

אהוד לם

מתוך: אודיסאה, גליון אפריל 2015.

ב-2005 פרסם ג'ון איונידיס מאמר ב-PLOS Medicine עם הכותרת הפרובוקטיבית - "Why Most Published Research Findings are False". עשור לאחר פרסום המאמר מעורר ההדים, אנו מקדישים את גליון אפריל 2015 של "אודיסאה" לבחינת היומרה הבסיסית ביותר לאמינות ממצאי המחקרים של המדעים השונים.

כיום ישנם מחקרים המעריכים כי 85% מהמשאבים המוקדשים למחקר מבוזזים. אל מול הערכה מטרידה זו, עולה שאלה מכרעת: עד כמה אמינים תהליכי ייצור הידע המדעי ותוצריהם העכשוויים והאם תוצרי המחקר מצדיקים את ההשקעה הכלכלית העצומה במדע? ביתר פירוט, עד כמה נפוצות שגיאות מתודולוגיות בסיסיות במחקר המדעי בתחומים השונים, למשל ביישום שגוי של טכניקות סטטיסטיות, ועד כמה הן משמעותיות, וכיצד שיטות חדשות מאפשרות להתמודד עם בעיות אלה? האם תהליכי השיפוט של מאמרים מדעיים לפני פרסומם מבטיחים את איכותם? מדוע אין כמעט חזרה על ניסויים בכדי לוודא את נכונותם, וכיצד ניתן לשנות את מצב זה? עד כמה משפיעים אינטרסים כלכליים חיצוניים על המחקר המדעי? מה באשר למוטיבציות מקצועית מבניות של מוסדות מחקר, גופים מממנים, כתבי עת ושל החוקרים עצמם? כיצד השקיפות של עידן אינטרנט משיפה על המדע? ועד כמה נפוצים זיופים במחקר המדעי? כדי לענות על שאלות אלה ושאלות דומות, בחרנו שורה של נושאים למאמרים שמגלמים את בעיות העומק הניצבות בפנינו. החלטנו לתת סקירה רחבה, של מתחים מסוגים שונים. מטרתנו היא לתת לקוראים אפשרות להציץ מאחורי הפרגוד, ולראות את המדע העכשווי בפעולה.

* * *

מדי בוקר האורות נדלקים במעבדות ברחבי העולם, חוקרים ותלמידים נכנסים, כנסים נערכים, מאמרים נכתבים ומתפרסמים. בערב נכבים האורות, יורד שקט, ולמחרת הכל מתחיל מחדש. עולם כמנהגו נוהג. אך האם מאחורי החזות הרגילה, המדע ממשיך לעמוד בהבטחה שלו לספק לנו את הידע הטוב והאמין על העולם? האם משבר מרחף מעל המדעים השונים? הייתכן שתחומי מדע רבים ומגוונים עולים ונדונים קשיים עקרוניים, בזיהוי של מחלות, באישור של תרופות, בתיאוריה הפיזיקלית הבסיסית ביותר, ואיש לא יודע?

אם החיים היו סרט דרמטי, אולי היינו מתחילים כך. אך החיים אינם סרט דרמטי, והמצב במדע כנראה אינו מפחיד כל כך. ייתכן ובכלל אין מה לדאוג, והמדע, כרגיל, ידע לתקן את עצמו ולהתמודד עם כל הקשיים והמהמורות הקטנות – שהם, בכל זאת, לחם חוקו של כל מחקר. או

כמו שמדענים אוהבים להגיד : אם היינו יודעים את התשובות מראש, זה לא היה מחקר.

אלא שגם תמונה מרגיעה זו אינה משכנעת במיוחד. היא מסתירה את העובדה שהמדעים השונים נמצאים לאחרונה בתקופה מרתקת של דיונים, ודיונים על דיונים, על מגוון רחב של שאלות עקרוניות לגבי צורת העבודה המדעית. למשל: האם המימון של מחקר על תרופות על ידי חברות תרופות גורם לכך שרק מחלות של העולם הראשון זוכות למימון? האם השיפוט של מאמרים על ידי עמיתים לפני פרסומם – שהוא לב ליבו של התהליך המדעי – צריך לעבור מן העולם לטובת פרסום כל רעיון על גבי האינטרנט, ושיפוט לאחר מכן? האם הנטייה לפרסם רק כשמהו עובד ולא לפרסם תוצאות שליליות פוגמת מהותית בהתקדמות המדעית? האם המושג "תוצאה מובהקת סטטיסטית" שהוא אמת המידה הקלאסית לאיכות תוצאה מדעית, הוא אכן הרף הנכון לקביעה מתי תוצאה היא בעלת ערך מדעי וראויה לפרסום? האם הוא מונע אפשרות של קונסולידציה של תוצאות מניסויים נפרדים כדרך לקבלת תוצאות אמינות יותר? האם תחומים מרכזיים כמו פסיכולוגיה חברתית נשענים על ניסויים קלאסיים שלא ניתן לחזור עליהם או שמקורם בכלל בזיוף ושיפצורים של תוצאות האמיתיות? האם העליה הדרמטית במאמרים שמתגלים כמכילים תוצאות שגויות, מזויפות או מועתקות משקפת בעיה אמיתית או פשוט את העובדה שיש יותר ויותר אנשים המתפרנסים ממחקר? מהי צורת ארגון העבודה המדעית המיטבית, מעבדות גדולות או קטנות? האם מוטב לממן חוקרים או מחקרים? וזהו רק מדגם של הנושאים העולים חדשות לבקרים בפורומים שונים.

אנחנו לא רוצים, או חושבים שאפשר, לענות על כל השאלות הללו באופן פשוט ואחיד. בגליון זה בחרנו להציג בפניכם אוסף של סוגיות ואוסף של התייחסויות של אנשים החיים את המדעים השונים, מין "הצצה אל החדר". בחרנו גם להתמקד במדעי החיים והחברה, ולהשאיר את הטענות על משבר בפיזיקה בסיסית להזדמנות אחרת.

