Science
Complex Systems and Networks
Einstein's Legacy
Challenges In Physics
THE HUMAN GENOME
American Association for the Advancement of Science

שערים של "Science". 12 אלף פניות בשנה, רק 800 מאמרים מתפרסמים – ומשנים לחוקרים את הקריירה ואת החיים

הם גרועים בזה. הם מדברים במילים גבוהות ואומרים לאנשים שהם סתומים. ואנשים לא אוהבים לשמוע שהם סתומים. אנחנו מלמדים את המדענים בעיקר מה לא להגיד.

"אני עצמי הולך לבתי כנסת בוושינגטון או לכנסיות ומדבר על אבולוציה ועל תאי גזע עובריים. אנחנו כותבים מאמרים לעיתונים ארציים, אבל האפקט החזק ביותר הוא בפרסומים המקומיים. האסטרטגיה שלנו היא להפוך נושאים גלובליים לבעלי עניין בעבור הקהל המקומי. אנחנו קוראים לזה "going glocal".

איך הטלוויזיה והרשת משפיעות על מידת החשיפה שלנו למדע היום?

"הטלוויזיה קירבה אנשים למדע וכרגע השפעתה גדולה מזו של האינטרנט, אף שייתכן שינוי בשנים הבאות. זה קורה בזכות תוכניות מדעיות באופיין בטלוויזיה המסחרית, כמו 'CSI', שנותנות לצופה הרגשה שהוא מבין את התהליך המדעי, או תוכניות בתי חולים כמו 'אי.אר', אף שהן לא באמת תוכניות מדעיות".

הערוצים המדעיים הם לא חלק מהעניין?

"בערוצי נישה כמו נשיונל ג'יאוגרפיק, דיסקברי או nature צופים, באופן יחסי, מעט מאוד אנשים. כמה מהערוצים האלה על סף פשיטת רגל".

איך עושים את כתב העת הנחשב בעולם

(בודקים כל דבר המון פעמים ולומדים לחיות עם טעויות פטאליות)

גם מלך המדע צריך להבין בפשיטות רגל. ההתאחדות האמריקאית שבראשה הוא עומד היא ההתאחדות המדעית הגדולה בעולם, שנוסדה כבר ב־1848 וכוללת 262 גופים מדעיים ו־10 מיליון חברים. לשנר מנהל אותה עם תקציב של 90 מיליון דולר, כולל "Science" – עסק לכל דבר המגלגל 60 מיליון דולר בשנה, עם כ־130 אלף מנויים יחידים וכ־800 אלף קוראים, לפי איגוד המפרסמים האמריקאי. עם הגולשים באתר, המספרים מגיעים ל־2 מיליון קוראים, שדבקים ב"Science" בגלל תו האיכות שלו. צוות המגזין בוחר בפינצטה את המאמרים שיפורסמו בו, בדגש על חדשנות ופריצת דרך, ופרסום בכתב העת נחשב הישג אדיר.

"12 אלף מחקרים נשלחים למגזין מדי שנה", מגלה לשנר, "ורק 800 מתפרסמים. יותר מחצי מהחוקרים המפרסמים, אגב, אינם אמריקאים. פרסום כזה משנה לאנשים את החיים, ואני עצמי דוגמה לכך. ב־1978 הייתי פרופסור באוניברסיטה קטנה בפנסילבניה ופרסמתי מחקר ב'Science'. מיד הוצפתי בהזמנות להרצאות ולכנסים חשובים. אנשים מספרים לנו כל הזמן על השפעת הפרסום על הקריירה שלהם".

מהו מבחינתך המאמר החשוב ביותר שפורסם ב"Science"?

"ב־2001 פרסמנו את הגילוי החשוב ביותר של המאה ה־21 עד היום, פרויקט הגנום האנושי. אגב, חלקנו את הפרסום הזה עם 'Nature' – הם פרסמו את הפרויקט שזכה למימון ממשלתי, אנחנו את תוצאות המחקר של החברה הפרטית "Celera Genomics".

איך מבטיחים את הרמה הגבוהה של המאמרים המתפרסמים?

