

## הפודקאסט: מסע הקסם המדעי, מבית מכון ויצמן למדע

### עכשיו ברעש

#### יבשם עזגד עם פרופ' יואל סטבנס והאומנית כרמי דרור

יבשם עזגד: מה הקשר בין מדע לאומנות? מה דומה ומה שונה בין מדען לאומן? האם הם באים מאותו מקום? מה הם מחפשים? לאן הם רוצים להגיע? אני יבשם עזגד ואם מאזינים לפודקאסט "מסע הקסם המדעי" המביא חדשות מדע ותרבות בשפה ידידותית מחזית המחקר והיצירה במכון ויצמן למדע.

רעש הוא בדרך כלל אות לא רצוי שמתחרה באות המידע הרצוי. אפשר לחשוב על שני אנשים שמנסים לדבר, להעביר מידע זה לזה, בתחנת רכבת סואנת. רעש הרקע מקשה עליהם לעשות זאת, אולי אפילו מסכל את התקשורת. מדובר במאבק מתמיד שמתחולל בסביבתנו הטבעית ובמערכות טכנולוגיות שונות. פעם גובר המידע הרצוי, פעם הרעש. רעש מחולל לעיתים רחש או זמזום במערכת שמע, שלג על מסכי המכ"ם ומעיין שברים מהירים ודינאמיים במצלמה דיגיטאלית. שטף המידע שמסתער עלינו ללא הרף מלווה באותות רעש שלא אחת מפריעים לנו להתרכז ולחשוב ביעילות. אבל האם הרעש הוא בהכרח רע? בהכרח מכשול? בהכרח רקע לנושא האמיתי שמעניין אותנו וחשוב לנו? על כך נשוחח היום בפרק נוסף על הקשרים בין מדע לאומנות בפודקאסט "מסע הקסם המדעי". אני יבשם עזגד וסביב השולחן שלנו אנו מארחים הפעם את פרופ' יואל סטבנס מהמחלקה לפיזיקה של מערכות מורכבות במכון ויצמן למדע, שהוא מהחלוצים במחקר הפיזיקלי של מערכות ביולוגיות, ואת האומנית הישראלית הצעירה המבטיחה והמקיימת, כרמי דרור. שלום לשניכם.

פרופ' סטבנס: שלום שלום.

כרמי דרור: שלום.

יבשם עזגד: לפני הכל אולי נפתח בכמה שורות מהשיר "עכשיו ברעש" של יהודה עמיחי. "עכשיו ברעש לפני הדממה/ אני יכול להגיד לך את הדברים אשר בדממה לפני הרעש לא אמרתי/ כי היו שומעים אותנו ומגלים את המחבוא". כרמי, אולי

נתחיל איתך. בתצלום שלך הקרוי sungazing רואים אדם היושב על ספסל, פניו אל השמש, וחלקים ניכרים מהתמונה כאילו מפורקים ונעלמים וחסרים לנו. אולי תספרי לנו כיצד נוצר התצלום הזה ומה בעצם הוא אומר לנו.

כרמי דרור :

העבודה בעצם נוצרה בטכניקת פוטו-גיאומטריה, שהיא בעצם בונה מודל תלת מימדי ממספר רב מאוד של תמונות, סטילס. אז בעצם הבחור הנחמד הזה ישב לו להנאתו, ניסה להשתזף כמה שיותר מהשמש בחורף. ואני הסתובבתי סביבו עם המצלמה שלי וצילמתי אותו ממש מכל זווית אפשרית. הסתובבתי סביבו 360 ובעצם נוצרו המון המון תמונות. משהו כמו 70. ואת כל התמונות האלה הזנתי לתכנת מחשב ספציפית שבונה מכל התמונות האלה מודל תלת מימדי. עכשיו, אפשר להקביל את הטכניקה הזאת לצילום בחשיפה ארוכה. בעצם עבר המון זמן עד שצילמתי את כל הדמות מהתחלה עד הסוף, אז מה שקורה זה שבגלל שהיתה שמש חזקה מאוד והיא סנוורה חלקים מסוימים ברצפה, אז יצא שהמון אינפורמציה לא נקלטה כי בעצם היא משתנה מתמונה לתמונה. אז בעצם בסוף נוצר מודל שאני בסופו של דבר הצגתי כדימוי סטילס עם המון חורים בתוך הדימוי שנוצרו עקב כך שהתוכנה לא ידעה לפרש את האינפורמציה בעצם.

את העומס העצום של האינפורמציה.