* * *

כל השאלות שהוזכרו עד כה הן שאלות שמטרתן להביא לשיפור הדרגתי, לתיקוני מסלול. נוסף עליהן נשמעות טענות על כך שאפשר יהיה בקרוב להחליף את התהליך המדעי, של ניסוי וביקורת, חזרה על ניסויים, דיון תיאורטי וכדומה, בכלים ממוחשבים של גילוי תבניות ב BIG DATA. מין תהליך גילוי אוטומטי שיאפשר, חלקית כמובן, להחליף מדענים בשרתים כמו של גוגל ודומותיה. אם כל אחד ילך עם טלפון נייד או מחשב לביש שימדוד באופן בלתי פוסק מדדים פיזיולוגיים ואחרים האם לא נוכל לגלות מגפות מוקדם יותר, ואפילו לאתר קורלציות בין דברים של חשבנו שיש להם השלכות על בריאות ואיכות חיים? נדמה כאילו האבחנה הקלאסית בין קשר סיבתי ("עישון גורם לסרטן") וסתם קורלציה ("בימי שלישי יורד גשם") מפסיקה להיות חשובה, אם כמות הנתונים גדולה מספיק כדי שקורלציות מקריות יעלמו. כבר ב 2008 פרסם כריס אנדרסון, העורך של המגזין Wired, מאמר פרובוקטיבי תחת הכותרת ["The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete"](#). החסידים של הרעיון הזה – שבשנים מ 2008 עד היום נשאר במידה רבה רעיון, עדיין לא פיטרו את כל המדענים! – חושבים שמדע הוא

איסוף עובדות שמפוזרות בעולם כמו צדפים. אך הרהור קצר מעלה ספקות לגבי המודל הזה: כמה שלא היינו מסתכלים על בעלי חיים לא היינו מגלים את מבנה ה-DNA, ומי שניסה לבדוק מה נופל מהר יותר ק"ג ברזל או ק"ג נוצות חשב שסתר את תגליותיו של גלילאו. המסקנה היא שצריך לדעת לשאול את הטבע שאלות. אחרת, כמו בסקר מגמתי, יש סכנה של garbage in-garbage out. המחשה לכמה קשה לעשות מחקר באופן שאנדרסון חזה, אפילו כאשר חוקרים מהשורה הראשונה מתכננים אותו, התקבלה לאחרונה כאשר בדצמבר 2014 ביטל המכון הלאומי לבריאות בארה"ב (NIH) פרויקט ענק על תחלואת ילדים בשם ה-National Children's Study. מטרת הפרויקט הייתה לאסוף מידע בריאותי מפורט על 100,000 ילדים משלב ההריון ועד גיל 21, וזאת במטרה לגלות קשרים סיבתיים עדינים שקשה מאוד לאתרם, לכל שכן בדיעבד. שאלות שקיוו לענות עליהן היו מהסוג של האם תזונת האם בזמן ההריון יכולה להסביר נטיה להשמנה אצל בני נוער, או האם הסיכון לאסתמה גדל בעקבות לחץ פסיכולוגי שחוהה האם. יוזמי הפרויקט קיוו שהוא יאפשר להסביר את העליה בשכיחות של תופעות שונות, כגון אוטיזם, שאיש לא יודע להסביר אתן. הקונגרס האמריקאי אישר את הפרויקט בשנת 2000. לאחר ארבעה עשרה שנים, ולאחר שהושקעו בו 1.3 מיליארד דולר, הוחלט לאחרונה לסגור את הפרויקט, שלא הביא ולו למסקנה מדעית אחת. אך החזון לא ננטש, ומעט לאחר שביטל את הפרויקט, הכריז פרנסיס קולינס, העומד בראש ה-NIH, על פרויקט של כריית מידע בריאותי של מיליון מתנדבים אמריקאיים, על מנת לחשוף קשרים בין גנים, סביבה ובריאות. הפרויקט, במימון התחלתי של למעלה מ-200 מיליון דולר, הוא חלק ממיזם הרפואה הממוקדת (precision medicine) של הנשיא אובמה, ויתמקד בשלב הראשון בסרטן. המחשבה היא שההתקדמות הטכנולוגית הכבירה מאז שנת 2000 הופכת את הנסיון הזה להימור מוצלח יותר מאשר מחקר הילדים הכושל.

המחקרים הללו הם דוגמאות למה שמכונה לעתים **Big Science**: פרויקטי מחקר עצומי מימדים, המערבים חוקרים מפוזרים גיאוגרפית, לרוב ממדינות שונות, והמנסים בדרך כלל לענות על אוסף רחב למדי של שאלות. דוגמה מבטיחה יותר ממחקר הילדים הלאומי הכושל היא פרויקט ריצוף הגנום האנושי (שהפך בינתיים למאמץ ריצוף של גנומים של מינים רבים). אמנם גם כאן היה פער גדול בין ההבטחות והמטרות המוצהרות של הפרויקט וההשפעה האמיתית שלו, אך מאגר הנתונים שנוצר הפך לכלי עבודה יומיומי בכל מדעי החיים. פרויקטים כאלה מאפשרים ריכוז של משאבים, יצירת שיתופי פעולה חדשים, במיוחד בין חוקרים באקדמיה ובחברות עסקיות, ופיתוח טכנולוגיות חדשות. הם גם יכולים לתרום ליצירת מאגרי נתונים פתוחים שיכולים אחר כך לשמש חוקרים רבים. מצד שני, עדיין רוב רובו של המחקר המדעי הבסיסי שמנסה להבין ולהסביר תופעות ספציפיות במדעי החיים מתרחש במעבדות המנוהלות על ידי חוקר בכיר אחד ותלמידי המחקר שלו (תלמידי מוסמך ולתלמידי דוקטורט). מדענים רבים חושבים שזו הדרך הטובה ביותר למדע חדשני, יצירתי ומהפכני. לפעמים מכנים מדע כזה **Small Science**. מדע גדול יכול לתרום לתגליות מדעיות על ידי כך שהוא מציף שאלות שאחר כך מטופלות על ידי חוקרים מבריקים בעזרת האסטרטגיות של מדע קטן. בין שני הקצבות הללו, מוצאים בשנים האחרונות יותר ויותר חוקרים שמפעילים מעבדות גדולות מאוד, עם מספר רב של תלמידים – יותר מכמה שהם כנראה יכולים לפקח עליהם ולהדריך באופן שוטף. אלה שמאמינים במעבדות קטנות מזכירים לפעמים פריצות דרך של חוקרים בודדים כמו ג'יימס ווטסון ופרנסיס קריק (מבנה

הדני"א), או אלברט אינשטיין (תורות היחסות). מעבדות ענק גם גורמות לכך שחוקרים צעירים רבים לא מקבלים מעבדה משל עצמם (כי יש הרבה יותר מסיימי דוקטורט מאשר מעבדות מחקר שאפשר להוביל), ולאור המבנה הנוכחי של העולם האקדמי משמעות הדבר היא שהם נפגעים במקרים רבים מעולם המחקר. המתח בין שני המודלים הללו של פעילות מדעית מזין לא מעט דיונים על צורת הארגון המוסדי של מחקר, ועל המוטיבציות והעיוותים שצורות מימון שונות גוררות. ברמה אנושית יותר, נשמעת לא מעט הטענה שהארגון הכמעט תעשייתי של מעבדות מחקר עצומות, יחד עם האפקט שיש לכך על מיעוט משרות אקדמיות בכירות, מבריחים חוקרים מבריקים מהמדע. אלה שאינם נפגעים חווים כחוקרים צעירים מסלול קריירה הרבה פחות נעים משהיה לפני כמה עשורים.

