של ציפורים באמריקה.

דוגמת נוספת מגיעה מאנגליה, שם פועלת מאז 1932 תוכנית ניטור שמובילה הרשות הלאומית לשימור המגוון הביולוגי, וכיום יש בה עשרות מיליוני נתונים על צמחים ועל בעלי חיים. גם במוזיאון הטבע בפריז המדע האזרחי מתמקד בתחום של ניטור מגוון ביולוגי בצרפת, שעליו מדווחים עשרות אלפים בשנה.

אחת הצלחות המהדהדות בעולם בתחום המדע האזרחי נרשמה ב'2011, אז פתרו גיימרים חידה מדעית סבוכה, שחוקרים נאבקו בה במשך שנים: פענוח מבנה של אנוים של וירוס דמוי איידס. החוקרים פנו לשחקנים בפלטפורמה של Foldit, משחק מחשב שפותח ב'2008 באוניברסיטת וושינגטון, המאפשר למשתתפים לנתח אונליין מבנה של חלבונים. הגיימרים, שפתרו את הסוגיה בתוך שלושה שבועות בלבד, גילו מבנה של חלבון שעשוי לספק מידע חשוב לפיתוח תרופה לאיידס. התוצאות פורסמו בכתב העת היוקרתי Nature, ומעניין ציין שעל המחקר חתומים גם אותם גיימרים. המשחק צבר למעלה מ-100 אלף משתתפים, ונוקפים לזכותו גילויים של מבני חלבון חדשים, המשמשים את המדע ואת תעשיית התרופות.

כמו מרבית התחומים מבוססי הידע, גם המדע האזרחי, שהשיתוף בבסיסו, זינק וזינק נחשולי הודות לכניסת הרשתות החברתיות לידר, וחלק מהמיזמים מותירים את החוקרים בפה פעור בכל מה שקשור להיענות הציבור. דוגמה מובהקת לכך היא מיום ויהיו הגלקסיות האינטרנטי "גן החיות של הגלקסיה" (Galaxy Zoo), שהחל ב'2007 ובמסגרתו התבקש הציבור לטווג תמונות של גלקסיות לפי סגנוניות ולציין את כיוון סיבובן. פחות משבועיים לאחר השקתו של אתר הפרויקט, התקבלו שמונה מיליון סיווגים של גלקסיות מצד מתנדבים, ובתוך שנה התקבלו 50 מיליון סיווגים, מלא פחות מ'150 אלף איש. להיענות הסוחפת התלווה, כך על-פי החוקרים - שמגיעים בין היתר מאקספורד ומייל - גם דיוק מדעי שהדהים גם אותם.

לאור ההצלחה, החוקרים התקרמו לפרויקט המשך, שבמסגרתו נדרשו המשתתפים לסווג גלקסיות ברמה גבוהה יותר. אחרי 14 חודשי פעילות, התקבלו 60 מיליון סיווגים מ'250 אלף משתמשים, כאשר במקביל, הקימו החוקרים פרויקטים מדעיים ותנדבותיים נוספים. אם הפרויקטים הללו נשמעים כמו משוה לבעלי השכלה בלבד, הרי שהגיאוגרף הישראלי פרופ' מוקי קלאי, חוקר מוביל בתחום מדע אזרחי ויישומי GIS (מערכת מידע גיאוגרפי) ב'UCL, הקולג' האוניברסיטאי של לונדון, הצליח להוכיח אחרת. חקלאי מנהל את "מעבדת המדע

פלטפורמת Foldit (בתמונה) היא מעין משחק מחשב המאפשר לגיימרים לאתגר את עצמם מצד אחד, ומצד שני לחקור מבני חלבון מורכבים. בשנת 2011, היא עשתה היסטוריה קטנה, כאשר הגיימרים השתתפו בה גילו מבנה של חלבון שעשוי לספק מידע חשוב לפיתוח תרופה לאיידס. התוצאות פורסמו בכתב העת היוקרתי Nature, ומעניין ציין שעל המחקר חתומים לצד החוקרים גם אותם גיימרים. המשחק צבר למעלה מ-100 אלף משתתפים, ונוקפים לזכותו גילויים של מבני חלבון חדשים, המשמשים את המדע ואת תעשיית התרופות