"במגזין עובדים 27 מדענים־עורכים במשרה מלאה. הם הראשונים שקוראים את המחקרים שאנחנו מקבלים. אם עורך אישר מאמר, הוא עובר לבחינה של מדען או שניים מחברי המערכת שעוסקים בתחום המחקר המדובר. אם הם מאשרים אותו, המחקר ממשיך להערכה נוספת, של שניים עד ארבעה מומחים חיצוניים, שלא עובדים במגזין. אם ההערכה חיובית – רק אז המחקר אושר. וזה השלב שבו העורכים רבים ביניהם על מקום בעיתון, כדי להכניס את המאמרים שבהם עסקו".

ובכל הדרך הארוכה הזאת אין תקלות?

"יש. גם המערכת הזאת לא חסינה. נוצרים מצבים שבהם מחקרים טובים נדחים, וקרו גם מקרים שפרסמנו הונאות. מחקר ההונאה המפורסם ביותר הוא של מדען השיבוט הדרום־קוריאני וו־סוק הוואנג, שזייף מחקר שבו טען כי הצליח לייצר תאי גזע עובריים. הוא טען שהצליח לייצר תאים מעוברים אנושיים, להבדיל מתאי העכברים שייצרו עד אז. הגילוי עורר תקוות לגבי היכולת לייצר תאים שסייעו לחולי פרקינסון וסוכרת או למי שנפגעו בעמוד השדרה.

"המחקר היה 100% מומצא. הוא עשה הכל בפוטושופ, ערבב 13 אימג'ים. אבל כשהחוקרים ראו את הממצאים הם נראו אמינים לחלוטין. המחקר פורסם אצלנו באמצע 2005, והגילוי המרעיש התנוסס על גבי העמודים הראשונים של עיתונים יומיים ברחבי העולם וכיכב במהדורות החדשות. הוואנג נהיה גיבור בקהילת המדע העולמית ובמיוחד בדרום קוריאה. רק כעבור כמה חודשים, כשכמה מעמיתיו הזוטרים סיפרו לכתב טלוויזיה בסיאול על צילומים מזויפים, התברר שמדובר בהונאה. הוואנג הודח מהאוניברסיטה והועמד לדין, וגם אצלנו נעשתה בדיקה של חוקרים חיצוניים כדי להבין איך זה קרה. אבל המסקנה היתה שזאת הונאה מושלמת, שלא ניתן היה לדעת".

> **"הקהל הרחב מאוד מעריך מדע, אבל אין לו מושג מה זה בכלל. 70%–90% מהאמריקאים מאמינים שהמדע טוב, אבל 47% לא מאמינים באבולוציה ו־40% חושבים שאסטרולוגיה היא מדע; היא לא"**

איך מצילים את המדע

(נפטרים מבוש ומגייסים את המשבר הכלכלי)

מחקרי הונאה הם מכה כואבת לכתב עת כמו "Science", אבל גם מוניטין חבול ניתן לתיקון. חלק לא קטן מהזמן שלו, לעומת זאת, נאלץ לשנר להקדיש למלחמות שעלולות להיות אבודות. בארצות הברית השמרנית והדתית של השנים האחרונות, המלחמה על המדע והמשך התקדמותו היא אחת כזאת.

"בתקופת ממשל בוש השקעתי 30% מזמני בהגנה על האינטגריטי של המדע", מספר לשנר. "בנושאים של אנרגיה ואקולוגיה יש תמימות דעים בקהילת המדע בשאלה כיצד נוצר המצב האקולוגי – אבל הממשל הקודם התעלם מהמדע והתכחש אליו. כולם, לא רק מדענים, ראו את הירידה במעמד המדע. זה אבסורד, כי אם החברה רוצה להתקדם ולהתמודד עם בעיות האנרגיה והתחממות כדור הארץ, היא לא יכולה לבחור אם להאמין בגישה מדעית או לא. העניין הוא שאלה התמודדויות יקרות. אם המדע אומר שפחמן הורס את הסביבה, חייבים לעשות משהו בעניין, אבל הפתרון יקר ולכן יותר נוח להכחיש".