באפריל 2013 הכריז הנשיא אובמה על פרויקט בשם ה Brain Initiative, שהחל כהתחייבות של הממשל להשקעה של 100 מיליון דולר בחקר המוח וכולל גם השתתפות כספית של מגוון חברות פרטיות. הפרויקט הושווה מהרגע הראשון לפרויקט הגנום האנושי, עם ההבטחה שהוא יעזור לחוקרים לפצח את המסתורין של מחלות כמו אלצהיימר, פרקינסון, ותגובה פוסט-טראומטית (PTSD). ההשוואה לפרויקט הגנום האנושי אינה רק מדעית, והאנלוגיה מבחינה מדעית בין הפרויקטים השונים אינה בהכרח משכנעת. אך הבית הלבן טען שפרויקט הגנום האנושי הביא לתשואה כלכלית של \$141 על כל דולר שהושקע בפרויקט, ומצדיק כך את ההשקעה הכספית ב Brain Initiative. הרטוריקה הזו אינה חסרת חשיבות בשנים בהן לחצים כלכליים מביאים לקיצוץ בתקציבים של מחקר בסיסי. מובן שהיוזמה עוררה עניין רב בקרב חוקרי מוח ברחבי העולם, וכרגיל אצל אנשי מדע גם מחלוקות וחילוקי דעות. חוקרים מיד ניסו לברר כמה מהסכום יהיה כסף חדש, וכמה ממנו מהווה הסטה של תקציבי מחקר קיימים לטובת מחקרים מסוג מסוים. שאלות אחרות עסקו במידת ההצדקה המדעית למחקר "גדול" מהסוג הזה, לעומת מחקרים צנועים וזולים בהרבה שתוקפים שאלות ממוקדות יותר: האם השעה מתאימה לדחיפה חזקה כזו של big science, או שמא יש שאלות מקדמיות רבות שעד שלא נדע עליהן את התשובה המחקרים המוצעים לא יועילו. בכלל, תהו החוקרים, האם הפרויקט מהווה השקעה נבונה של תקציבי המחקר המצטמקים. הביקורת והתהיות הועלו תוך שעות ספורות בבלוגים, טוויטר וכד'. ימים אחדים אחרי ההכרזה שלח לארי סוואנסון, הנשיא של ה Society of Neuroscience, האגודה הגדולה ביותר של חוקרי מוח עם למעלה מ 40,000 חברים, מכתב לחברי הקהילה בו הוא דחק בהם שלא להביע ביקורת על הפרויקט, על מנת לא להרוג אותו כשהוא בחיתוליו וכך לאבד את כל הכסף המובטח. יותר מכך, הוא קרא לחברים להמשיך בביקורת, אך ביקש לקיים אותה בערוצים המקצועיים הרגילים: בכנס האגודה שעמד להתקיים בסן דייגו, ובעיתון המדעי החשוב שהאגודה מוציאה. במילים אחרות, הוא ביקש לקיים את הויכוח הרחוק מעיניי הציבור הרחב. המכתב של סוואנסון כמובן מיד "הודלף" ופורסם ברבים ועורר תגובות כעוסות.¹ ביקורת עיקרית שהושמעה התייחסה לבקשה שהדיון יתקיים הרחק

¹ אפשר לקרוא את המכתב כאן: <http://www.firstnerve.com/2013/04/society-for-neuroscience-president-shut.html>

מעניי הציבור, שנטען עליה שהיא פטרונית ולא ראויה. כמו כן עלתה הטענה שלפזר הבטחות ללא כיסוי, כמו הבטחה למצוא תרופה לאלצהיימר, היא אסטרטגיה קצרת ראות, שסופה שתביא לאובדן אמון הציבור במדע.

בעוד שאקדמאים העוסקים במחקר בסיסי יכולים להיות מוטרדים מהנסיון לקיים דיון הרחק מעניי הציבור, הרי שבמחקר יישומי הנעשה על ידי או בחסות חברות עסקיות המחקרים עצמם ותוצאותיהם הם מידע קנייני. ההשלכות שיש לכך הן בעלות חשיבות רבה במיוחד ככל שהדברים אמורים בתעשיית התרופות. תהליך אישור תרופות הינו תהליך ארוך ויקר, וחברות הממציאות תרופות חדשות משקיעות סכומים גבוהים על ניסויים קליניים על אלפי חולים על מנת להוכיח שתרופה היא אפקטיבית ובטוחה. רק לאחר בדיקה דקדקנית של תוצאות מחקרים כאלה מאשרת רשות התרופות האמריקאית (ה-FDA) שיווק תרופות, ואישור ה-FDA מהווה בסיס חשוב גם לאישורים על ידי הרשויות במדינות נוספות שבעצמן מקיימות הליכי רישוי דומים. אלא שלא כל המידע שה-FDA מקבל מתפרסם גם לציבור הרחב, לרופאים, ולחוקרים אחרים – בתואנה שהוא מידע קנייני. בפועל, החברות הן אלה שמחליטות איזה מידע לפרסם בעיתונות המדעית. פן זה של המחקר הביו-רפואי לא מוכר לרבים. הוא נחשף לאחרונה כאשר ילדה יפנית בת ארבע-עשרה התחילה לפתח מחשבות פרנואידיות והתאבדותיות. היא חשבה שהאוכל שלה מורעל ודיברה על התאבדות. השינוי הפסיכולוגי החל לאחר שהיא החלה לקחת תרופה מוכרת נגד שפעת. עיתונאים וחוקרים בלתי תלויים החלו לנבור בסיפור. הובילה את הבדיקה קבוצת קוקרן (Cochrane Collaboration). חוקריה נעזרו בחוקי חופש המדע (freedom of information act) כדי לקבל מה-FDA את כל החומר שברשותם על תרופות מהסוג הזה. לאחר נבירה וניתוח של אלפי העמודים שקיבלו, התברר שלחברות היה מידע על השפעות פסיכולוגיות אפשריות של התרופות, מידע שלא הודגש לטענת קוקרן ובפועל הוסתר מהציבור. זהו מקרה קיצוני לסכנה כללית יותר במדע, שנראה לכל אורך הגליון, שנובעת מכך שתוצאות חיוביות מתפרסמות בעיתונות המדעית הרבה יותר מאשר תוצאות שליליות. מצב זה מכונה **publication bias** או בעית המגירה (שאליה דוחפים את התוצאות הלא טובות). ככל שמדובר בתרופות הפחד הגדול הוא שמחקרים קליניים שמראים על בעיות נזנחים ולא מפורסמים כלל, ורק מחקרים שמראים שתרופה היא מועילה מתפרסמים. פתרון חלקי לבעיה הזו, שגם מימושו דרש מאמצים, היה ההקמה של מאגרי מידע שבהם חייבים לעדכן על קיומו של כל מחקר קליני, מיד כאשר מתחילים אותו. כך אי-אפשר פשוט "להעלים" מחקרים לא נוחים. היום קיים אתר אינטרנט, clinicaltrials.gov, שבו ניתן לראות פרטים על כל ניסוי קליני; ניסויים שלא מופיעים שם לא ילקחו בחשבון על ידי ה-FDA לצורך אישור תרופות. עדיין לא כל המחקרים המתועדים שם מתפרסמים לבסוף בעיתונות המדעית לטובת החוקרים והרופאים, והחוק האמריקאי גם לא מטיל חובת דיווח על כל סוגי המחקרים הקליניים.