יעלה גולומביק (בתמונה), דוקטורנטית במחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, שעבודת הדוקטורט שלה עוסקת במדע אזרחי, מנהלת את המיזם "חשים את האוויר", שרץ כבר קרוב לשלוש שנים. הוא החל בשכונת נווה שאנן בחיפה, ומאז התפשט למקומות שונים בארץ. המיזם, שנערך בשיתוף הטכניון, שואף להציג תמונת מצב מדויקת בנוגע לאיכות האוויר בזמן אמת במקומים שונים. כדי לעשות את זה, הוא מאפשר לתושבים להציב חיישני איכות אוויר בבתיהם, במקומות העבודה שלהם או במוסדות החינוך של ילדיהם



האזרחי הקיצוני", שמקדמת את השימוש בכלים של מדע אזרחי בקרב אוכלוסיות מודרות בעולם - מקהילות מיערות הגשם של קונגו ועד שכונות שוליים בלונדון. המשמעות היא פיתוח טכנולוגיות ומתודולוגיות שיאפשרו לכל קהילה, ללא תלות באוריינות שלה ובאיזו רמה שתרצה, לאסוף ולנתח מידע על סביבתה כדי לשפר אותה.

אל תדרסו צבים וגיריות בישראל, לפי שעה, אין גוף שמרכז את המיזמים שנעשים בתחום המדע האזרחי, אבל כבר יש גופים שאימצו אותו לחיקם. החברה להגנת הטבע, שהוזכרה קודם לכן, מפעילה כיום כמה מיזמים בתחום. פרויקט כזה הוא "מחפשים את קיפור", שנערך בימים אלה בשיתוף עם המכון לחקר ימים ואגמים ובמסגרתו הציבור נקרא לתעד ולדווח היכן צפה בקיפור ים, שבעבר היו נפוצים בחופי ישראל ונעלמו כמעט כליל. המטרה היא לסייע להבין את תהליך היעלמותם.

במסגרת פרויקט אחר, החברה להגנת הטבע פרסמה לאחורנה את "רשימת הכוכבים האדומים של חיות הבר בישראל". מדובר ב'15 הכוכבים שבהם יש הכי הרבה דרישות של בעלי חיים (במקומות הראשונים "הכוכבים 2, 6 ו'1). במשך שישה חודשים אספו בחברה, בשיתוף עם ווייז, ערכוניס מהציבור, שדיווחו על צבאים, דורבנים, גיריות, צבים, צבועים, לוטרות וחיות אחרות באמצעות האפליקציה הפופולרית. בתקופת זמן זו התקבלו כ'12 אלף דיווחים, והמטרה, כמובן, היא לפעול לצמצום הדרושות.

"אנחנו רואים שהציבור היום מגלה עניין רב בפרויקטים הללו", אומר ניר פפאי, סמנכ"ל שימור סביבה בטבע בחברה להגנת הטבע. "ראינו את זה בדיווחים הרבים שקיבלנו בווייז ובמיזמים נוספים שבהם הציבור רוצה לעשות ולתרום ולא תמיד יודע איך. מספר הפקחים והאנשים שלנו בשטח מוגבל, ואנחנו רוצים להיעזר בציבור - בין אם זה לפיקוח, לדיווח על מפגעים ובין אם זה למטרות מחקריות ומדעיות".

איך עושים את זה?
"חלק מהעניין הוא להנגיש את הדברים בצורה פשוטה לציבור ולא להשתמש באפליקציות מסובכות מדי, כאשר גם המשימות צריכות להיות