יבשם עזגד :

העומס העצום, ובמקרה בדימוי הספציפי הזה זה נוצר מהסתנוורות של השמש. זאת אומרת זה נוצר מהסירפון הזה של קרני האור, ולכן גם קראתי לעבודה sungazing. כל הניסיון הזה להסתכל על השמש הוא בסופו של דבר מעורר, בהתחלה הוא מסנוור ואז הוא מעורר וגורם לעין לראות מטושטש ולא לראות, כאילו ממש לראות כתמים ולא לראות את התמונה המלאה.

יבשם עזגד :

כלומר, במקרה הזה הרעש, הכמות העצומה של המידע ואי ההתאמה בין פרטים שונים בתוך זרם המידע, גרם למעשה לחוסרים, להתפרקות. אנחנו ראינו שהתמונה לא שלימה, בעצם אנחנו רואים שהיא כמעט זורקת את עצמה חלקים ממנה החוצה. מצד שני, פרופ' סטבנס, במחקר שלך הראית שהתפתחות של תבניות ביולוגיות ולו הפשוטות ביותר, מחייבות מעט רעש. זאת אומרת, במקרה הזה הרעש הוא לא הורס אלא בונה.

פרופ' סטבנס :

זה נכון. יש אמנם הבדל בין מה שכאן למדע. שם מדובר ברעש חיצוני. וכשדיברנו על הרעש בקונטקסט של מערכות ביולוגיות, אני מדבר על רעש אינטרינזי, רעש שקיים בתוך המערכת ולא רעש חיצוני כמו שינויים במזג האוויר, בטמפרטורה וכולי. כאן מדובר על רעש שנובע מיצירה והרס של מולקולות ביולוגיות, רעש שמתרחש כל הזמן והוא אינהרנטי לתהליכי חיים, תהליכים מולקולאריים שמאחורי כל תהליך חי. אז זה רעש אינטרינזי במקום להיות רעש חיצוני. המקור של הרעש הזה אפשר למצוא אותו כבר במאה העשרים, או במאה ה-19. היה בוטניסט אחד חשוב שקראו לו רוברט בלאום ומה שהוא ראה בתצפיות שלו זה שכשמסתכלים על גרגירים של אבקן בתוך נוזל, הגרגירים שהם לא חיים, זזים כל הזמן. זה דומה לניסוי פשוט שבו אנחנו לוקחים נניח טיפה של דיו או חלב ושמים אותו בעדינות בעדינות בתוך כוס מים. מה אנחנו מצפים לראות אחרי אולי כמה שניות? הטיפה, החלב לא מתפזר. אבל האינטואיציה שלנו אומרת שאם אנחנו מחכים מספיק זמן, נניח יום או יומיים, הדיו או החלב יתפזרו. האם עצרנו מתישהו לחשוב מה מפזר את הדיו או את החלב? מה שמפזר אותם זה מנגנון שנקרא תנועה בראונית ואלברט איינשטיין באחד מהמאמרים הפנטסטיים שלו ב-1905 הראה שהפיזור הזה, הדיפוזיה, התנועה הדיפוזיבית הזאת נובעת מכך שכשמדובר בחלקיקים מאוד מאוד קטנים יש התנגשויות עם מולקולות המים שהן לא אחידות בכל רגע ורגע, וזה כשמדובר בחלקיק קטן כמו חלקיק של אבקן, אז זה מזיז את החלקיק והוא הדין לגבי מולקולות של דיו וחלב. ולכן אם אנחנו מחכים מספיק זמן, כל החלקיקים יתפזרו בכל המיכל שלנו. זה היום נראה לנו ניסוי טריוויאלי אבל ב-1905 זה היה מהפכני. והתצפיות של איינשטיין, החישובים שלו שהוא ניבא איך החלקיקים יזוזו, היווה ההוכחה הישירה הראשונה של האופי המולקולארי של החומר בטבע. היה פיזיקאי אחר בשם פרן בצרפת, מדד ואישש את התצפיות של איינשטיין והוא בעקבות התצפיות האלו הוא קיבל פרס נובל.

יבשם עזגד :

כלומר, מי שחוקר רעש, סופו להצלחה כזו או אחרת בשלב מסוים. בוא נתקדם מעט יואל מעולם החומר והתנועה הבראונית לעולם של התאים החיים ונדבר מעט על תפקיד הראש בתהליכים שקורים בתאים חיים.