המאבק בהטיות או הסתרת מידע על ידי חברות תרופות חשוב. אך לאחרונה יותר ויותר מחדשות המדע בעיתונות עוסקות בבעיות ארציות יותר של זיופים ורמאויות. חדשות לבקרים שומעים על מחקרים וחוקרים בטובות מהאוניברסיטאות בעולם הנחשדים בעבירות על האתיקה המדעית אם

לא בזיוף פשוט. הדיון על בעיות אתיות במחקר המדעי קיבל דחיפה משמעותית בעקבות הקמתו של האתר **Retraction Watch** בשנת 2010. אתר אינטרנט זה מרכז אינפורמציה על מאמרים מדעיים שמחבריהם נאלצו למשוך אותם (תהליך המכונה בעגה המדעית retraction), לאחר שהתגלה שהם מכילים מידע שגוי, מידע שעבר מניפולציה, או טקסט שנלקח ממקורות אחרים (פלגיאט). בדרך כלל כאשר מאמרים נמשכים על ידי מחבריהם לא מתפרסמת על כך הודעה פומבית. רק כאשר מנסים לגשת למאמר באתר של העיתון שפרסם אותו מקבלים הודעה שהמאמר נמשך. לא כך מאז ש Retraction Watch מפרסמים כל מקרה המגיע לידיעתם. הם אף עוקבים אחר המקרים המעניינים בהם מספר גדול של מאמרים של אותו חוקר או קבוצה נמשכים אחד לאחר השני. את האתר הקימו שני חברים, עיתונאי מדע, שאחד מהם הוא רופא במקצועו והשני הוא עיתונאי שחשף את פרשה על חוקר שהיה מעורב במחקר על תרופת ה VIOXX, התרופה לדלקות מפרקים שהוסרה מהמדפים עקב בעיות בטיחות. החוקר המדובר דיווח על מטופלים מומצאים ביותר מ-20 מעבודותיו. במרבית המקרים מדענים משפצים תוצאות כאשר הם בטוחים לחלוטין, בצדק או שלא, איך התוצאות אמורות להיראות. לרוב לא מדובר ברמאות שיטתית כמו זו. לטענתם של מקימי האתר הם מצאו את עצמם בעיצומו של גל של משיכת מאמרים. לשאלה מדוע יש היום יותר מאמרים שנמשכים מאשר בעבר הם עונים שהקהילה היום טובה יותר בלזהות מאמרים בעייתיים, בין היתר בגלל שיש יותר עיניים הסוקרות כל מאמר. הם נמנעים מלקבוע האם יש עליה אמיתית במספר המאמרים הפגומים. אך קשה להתעלם מהמספרים: ב 2001 דובר על 40 מאמרים שנמשכו, היום מדובר על כ-500 מאמרים בשנה.

לעומת סיפור ההצלחה שלהם, כדאי להזכיר את האתר science-fraud.org שאותו הקים ב 2012 ביולוג צעיר מניו-יורק בשם פול ברוקס. ברוקס התמחה באיתור תמונות במאמרים מדעיים שנראה היה שעברו עיבוד. כך למשל, אחד מסוגי הראיות הסטנדרטיים בביולוגיה מולקולרית הוא צילומים של "גילים" שבהם מקטעי דנ"א מתמיינים לפי אורכם וכך אפשר לבדוק האם דנ"א מבוקש נמצא בדגימה. חוקרים לא אתיים נתפסו לא פעם כאשר העתיקו קו ממקום אחד בגיל למקום אחר. ברוקס התמחה בלאתר מקרים כאלה. הוא הפעיל את האתר באופן אנונימי, אך לאחר שזהותו נחשפה הוא קיבל איומים בתביעות משפטיות והאוניברסיטה שמעסיקה אותו הבהירה לו שחשיפת מעשים לא אתיים במדע אינה חלק מהעבודה עבורה הוא מקבל משכורת. ברוקס מחק את כל המידע מהאתר שלו, והפסיק את פעולתו. בחצי השנה בה האתר פעל ברוקס דן ב 275 מאמרים; לפחות 16 מהם כבר נמשכו ול-47 מהם התפרסמו תיקונים.

למרות העליה במספר המאמרים הנמשכים, מדובר כמובן בתופעה שולית יחסית להיקף המאמרים המדעיים המתפרסמים כל שנה. בכל מקרה, התופעה לא צריכה לערער את האמון בידע שמספק מחקר המדעי, שהרי מדובר במקרים רבים בדברים שהוצגו כתוצאות של מחקר מדעי אך בפועל לא היו כאלה. לכל היותר מתעוררות שאלות לגבי המוטיבציות שמביאות למעשים כאלה, כלומר שאלות על מימון מחקרים, קידום חוקרים באקדמיה וכד' וכן שאלות על פרצות

בתהליכי בקרת האיכות שיש על מאמרים מדעיים. אפשר לכוונת את השאלות הללו שאלות סוציולוגיות.

מדאגות יותר התהיות שעלו לאחרונה לגבי סוגיה מהותית הרבה יותר: האפשרות לחזור על ניסויים. אבן פינה של השיטה המדעית היא האפשרות של חוקרים בלתי תלויים לחזור על ניסויים של חוקרים אחרים ולקבל את אותן תוצאות (מהלך המכונה **רפליקציה**). ברמה הבסיסית ביותר, זו הדרך שבה אפשר לוודא שתוצאה היא אמיתית ואינה טעות ניסויית או טעות בניתוח הנתונים. חשוב לא פחות מכך, חזרה על ניסויים היא מה שמגביר את הבטחון שאנו מבינים מה קורה בניסוי ומהם הגורמים המהותיים המשפיעים על התופעה אותה חוקרים ובאיזה מידה ניתן להכליל ממנה. משום כך חלק מרכזי במאמרים מדעיים עוסק בשיטות ובחומרים ששימשו את החוקרים (בתחומים ידע מסוימים ניתן למצוא בכל מאמר סעיף בשם Materials and Methods המתעד בפרטי פרטים את הנושאים הללו). למרות התיאור המפורט במאמרים, רמת המורכבות של ניסויים ופרוטוקולי מחקר היא כזו שבדרך כלל רק חוקרים המצויים באותו תחום מחקרי מסוגלים לנסות ולשחזר ניסויים. לא מעט מהידע הנדרש הוא ידע שיש לחוקרים "באצבעות" ומיומנויות שלא ניתן לרכוש מספרים אלא רק דרך עבודה במעבדה של חוקר מנוסה יותר. אך גם המדענים המעטים שיכולים לחזור על כל ניסוי בדרך כלל לא עושים זאת, ולו רק משום שלחזור על ניסוי שתוצאותיו כבר ידועות מעניין הרבה פחות מאשר הרצה של ניסוי חדש, שלא לדבר על כך שקשה עד בלתי אפשרי לפרסם מאמר שכל מה שמתואר בו הוא חזרה על משהו שאחרים כבר עשו, אפילו כאשר הטענה היא שחזרה על הניסוי הקודם לא הביאה לתוצאות המצופות. לעתים הבעיה אינה כה מהותית משום שניסויים בונים זה על זה, וניסויים חדשים לא יצליחו אם הניסויים הקודמים שעליהם מסתמכים אינם נכונים. בצורה כזו יש מאין רפליקציה של ניסויים גם אם לא באופן ישיר. אך לכל הפחות שלווה הנפש המדעית מחייבת בטחון שאפשר לחזור על ניסויים, גם אם בפועל נדיר למדי שעושים זאת. למשל, סקר מ 2012 של 100 עיתונים בפסיכולוגיה הראה שבקושי 1% מהמאמרים מאז 1900 היו מוקדשים לרפליקציה של תוצאות קודמות.