לשנר בוחר את מילותיו בקפידה, נמנע מלתקוף את ממשל בוש ישירות. אבל הפעילות שלו מספרת את מה שהוא נזהר מלומר. בשנים האחרונות, למשל, הוא בילה לא מעט זמן במדינות כמו לואיזיאנה וטנסי, בניסיון לתקן החלטות של בתי הקונגרס המקומיים בעניין הוראת האבולוציה בבתי הספר. אלה סוגיות עמוקות יותר מסוגיות האנרגיה והאקולוגיה: בלי הוראת מדעים בבתי הספר, המדע האמריקאי יקרוס. כבר היום ארה"ב אינה אחת מעשר המדינות המובילות בחינוך מדעי ומתמטיקה, והנתון הזה מבהיל את לשנר ועמיתיו.

"כיום ארה"ב היא המדינה המובילה בעולם המדע והקהילה המדעית המוערכת ביותר, אבל יש סכנה אמיתית שתאבד את מעמדה בגלל מדיניות הממשל והקונגרס בשנים האחרונות. ישראל, אגב, היא המעצמה המדעית הגדולה בעולם ביחס לגודל האוכלוסייה שלה. אבל אם אנחנו נאבד את מעמדנו, מדובר באיום ממשי על עתידה הכלכלי של ארה"ב. 50% מהצמיחה הכלכלית של ארה"ב מאז מלחמת העולם השנייה נגזרו מההתקדמויות המדעיות והטכנולוגיות".

האיום הזה הגיע גם לאוזניו של ברק אובמה, שעוד לפני כניסתו לתפקיד זרק למדע חבל הצלה ראשון, עם מינוי של הפיזיקאי ג'ון הולדרן מהרווארד למנהל משרד המדע והטכנולוגיה של הבית הלבן ולעוזר הנשיא לעניינים אלו. בהמשך שובצו בצוות של אובמה עוד שלושה מדענים בכירים.

מבחינת לשנר, זאת התחלה של תיקון. בינואר הוא פרסם ב"בוסטון גלוב" מאמר שעסק במעמדו הלאומי של המדע, והזכיר את אייזנהאואר, הנשיא המיתולוגי שב־1957 הגדיל את תקציב המדע והטכנולוגיה פי ארבעה והשיק את נאס"א. ההשלכות הישירות של הצעדים הללו הן 50 שנה של קדמה מדעית וטכנולוגית אדירה, עם הישגים עוצרי נשימה ובהם נחיתת האדם על הירח, אוטוסטרדת המידע, פענוח הגנום האנושי. כעת לשנר מקווה שעשורים עתירי מדע אלה לא באו על סיומם. "דווקא המשבר הכלכלי של היום צריך להצית את הרצון של אמריקה להבטיח שעתיד ילדינו יהיה טוב לפחות כמו זה שאנו זכינו לו", כתב. "עבודות חדשות ושגשוג דורשים השקעה במדע, בטכנולוגיה ובחינוך מדעי, ממש עכשיו".

איך נהיים מלך המדע

(נולדים לפסיכולוגים, חוקרים בישראל ומגדלים סמים)

התגלגלות הקריירה של לשנר מורכבת לא פחות מהתפקיד הנוכחי שלו. "גדלתי בפילדלפיה, ושני הוריי פסיכולוגים", הוא חושף את שורשי הבחירה המקצועית שלו. "גם אחותי פסיכולוגית, אשתי פסיכולוגית ובתי סיימה תואר בפסיכולוגיה. רק הבן שלי נכשל בפסיכולוגיה. לדעתי זה עניין פסיכולוגי".

ואולם לשנר בכל זאת מרד קצת, כדבריו: בעוד הוריו ואחותו הם פסיכולוגים קליניים, הוא התמקד בצד הפיזיולוגי של התחום והיה לחוקר מוח. בגיל 25 כבר אחז בדוקטורט, בגיל 34 היה למרצה מן המניין באוניברסיטת בקנל, פנסילבניה. "התמקדתי אז בתפקיד שממלאים ההורמונים בהכוונת ההתנהגות שלנו. זה היה נושא המחקר שלי במשך 12 שנה".