פרופ' סטבנס :

אוקי. אז תאים הם יצורים מאד מאד קטנים. מדובר על למשל בחיידקים מדובר על גדלים כמו אלפית של מילימטר. זה הגודל הטיפוסי של חיידק, אוקי? גודל טיפוסי של חיידק לא יכול להכיל הרבה עותקים של מולקולה נתונה ולכן אנחנו מדברים על מערכות שיש מספר קטן של מולקולות מכל סוג. ולכן כשתא מתחלק לשניים כמו שקורה בעולם של החיידקים, אז החלוקה לא חייבת להיות שווה. אז רק מתוך חלוקה נוצרים הבדלים שיכולים להיות משמעותיים. אני אתן לכם דוגמא פשוטה, נניח שיש בתוך חיידק 6 עותקים של מולקולה נתונה. החיידק מתחלק לשניים והיינו חושבים שאולי כל תא בת יקבל 3 ו-3 חלקיקים, אבל זה לא בהכרח נכון.

אין צדק חלוקתי.

יבשם עזגד :

פרופ' סטבנס :

אין צדק. יכול להיות שתא אחד יקבל 4 והשני שניים. זה מאד סביר. ואז יש לנו כבר הבדל של כפליים. אז ככה מתפתחים הבדלים. בנוסף לכך, התהליכים המולקולאריים, בגלל התנועה הבראזית שעליה דיברתי קודם, גורמים לכך שהתאים יחוו את מה שקורה סביבם ולא יגיבו באותה מידה, ולכן הביטוי הגנטי של כל תא יכול להשתנות מרגע לרגע ובין תא לתא. לכן מתפתחים הבדלים מאד מאד משמעותיים בתאים שלמעשה באים מאותו תא אם, יש להם אותה אינפורמציה גנטית, אבל ההתנהגות שלהם היא שונה. וזה הרעש שעליו אנחנו מדברים בהשוואה לרעש החיצוני שעליו דיברה כרמי.

והרעש הזה, האם הוא גזירת גורל?

יבשם עזגד :

כן.

פרופ' סטבנס :

יש לו תפקיד בטבע?

יבשם עזגד :

פרופ' סטבנס :

בוודאי שכן. כי נניח שאנחנו חושבים על ייצור רב תאי. ייצור רב תאי מתישהו בשביל שהיתרונות שיש בייצור רב תאי תתבטאנה, אז אנחנו יודעים שלמשל בגוף שלנו יש לנו כמה איברים : לב, מוח, כבד. לכל התאים האלה יש אותו גנום, אבל כל אחד התמיין לתפקיד אחר. זאת אומרת יש חלוקת תפקידים. אותו דבר קורה בתבניות ביולוגיות. כשתא צריך להחליט לאן הוא יתמיין, ושוב פעם בקונטקסט שלנו מאד חשוב לנו שבראש שלנו יהיו נוירונים במוח ולא תאי כבד, נכון? אז איך תא צריך להחליט כשבפניו הוא כל כך רעשני? רעש שאולי יכול להטות את ההחלטה של ההתמיינות לכיוון אחד ולא לכיוון שני. אז הרעש יכול

להיות מאד, ההשפעה של הרעש יכולה להיות מאד חשובה. בעבר חשבו שהרעש הזה צריך לעבור פילטר בשביל שהוא לא ישפיע לרעה. היום אנחנו בגלל תצפיות שלנו אנחנו יכולים לדעת שלרעש יש גם השפעות חיוביות ואני אפרט אחר כך. כרמי, אולי נחזור אליך לעניין הרעש החיצוני ואולי אחר כך נחשוב האם במובן של היחס בין הרעש לאות שהוא לא רעש, האם יש הבדל בין תהליכים שמתחוללים בפנים או בחוץ או שהקשר בין רעש לאות רצוי הוא אוניברסאלי. אבל בינתיים אולי תספרי לנו על סדרת תצלומים אחרת שלך שאת קראת לה characters שגם בה מתבטא הרעש, שוב הרעש של השמש בצורה מאד מפתיעה. כן. הפעם זה לא רעש של שמש. הפעם מדובר באור פלורסנט. בעצם זאת אחת הסדרות היותר אנלוגיות מבחינתי. אני הרבה יותר עוסקת בעבודות דיגיטאליות ותלויות תוכנות מחשב ושפות בינאריות, ודווקא זה ממש החזיר אותי לצילום צילום, כי בעצם מה שצילמתי זה מים בתנועה שהיו מוארים עם אור פלורסנט. ובעצם בזמן שהמים בתנועה כל הזמן אנחנו תמיד רואים שיש כאלה כמו קשקושים כאלה. זה בעצם הריפלקשן של האור, ואני לקחתי את המצלמה וצילמתי בחשיפה מאד מאד קצרה. ובעצם הקפאתי את הרישומים האלה שלא חוזרים על עצמם. הם בעצם כל הזמן משתנים. זה התחיל כי בישלתי שעועית אבל זה המשיך לכל מיני בישולים אחרים. פשוט כל פעם הרתחתי את המים וצילמתי את הדימויים האלה ואז לקחתי את התמונות, הפרדתי את כל ה, אני קוראת להם "רישומי אור", את כל הרישומי אור הפרדתי אותם וקטלגתי אותם כמו אותיות כמו-