כיצד מתמודד תחום מדעי כאשר מתעוררת תהיה לגבי האפשרות לעשות רפליקציה לניסויים המרכזיים והמפורסמים ביותר שלו? מצב עניינים כזה התעורר בתחום המסקרן של פסיכולוגיה חברתית העוסק בהשפעה של סביבה חברתית (אמיתית או מדומיינת) על רגשות, מחשבות והתנהגות. המשבר הגיע לשיאו בשנה האחרונה, והסערה היתה גדולה. הכותרות זעקו "**משבר הרפליקציה**", וההאשטאג #repligate רשם פעילות יוצאת דופן. במה דברים אמורים? הדוגמאות המעניינות ביותר מגיעות ממחקר על השפעות לא מודעות על התנהגות, המכונות תופעות של priming (הטרמה). בניסוי מכוון בתחום ביקשו מנבדקים לסדר אוסף של מילים למשפטים בעלי משמעות. הנבדקים חשבו שהניסוי עוסק ביכולת לשונית. למעשה, אחרי שהנבדקים עזבו את החדר מדדו מבלי ידיעתם כמה זמן לקח להם לעבור מסדרון. הסתבר שנבדקים שבין המילים שקיבלו היו מילים כמו "בינגו", "קמטיס", ו"סריגה", מילים שיכולת לעורר אסוציאציה לזקנה, הלכו לאט יותר מאשר נבדקים בקבוצת ביקורת שלא קיבלו מילים אלה. הנבדקים כמובן לא היו מודעים כלל וכלל להשפעה של המילים שסידרו על ההתנהגות

שלהם לאחר הניסוי. בניסוי מפורסם אחר, נבדקים ששטפו ידיים נטו לשפוט מקרים של התנהגות לא מוסרית פחות בחומרה מנבדקים בקבוצת הביקורת. בניסוי אחר, נבדקים שראו תמונה של פרופסור הצליחו לענות נכון על יותר שאלות טריוויה, ונבדקים שראו אוהד כדורגל – על פחות. קל להבין עד כמה תוצאות כאלה מעוררות סקרנות, והן אכן תפסו את תשומת הלב הציבורית והאקדמית גם יחד.

אך בסתיו 2012 כתב חתן פרס הנובל דניאל קהנמן מכתב פומבי לחוקרים העוסקים בהטרמה. במכתב הוא הזכיר שעלו תהיות רבות לגבי אמינות המחקרים הללו, והדגיש שעל מנת שהתוצאות יהיו מבוססות דרושה רפליקציה של הניסויים הקלאסיים בתחום. המכתב נשלח לאחר שמספר חוקרים בולטים טענו שכאשר הם חזרו על הניסויים הללו, לא התרחשו התופעות המפתיעות.² כאשר לחצים אלה ונוספים ברקע, התפרסם בתחילת 2014 גליון מיוחד של העיתון החשוב *Social Psychology* שהוקדש כולו לרפליקציה. מתוך 27 נסיונות רפליקציה לפחות 10 לא הצליחו; מ-7 ניסויים שעסקו בהטרמה רק 1 צלח את המשוכה. חשוב להבדיל בין הקשיים הללו, שחלקם ללא ספק קשורים למורכבות התופעות והדקויות של הניסויים, ובין מקרים של רמייה. גם כאלה היו בתחום, המפורסם שבהם המקרה של דיטריך סטאפל מאוניברסיטת טילבורג שבהולנד, שאף הוא חקר הטרמה (הוא למשל פרסם מאמר שטען שבסביבות מבולגנות אנשים נוטים יותר לסטריאוטיפים). ב 2011 הוא הודח על ידי האוניברסיטה שלו, ולאחר חקירה הוא התפטר ואף החזיר את תואר הדוקטור שלו. בעקבות החקירה הוא נאלץ למשוך יותר מחמישים מאמרים. מקרים מן הסוג הזה מצערים ככל שיהיו מדאיגים פחות כמובן מבעיית הרפליקציה, ואכן חוקרים בתחום ממשיכים לעודד את המגמה הברוכה של שחזור ניסויים על ידי חוקרים בלתי תלויים ולוחצים לכך שעיתונים מדעיים חשובים יפרסמו עבודות כאלה, שכן פרסום כזה הוא תמריץ מרכזי בעבודה המדעית.

על מנת להבין מה כרוך בחזרה על ניסוי צריך להבין כיצד מחליטים האם ניסוי הצליח לבסס את ההשערה אותה בודקים. הניסויים בהם מדובר משווים בין התוצאה (למשל, רמת החומרה שהנבדק מייחס להתנהגות לא מוסרית שמוצגת לו) המתקבלת בקבוצה אחת של נבדקים (למשל אלה שרחצו ידיים) לתוצאה המתקבלת בקבוצת הביקורת (אלה שלא רחצו ידיים). אם, למשל, יש הבדל משמעותי בציון הממוצע שנותנים בכל קבוצה, מסיקים שהגורם הנבדק (רחיצת ידיים) אכן משפיע על התוצאה. אך כיצד ניתן לקבוע האם ההבדל במוצע משמעותי? לשם כך מקובל להשתמש במדד סטטיסטי המכונה P value שמטרתו לכמת את הסיכוי שההבדל שנמצא בפועל יכול להיות תוצאה של מקרה ותו לא. המדד הזה הפך לכמעט פטיש במדע: כדי לפרסם תוצאה צריך $p < 0.05$. אבל יש בעיות לא פשוטות עם מדד זה. בעיה אחת היא שעל ידי בחירה בחלק מהנתונים שנמדדו ניתן לעתים לקבל ערך טוב, גם אם מכלול המדידות שנעשו לא תומכות בהשערה. מובן שבמקרה כזה יקשה על מדענים אחרים לחזור על הניסוי! אך כיצד ניתן לדעת

² ניתן לקרוא את המכתב של קהנמן כאן:

http://www.nature.com/polopoly_fs/7.6716.1349271308!/supinfoFile/Kahneman%20Letter.pdf