זה עזר לך להבין נשים?

"שום דבר לא עזר לי, אבל אני נשוי לאותה אשה כבר 40 שנה".

מחקר אחר של לשנר הוביל אותו לישראל. "ב־1977 הייתי כאן במסגרת תוכנית פולברייט (מהתוכניות היוקרתיות בעולם לחילופי סטודנטים, שהצמיחה כמה חתני פרס נובל – ק"ש), ועשיתי מחקר במכון ויצמן על המוח והזיכרון. הבן שלי נולד כאן". אז, אגב, גם פגשתי אותו לראשונה; לשנר הוא קרוב משפחה רחוק שלי.

בשנים הבאות עבד לשנר בסוכנות ממשלתית למימון מחקרים מדעיים ובמכון הלאומי לבריאות הנפש. ב־1994 מונה לראש המכון הלאומי לחקר השימוש בסמים וההתמכרות להם. במסגרת תפקידו הוביל לשנר 85% ממחקרי הסמים בארה"ב, וגידל באופן חוקי שדות של מריחואנה – המכון הוא המגדל החוקי היחיד של מריחואנה בארה"ב. צריכת הסמים לא ממש ירדה בשבע שנותיו במכון.

מה בכל זאת היה ההישג הגדול שלך בתפקיד?

"גרמתי לשינוי בתפיסה הציבורית, שיבינו שהתמכרות לסמים זה נושא בריאותי ולא רק פלילי. זה אומר שמכורים הם חולים, וצריך להשקיע כסף בטיפול בהם ובתוכניות מניעה. זה כלל גם שכנוע של הממשל לטפל במכורים בבתי כלא, כדי שלא יחזרו לפשע ולסמים עם השחרור.

"זאת דוגמה לדרך שבה שימוש במדע משפיע על מדיניות: הממשל הקודם התעלם מהמדע, ושנים היתה הכרזה שנקראה 'המלחמה בסמים'. הממשל הנוכחי לא משתמש יותר במושג הזה, כי היום, בהתבסס על מחקרים, מבינים שלהוריד את כמות המשתמשים או להכריז מלחמה זו לא הדרך. צריך להשקיע בטיפול ובמניעה, כמו שעושים עם מחלות".

איך המדע הולך להציל את כדור הארץ

(הוא לא, אבל למה לא להישאר אופטימיים)

התפקיד של לשנר, על פניו, מחייב אותו להבין בכל תחומי המדע, ואלה רק הולכים ומתרבים בשנים האחרונות. "מעבר לתחום המומחיות שלי, אני יכול לערוך שיחה של שבע דקות על כל נושא מדעי", הוא מכריז, "אבל אל תבקשי ממני שמונה דקות...".

מה הנושא הכי חם במדע היום?

"השימוש בגנטיקה ושכפול של הגנום האנושי לצורכי רפואה, אם כי עד כה ההצלחות בתחום היו בודדות, ובעיקר בטיפול בסרטן. לדוגמה, עוד כמה שנים נוכל לגדל תא בטא, שמייצר אינסולין, ולהשתילו בחולי סוכרת שהגוף שלהם לא מייצר אותו".

בעוד כמה שנים בדיוק?

"אנחנו אף פעם לא מדברים בשנים. כי אני אגיד לך מספר ואת תרימי לי טלפון עוד עשר שנים מהיום ותשאלי אותי, 'נו, מה עם תאי הגזע האלה, הבטחת לי אינסולין'. לכן אנחנו לא מתחייבים לשנים".

מה הסיכוי להציל את כדור הארץ?

"אין סיכוי, אבל יש אופציות אחרות. אפשר להתאקלם. מספר ההוריקנים לא גדול יותר מבעבר, הם רק יותר חמורים ולכן יש יותר שיטפונות. אז צריך, למשל, להיערך לעניין על ידי בנייה אחרת. צריך גם למזער את הנזקים על ידי הפחתת השימוש בחומרים מזיקים לסביבה".