האם מדען עשה בחירה מוטת כזאת? מספר חוקרים לקחו לעצמם את המשימה לסקור את הספרות המדעית אחר מאמרים שה p values בהם נראים טובים מכדי להיות אמיתיים. החשדות שהם מעלים נגד חוקרים לא תמיד משכנעים, אבל המודעות לבעיה הולכת וגדלה. בעיה מהותית יותר היא שגם תוצאה מובהקת סטטיסטית יכולה להיות מקרית, והסיכוי לכך גדל ככל שהמדגם קטן יותר או שהאפקט הנבדק קטן יותר. אלה שתי בעיות נפוצות שכן ההתקדמות המדעית מאפשרת לחקור גם אפקטים חלשים, וחלק מהמהחקרים שדורשים ציוד יקר והשקעה ניכרת מהנבדקים נעשים על קבוצות קטנות של נבדקים. קיימת מגמה להוסיף מדד סטטיסטי אחר המכונה power. שימוש במדד זה יכול לאפשר לעתים לקבוע מראש את גודל הקבוצה הדרושה בכדי שתוצאות מובהקות סטטיסטיות יהיו בסבירות גבוהה מספיק תוצאות אמת. עוצמה סטטיסטית נמוכה מעידה על כך שאין משמעות רבה לתוצאה, גם אם היא מובהקת סטטיסטית. איונידיס, שפרסם את המאמר הפרובוקטיבי על כך שהתוצאות המפורסמות בעיתונות המדעית שקריות, פרסם ב 2013 יחד עם שותפים מאמר שטען שהעוצמה הסטטיסטית של מחקרים בחקר המוח היא לכל היותר 30%. במילים אחרות לטענתם רוב המחקרים הללו לא מספקים את הסחורה. המאמר גרר תגובות מעניינות של חוקרים בתחום, שהדגישו בין היתר את הפער בין מסקנות סטטיסטיות ובין הסבר המבוסס גם על תיאוריה והבנה סיבתית של מנגנונים. תשובות שאפשר לחשוש שלא עוזרות למחקרים כמו אלה של הפסיכולוגיה החברתית.

פרסום מדדים סטטיסטיים מעבר ל p value מאפשר לשלב תוצאות של מחקרים נפרדים, שאחרת לא ניתן לשלבם לאחר מעשה לכדי תשובה סטטיסטית אחת. שילוב של אוסף רחב של ניסויים הבודקים את אותה שאלה מכונה meta-analysis והפך לאחד מכלי העבודה החשובים ביותר במדעים.

* * *

לסיום מילה על ספק. ספקנות היא כלי העבודה הבסיסי של המדען. לכאורה כל דבר אמור להיות פתוח באופן עקרוני לביקורת ובדיקה. אלא שאנשים וקבוצות המעוניינים מסיבות שונות להיאבק במדע כדרך להבין את העולם מנצלים לרעה את הרעיון הנפלא הזה. יש לכך שתי שיטות, המקומית והמאורגנת. ברמה המקומית עולה לעתים קרובות הטענה שאנשי מדע צריכים לבוא עם "ראש פתוח" לכל דיון ולהסכים לדון בכל רעיון, מופרך ככל שיהיה מבחינה מדעית, שהרי ספק ופתיחות הם הכרחיים למדע. אבל, כמובן, לא ניתן להתחיל כל דיון בחזרה לכלל הידע המדעי שנצבר לאורך הדורות – זה ייקח יותר מדי זמן, ודורש הכשרה מקצועית. כך המדען מוצא את עצמו נאלץ להתווכח עם עמדות שמנוסחות במסרים קליטים, כאשר הוא מנסה נואשות להסביר על רגל אחת ידע מדעי רב ומסובך. מעטים המדענים שמסוגלים להסביר בצורה קליטה את העובדות שהם מנסים להסביר ורבים בוחרים להימנע מלהשתתף בדיונים כאלה. כך קרה לא מעט בארה"ב כאשר חוקרי אבולוציה נתבקשו להתעמת עם בריאתנים. אך התוצאה כשלא עולים למגרש היא כמובן שהצד השני מנצח.

השיטה המאורגנת של ניצול הספק המדעי כנגד המדע מטרידה הרבה יותר. כאן, גופים מאורגנים מכינים קמפיינים שמטרתם להטיל ספק שנראה לעין לא מקצועית כספק סביר, בכדי להשפיע על מדיניות של ממשלות וציבורים גדולים. דוגמאות לכך הן הקמפיין של חברות הטבק נגד הקשר הסיבתי בין עישון ובין סרטן, וכן המאבק המאורגן נגד הקונסזוס המדעי על שינוי האקלים. הטריק כאן הוא שלא מערערים ישירות על העובדות או ההסברים המדעיים אלא מדגישים שתמיד ייתכנו גם הסברים אחרים או שכדאי לאסוף עוד נתונים, שישנן דיעות נוספות בקהילה המדעית וכד'. לעתים מדובר על רעיונות שאכן קיימים גם בשולי הספרות המדעית, אלא שבמקום לקיים בזירה המדעית את המאבק על צדקתם מעבירים את הדיון לתקשורת, והתוצאה היא לזרוע ספק ואי-ודאות מה שמקשה על מחוקקים לפעול, למשל לקבוע רמות סף לפליטת גזי חממה.

ההסטוריונית של המדע נעמי אורסקס תיעדה באופן קפדני את המהלכים האלה, וספרה "סוחרי הספק" הוא קריאת חובה למי שרוצה להבין את המדע בזירה הציבורית וכיצד גופים שונים מנסים לנצל את המנגנונים של הקהילה המדעית כנגדה. אורסקס מדגישה בספרה את החשיבות שיש להסתמכות על מסקנות מדעיות שמתפרסמות בעיתונות המדעית כפתרון לנסיגות נואלים כאלה. מאמרים מדעיים עוברים תהליך של שיפוט על ידי עמיתים, כלומר נבחנים לעומקם על ידי חוקרים המצויים בתחום העיסוק של המאמר. מודל זה עומד בבסיס המחקר האקדמי, וחוקרים נשפטים לצורכי קידום וכדומה במידה רבה על סמך המאמרים שעברו שיפוט שהם פרסמו. אך כפי שמלמדים המאמרים אותם נאלצים חוקרים למשוך, מנגנון זה לא מהווה מחסום בלתי חדיר. בשנים האחרונות חלו שינויים לא פשוטים בתחום זה, חלקם בעקבות כניסתם לשוק של עיתונים מדעיים חדשים הדוגלים בפרסום המאמרים לכל דורש, ובחינם, באינטרנט. יש הסבורים שמודל עסקי חדש זה יכול לגרום לזלזול בתהליך החשוב כל כך של שיפוט מאמרים. המאמר של ג'ון בוהנון מהעיתון המדעי Science עוסק בשאלה זו, ומשקף את העמדה של העיתונות המדעית המסורתית. במקביל, הוצעו בשנים האחרונות מגוון מודלים חדשניים של שיפוט מאמרים, למשל פרסום פומבי של דוחות השיפוט שבדרך כלל נשארים חסויים. בסופו של דבר, עדיין ברור שהדרך היחידה להבטיח ביקורת בעלת ערך על עבודה מדעית היא ביקורת על ידי חוקרים מאותו התחום, גם אם אפשר לשפר את הצורה בה התהליך הזה מתבצע, על מנת למנוע מצבים של ניגוד עניינים, שיפוט המונע מאינטרסים של תחרות בין חוקרים וכדומה. זאת כמובן למעט אותם מקרים של זיוף נתונים בקנה מידה גדול או מרמה מאורגן של חוקר או עיתונים מדעיים, ששיפוט על ידי עמיתים לא מספיק בכדי לגלותם. אולי מוטב לתאר מקרים אלה כחיקוי-מדע ולא כמדע אמיתי: חיקוי של המוסדות המדעיים ושל פרסום מדעי ללא כל כוונה לעשות מדע. דוגמה משעשעת היא של חוקר צמחים מדרום קוריאה שגילה פירצה בתהליך שיפוט המאמרים בהרבה עיתונים. מחברי המאמרים יכולים להציע שמות של חוקרים אליהם אפשר לשלוח את המאמר לשיפוט. החוקר המדובר הציע חוקרים שונים, חלקם עם שמות של חוקרים אמיתיים, אך בתור כתובת דוא"ל הוא נתן כתובת שהגיעה ישירות אליו. מובן ששעות ספורות לאחר שהגיעה אליו פניה לשפוט את המאמרים הוא שלח חזרה המלצה לפרסם אותם. הוא הצליח בדרך זו לפרסם