וזה יקרר את כדור הארץ?

"זה כנראה לא יקרר את כדור הארץ, אבל יכול לעצור את ההידרדרות".

אז יש תקווה?

"לא ממש. אין סיכוי ממשי שזה יקרה, כי יש צורך ברצון פוליטי וחוסן כלכלי עולמי. כרגע נדרש מאבק כדי להשיג את זה אפילו ברמה הלאומית".

מתבונן
על העולם החדש

שיזף רפאלי

טופופובים הם אנשים

הפוחדים מחיפוש, אלה שאינם חולמים לצאת לחפש אתונות ובוודאי שאינם מצפים למצוא מלוכה. לאלה מומלץ בחום לקבל מעט "תרפיה לטופופוביה" על ידי קריאת הספר החדש והבלוג של הפסיכולוג הקנדי קולין אלרד, המתייחס לעניין האוריינטציה וההתמצאות במרחב כתופעות פסיכולוגיות. בימים שבהם כלי חיפוש באינטרנט ובמרחב הקיברנטי הם נחלת הכלל, מרענן להיזכר בחיפוש ובהתמצאות בעולם האמיתי.

"אתה נמצא כאן: איך זה שאנחנו מצליחים להגיע לירח, אבל הולכים לאיבוד בקניון" הוא שם ספרו החדש של אלרד. אפשר לקבל ורטיגו רק מלחפש את הספר. (בארה"ב הוא נקרא "You Are Here: Why We Can Find Our Way to the Moon, but Get Lost in the Mall"). יש מי שיש לו חוש כיוון טבעי, כאילו נולד עם מצפן ביד ומד קואורדינטות וירטואלי חקוק במוח. כך היו הגששים, רעיי בצבא. אבל יש רבים, כנראה רבים יותר, שאפילו לא יודעים מהו מד קואורדינטות, ובוודאי שאינם מצטיינים בהתמצאות במרחב. היכולת להתמצא במרחב, לנווט בדרך הקצרה ביותר ולשמור על אזימוט נבחר, היא כנראה מתנה נדירה. על היכולת הזאת נסוב ספרו החדש של אלרד, שמתייחס אליה רבות גם בבלוג שלו (www.colinellard.com).

במהלך שירותי הצבאי יצא לי לפקד לתקופת מה על מחלקת גששים. לאנשים מופלאים אלה היו יכולות מתוך האגדות. הם תמיד ידעו איפה הם נמצאים, גם כשהיו בתוך עינה של סופת חול. תמיד ידעו איך להגיע, גם אם זה היה לילה נטול ירח ומסלול חתחתים. והם ידעו מי עבר פה קודם, לאן הוא הלך, ובאיזו מהירות התקדם.

איפה יש עוד אנשים כאלה? במקומם, יש יותר טכנולוגיה. אני מביט בהשתאות בהתפתחות המהירה של כלי ההתמצאות המקוונים העומדים לרשותנו. אנו לא גששים, אבל יש לנו מערכות מיפוי, תצלומי אוויר, תצלומי שטח, תצלומי אוויר שמולבשים עליהם מפות, מפות שאפשר לסובב ולהביט בהן מזוויות שונות, ועוד. יש התפתחות מסעירה בתחום הטלפוניה הסלולרית במרחב, וניצול יכולות האיכון שבה. אנחנו לא גששים, רק רוצים להגיע הביתה בשלום, אבל עוד ועוד מאיתנו מבקשים דברים מתוחכמים כמו התוויית מסלול בטרם צאתנו מהבית, עדכון הבחירה על פי שיקולי צפיפות ודיווחי תנועה, ועוד.

הצעצוע החדש, ה־GPS, הופך במהרה להיות מכשיר נכסף, המותקן בעשרות אלפי מכוניות. לשכנים כבר יש. האם אני שמרן חסר תקנה המתגעגע לעולם הישן, בכל פעם שאני מביע את ההתנגדות הפנימית שלי ל־GPS? אולי רכשתי גם את זה בצבא. אז, התייחסנו בחשדנות לכל טכנולוגיה שהפכה את משתמשיה לתלויים בה. אפילו למצפן. תמיד אימתנו את האזימוט גם באמצעות סימנים נוספים: כיוון הצל שמטילה השמש לפי השעה ביום, הזווית של אפיק הוואדי, הצד של האפיק שבו יש יותר צמחייה, מסלול הירח ומיקומו לפי השעה בלילה והתאריך בחודש, מיקום כוכב הצפון. זכרנו תמיד שגם אם המצפן לא מזייף, הוא מוטה במעלה או שתיים. כמה עוד יודעים לעשות שימוש בכל אלה? היום, עוד ועוד אנשים מקבלים את הוראותיו של ה־GPS כפקודה.

GPS
10:05
Mio

> האם אני שמרן חסר תקנה בהתנגדותי ל־GPS? אולי רכשתי את זה בצבא, שם התייחסנו בחשדנות לכל טכנולוגיה. אפילו למצפן

יש הבדלים מגדריים ביכולת ההתמצאות במרחב, שכבר נהפכו ל"ידועים". ידוע שנשים מתייחסות פחות למיקומן המרחבי ולכיווני שושנת הרוחות, ושגברים אינם יודעים איך לבקש עזרה ולשאול על כיוונים (אגב, לגששים שלי לא היתה שום בעיה לבקש עזרה. אלה היו גברים שבגברים). אם תאמר לאשה: "אני מחכה לך בפינה הצפון־מערבית של ההצטלבות", אתה צפוי לחכות זמן רב, כי הצירוף "הפינה הצפון־מערבית" פשוט לא מדבר אליה. לעומת זאת, אם תאמרי לו: "סע עד תחנת הדלק השנייה ואז תפנה ימינה בדיוק בין המכבסה לשיח הבוגנוויליה" – גם את תתייבשי כנראה ארוכות. אין לו מושג מה זה בוגנוויליה, והוא מעולם לא שם לב שיש שם מכבסה. האבולוציה פיתחה במוחם של הציידים, אבותיהם הפרה־היסטוריים של הזכרים של ימינו, כישורי התמצאות הנסמכים על כיווני רוחות השמים, וניוונה את תשומת הלב הניתנת לפרטים לאורך הדרך. ואילו אצל המלקטות, אמותיהן הקדמוניות של הנשים, התחדדה דווקא ההבחנה בפרטים מקומיים והישענות עליהם. חלק ממשי מביטחון ישראל וגבולותיה היה (ואולי עדיין) מבוסס על כך שיש כאלה, כמו הגששים ששירתתי איתם, שהאבולוציה שלהם היתה כנראה אחרת.

נמלים יכולות לנדוד בצורה אקראית, ימינה ושמאלה, למרחקים אדירים, מספר לנו אלרד, ואז למצוא את הקן ולחזור אליו בקו ישר, הקצר ביותר. אצל בני אדם המצב אחר: על פי סקר שערכה חברת נוקיה, יותר מ־90% מהמבוגרים מאבדים את הדרך ואת הביטחון במיקומם באופן תדיר. אובדן הדרך והכיוון מזוהים בזיכרון האבולוציוני שלנו עם סכנת מוות. כשליש מן המבוגרים מאשימים את בני זוגם באיבוד הדרך. התברברות קלה יכולה, אם כן, להתפתח למשבר גדול מאוד.

אלרד מטיף לטיפוח יחסי קרבה חמים יותר עם המרחב וההתמצאות בו. אולי קצת פחות Google maps, וקצת יותר התמזגות עם הטבע. קצת פחות תלות עיוורת במדריכים ונהגים, וקצת יותר ערנות. ואם כבר GPS, אולי כדאי שנחשוב להתקין GPS שיש לו חוש הומור, ולהתייחס גם אנו לטעויות ניווט קטנות בפרופורציה. בדיוק מה שלא הייתי מוכן לקבל אצל הגששים בצבא.

פרופ' שיזף רפאלי הוא ראש בית הספר לניהול והמרכז לחקר חברת המידע באוניברסיטת חיפה. sheizaf.rafaeli.net