כשלושים מאמרים בכתבי עת מדעיים מבלי לעבור שיפוט אמיתי. חיקוי-מדע מציג חזות של מדע ותו לא. מטרתו היא להשיג כסף, מעמד, וכדומה, שהחברה שלנו מעניקה לאנשי מדע ומוסדות מדעיים. בכך הוא שונה מסוג אחר של פעילויות, שכמותו עוקפות את המגרש המדעי כדוגמת אסטרולוגיה או בריאתנות, שמוקבל לכנותן **פסאודו-מדע**. במקרים מסוג זה ישנם רעיונות או תוכן שמתיימרים להיות מדעיים או שקולים במעמדם לידע מדעי, אך חסידי הרעיונות הללו לא מנסים לשחק במגרש המדעי וממשיכים לטפחם בערוצים מקבילים גם אחרי שנדחו על ידי הקהילה המדעית כשגויים.

הניסיון לתת קווי תיחום חדים בין מדע לשאינו מדע כונה על ידי פילוסוף המדע היהודי-אוסטרי קרל פופר **בעיית הדמרקציה**. פופר טען שההבדל בין תיאוריה מדעית לשאינה כזו הוא שתיאוריות מדעיות ניתנות להפרכה. במילים אחרות, תיאוריה מדעית מאפשרת לתת ניבויים, וכאשר ניבויים אלה אינם מתממשים התיאוריה מופרכת. המקרה המובהק ביותר למהלך כזה הוא כאשר ניסוי נותן תוצאה שונה מהתוצאה שניבאה התיאוריה. לפי פופר, תיאוריות שלא ניתן להפריך אותן אינן מדעיות. הדוגמאות שהוא חשב עליהן היו הפסיכואנליזה הפרוידיאנית ומדע ההיסטוריה המרקסיסטי. שם, לדעתו, כל מקרה של סטייה מהניבוי של התיאוריה הוצדק בדיעבד בתירוצים מתירוצים שונים, וכך התיאוריות אינן נדחות לעולם. פילוסופים של המדע סבורים היום שעקרון ההפרכה לא יכול לעשות את העבודה שפופר קיווה שיעשה. הוא למשל לא יכול להתמודד עם אותם מצבים שאמורים להיות נדירים מאוד לפי התיאוריה, אך בכל זאת הם אפשריים, ויש לכך דוגמאות רבות במדע. דוגמה יום יומית פשוטה היא הטלת מטבע. אם המטבע הוגן הסיכוי לכל תוצאה הוא חצי-חצי. מכאן הסיכוי שברצף של מאה הטלות נקבל רק "עץ" הוא מאוד נמוך. בפועל אם זה יקרה נחשוד שהמטבע אינו הוגן. אבל היות שהתוצאה אינה בלתי-אפשרית הרי שלא הפרכנו את הטענה שהמטבע הוגן. בעיה עקרונית יותר היא שכאשר ניבוי לא מתקיים ניתן לחשוד באוסף גדול מאוד של הנחות שכרוכות בכל ניבוי, וקריטריון ההפרכה לא עוזר לנו לדעת את מי צריך להאשים. באופן רחב יותר, במידה שעקרון ההפרכה אינו מספק אבחנה חד משמעית בין טענות ניתנות להפרכה וכאלה שאינן ניתנות להפרכה - שכן לא ברור מתי ניתן לקבוע שטענה הופרכה - הרי שלא ניתן לעשות דמרקציה בעזרתו. פילוסופים של המדע נוטים לראות כנאיבי את השימוש שעושים לעתים מדענים וחובבי מדע בעקרון ההפרכה ככלי לפסילה של רעיונות לא מדעיים. אך למרות שאין בנמצא קריטריון פשוט אחר לדמרקציה, אין צורך להסיק מכך שאין הבדל בין מדע לשאינו מדע, ופופר ודאי צדק כאשר אמר שמדע טוב הוא מדע נועז המנסה "להתחכך" במציאות בכדי לבדוק את נכונותו. מכל מקום, פסאודו-מדע וחיקו-מדע אינם במוקד העניין בגיליון זה. אנו מעוניינים להטיל אור על מקרים שהם במובהק במגרש המדעי, אך אינם עומדים בסטנדרטים או באידאלים המדעיים, בין אם בכוונה ובין אם לאו.

פתרונות אפשריים

ובחזרה לאיונידיס. המאמר שפרסם החוקר מסטנפורד ב 2005, Why Most Published

Research Findings are False, כבר הפך למאמר קלאסי ומעל מליון פעמים נגשו למאמר ברשת.³ הוא ואחרים שהזכרנו, בהם חושפי הזיופים, בלשי ה p value, ונביאי הרפלקיזיה, הפכו את הדיון במתודולוגיה מדעית מנושא עלום לנושא סקסי שהדיון עליו סוער ומסעיר. הבעיות שאנו עוסקים בהן בגליון הזה אינן המצאה של מבקרי מדע, הן מגיעות מתחושות ומחשבות של מדענים מהשורה הראשונה. שיח ער מתקיים לגבי השאלה איך להתמודד עם הקשיים השונים, ולגבי העלות והתועלת של פתרונות שונים. ובאופן שהוא במידה רבה חסר תקדים הדיונים הללו נגישים לכל, בטוויטר, בלוגים, ועיתונים מדעיים הזמינים ברשת.

הדמוקרטיזציה של הידע המדעי מתאפשרת תודות למספר גורמים: חלקים גדולים באוכלוסיה במערב הם בעלי ידע מדעי בסיסי המאפשר להם לצרוך חדשות מדעיות; האינטרנט מאפשר גישה לידע רב ולמרות המגבלות הברורות גם מאפשר לסנן באופן סביר את התכנים; שיחות בין מדענים שפעם היו מתרחשות בקמפוסים וכנסים מתרחשות היום בטוויטר ובלוגים, כך שכל מי שמתעניין יכול להאזין ואפילו להצטרף לשיחה; הזמן הפנוי של רבים בעולם המפותח מאפשר להם להשתתף ואף להפוך למומחים של ממש; ארגוני מגזר שלישי החלו להיות מעורבים בעשייה מדעית. ריבוי הקולות והמידע הוא ברכה וקללה. הוא מעלה את הטמפרטורה ולפעמים מקשה על שיחה שלוה בין אנשים החולקים תפיסת עולם, וגורם לניפוח מחלוקות ועירוב שיקולים פוליטיים ונוספים. מצד שני הוא מאפשר לחשוף הנחות לא מבוססות, להציף שאלות, ולגייס חוקרים. למרבה הצער התוצר המדעי המרכזי, כלומר מאמרים מדעיים המפרטים תוצאות של ניסויים ודנים בשאלות מדעיות עדיין בדרך כלל לא זמינים לציבור הרחב משום שרוב העתונים המדעיים החשובים דורשים מינוי יקר. כדי לקרוא אותם צריך להיות מסונפים לאוניברסיטה שרכשה מינוי. מדענים רבים סבורים שהמודל העיסקי של העתונים הללו צריך לעבור מן העולם ושהוא פוגע בעבודה המדעית, ולא פחות מכך בערך המרכזי של הוספה לידע של האנושות כולה. האלטרנטיבה שרבים קוראים לה היא עיתוני גישה חופשית, שבהם כל המאמרים זמינים לקריאה חינם ברשת.

האם הבעיות שהצגנו נוגעות ביומרה הבסיסית של המדע לספק לנו ידע אמין ומבוסס על העולם או שמא הן לכל היותר בעיות בניהול, מימון, וארגון המדע, בעיות שניתן לפותרן בקלות יחסית? האם הבעיות הללו חדשות, או האם פשוט יש עליה במודעות הציבורית להן? כפי שראינו, הזעזועים במדע הם רב מימדיים ונוגעים גם להיבטים חברתיים מובהקים כגון צורות מימון, רגולציה ותהליכי הכשרה של מדענים וגם להיבטים מתודולוגיים הקשורים לאיכות הידע המדעי עצמו. אין הרבה ספק שהפעילות המדעית תתנהל ב 2025 אחרת מאשר היום. מכאן רחוקה הדרך מלומר שהידע המדעי כמכלול אינו אמין או שהמדע הגיע לסוף הדרך. להיפך, הידע המדעי עדיין נראה כידע האמין ביותר בנמצא, ומה שיותר מכך, ידע שאמינותו היא בעצמה שאלה ואתגר בלתי פוסק בשביל המדע עצמו. היות שהמדע הוא מנגנון חברתי לחיפוש אחר תשובות, השינויים

³ כאן תוכלו למצוא שיחה איתו לרגל המאורע:

החברתיים והאתגרים המתודולוגיים אינם מנותקים אלה מאלה. המאבקים הציבוריים ממש והחצי ציבוריים הנעשים במאמרים פולמוסיים בכתבי עת מדעיים משקפים דבקות באתוס המדעי הקלאסי ובערכים המוצהרים של הקהילה המדעית, בראש ובראשונה ביקורת מתמדת, וספק מאורגן. השאלה החשובה באמת אינה האם התוצאות במאמר זה או אחר אמיתיות, אלא האם המדע יודע לסנן לבסוף את הבר מן התבן. מאידך, השינויים בסביבה החברתית שבה פועל המדע, שלא מעטים מהם נובעים מהאינטרנט והנגישות שהרשת מאפשרת למידע, משנים את הצורה שבה התהליכים האלה קורים. תהליכים רבים במדע משקפים תפיסה של קבוצה קטנה של גינטלמנים המכירים זה את זה ומהווים קבוצת ההתייחסות אחד של השני – כמו שהיה בימי הקמת החברה המלכותית הבריטית במאה ה-17. זו הסיבה שזיופים למשל נתפסים כמשהו שהוא בראש ובראשונה משהו לא צפוי, ומעילה באמון, ולא משהו שיש לצפות לו ולהתכונן אליו כאשר לוקחים בחשבון את היקף הפעילות המדעית והתמריצים שיש בה.

השינויים והאתגרים גדולים, ואי אפשר לדעת מהיכן תגיע פריצת הדרך הבאה בשאלות הרבות שנראה שהמדע חותר לתשובות להן: הבנת המוח ומודעות, מציאת פתרונות למחלות סרטן, הבנת הקשר בין גנים וסביבה, הזדקנות ועוד. אם הייתי צריך להמר, אני הייתי שם את כספי על כך שפריצות הדרך יגיעו ממדע קטן, חשיבה תיאורטית, והבנה סיבתית.

הדמוקרטיזציה של הידע בכלל, והידע המדעי בפרט, היא מצוינת. חשיפתם של אי-סדרים מתודולוגיים, זיופים, והטיות, מעבר לחשיבותם הישירה מהווה בית ספר לאיך ספק מאורגן וביקורת מתמדת עובדים. אין צורך להסתיר בעיות אלה תחת אבחנות פשטניות בין מדע לפסאודו-מדע, וצריך ללמוד איך לא להתדרדר מביקורת תכליתית לשימוש בספק כקרדום לחפור בו על ידי תועמלנים. כדי שכך יקרה הכרחי שהשכלה מדעית וסטטיסטית תהיה נחלת הכלל ולא רק נחלתם של אנשי מדע. אנו מקווים שהסיפורים שמוצגים בגליון זה יתרמו לכך.

אתרי אינטרנט לקריאה נוספת:

Future of Research <http://futureofresearch.org/>

Guide to open science publishing

http://f1000.com/resources/F1000R_Guide_OpenScience.pdf

White House BRAIN initiative <http://www.whitehouse.gov/share/brain-initiative>

Precision Medicine Initiative <http://www.nih.gov/precisionmedicine/>

Retraction Watch <http://retractionwatch.com/>

Data Colada blog <http://datacolada.org/>

United States Office of Research Integrity <http://ori.hhs.gov/>

Cochrane Collaboration <http://www.cochrane.org/>

Clinicaltrials.gov

All Trials <http://www.alltrials.net/>

מקורות לקריאה נוספת

Ioannidis, John P. A. "Why Most Published Research Findings Are False." *PLoS Med* 2, no. 8 (August 30, 2005): e124. doi:10.1371/journal.pmed.0020124. (<http://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.0020124>)

Goldacre, Ben. *Bad Pharma: How Drug Companies Mislead Doctors and Harm Patients*. New York: Faber & Faber, 2013.

Oreskes, Naomi, and Erik M. Conway. *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming*. Bloomsbury Press, 2011.

Pigliucci, Massimo. *Nonsense on Stilts: How to Tell Science from Bunk*. University Of Chicago Press, 2010.