יבשם עזגד :

כרמי דרור :

.characters

יבשם עזגד :

כן, characters, תווים. ובעצם המטרה היתה ליצור איזושהו קטלוג של characters שהוא אינסופי. אני עדיין ממשיכה לעשות את זה, באיזושהי מטרה ליצור שפה שהיא, לא יודעת אם לקרוא לזה אוניברסאלית, אבל היא מאד אבסטרקטית, היא מאד מחוברת לסובייקט. זאת אומרת, כל אחד רואה משהו אחר. זה מאד מאד אבסטרקטי. אבל כן באיזושהי גישה אל שפה ואל קריאה. זאת אומרת, אנשים ניגשים לזה, בהתחלה הם חושבים "אולי זה אות".

כרמי דרור :

יבשם עזגד : מנסים לקרוא, מנסים להבין. אני עמדתי מול סדרה של characters כאלה והייתי בטוח שמהו כתוב שם באיזושהי שפה אקזוטית שאני לא מכיר. אבל לקח לי זמן להבין שזה בעצם לא באמת נושא מידע מוגדר.

כרמי דרור : אבל יש, אבל מה שמעניין אותי לפחות זה שככל שאני אוספת יותר ויותר רישומים כאלה, אני מגלה כל מיני צורות. אני מגלה מי ו-פי ו-ש' ו-A בלטינית. בעצם כל הצורות שאנחנו מתקשרים איתם כשפה הם בעצם בסופו של דבר גם מגיעים מהמקום הלא צפוי הזה והלא מתוכנן הזה. וגם כל ה, מבחינת רעש, כל הבעצם characters האלה עשויים מהלבן הבוהק השרוף של הדימוי. אז זה בעצם עוד פעם מחזיר אותנו לחוסר מידע. דווקא כל מה שנקרא, הדימוי הסופי הוא בעצם-

יבשם עזגד : החור בתוך המידע.  
כרמי דרור : הוא בעצם כן, הוא בעצם שילוב של משהו שהתקיים בעולם הפיזי באותו הרגע, פלוס משהו שדווקא החסיר מידע.

יבשם עזגד : מינוס, לא פלוס.  
כרמי דרור : פלוס מינוס, פלוס זה. ובעצם בשבילי זה החיבור לרעש הפנימי. זאת אומרת להיגיון. זה בסופו של דבר, כל הדימויים האבסטרקטיים זה משהו שאני ואתה נקרא אותם שונים. אתה זה יזכיר לך משהו כי אתה בנוי ככה ויש לך את ההיסטוריה שלך, ואני שונה. אז מהמקום הזה זה מסע פנימי. זאת קריאה פנימית, זאת שפה פנימית.

יבשם עזגד : סובייקטיבית מאוד, כן. אבל נדמה לי שמה שמשותף לשניכם זה עניין בהתפתחויות ואבולוציה. אז אולי יואל, בוא תספר לנו איך אתה רואה, איך המחקרים האחרונים שלך הובילו לממצאים מאוד מפתיעים על תפקיד הרעש באבולוציה.

פרופ' סטבנס : בעבר, לפני כמה עשרות שנים במאה ה-20, התחום של התפתחות במחקר הביולוגי תפס תנופה גדולה, בעיקר תנופה אינטלקטואלית. אנשים, מדענים חיפשו להסביר איך נוצרות תבניות ביולוגיות, לא רק בכחוליות כמו אלה שאני חקרתי אלא בדגים, בבני אדם.

יבשם עזגד : איך נוצרת כף היד של תינוק.  
פרופ' סטבנס : בדיוק.

יבשם עזגד :

איך נוצרים הפסים של הזברה.

פרופ' סטבנס :

בדיוק. אלה השאלות ששאלו. ואחד המדענים שהציעו רעיונות, רעיון מאד מאד חשוב, מושג חדש לגמרי היה המדען הבריטי אלן טורינג שנחשב היום אחד מהאבות של תורת המחשבים ואלן טורינג חשב באופן מופשט על איך הוא יכול ליצור תבנית שהיא לא הומוגנית, לא אחידה במרחב. ולכן הוא חשב על מערכת מינימאלית שמורכבת משני חומרים. מחומר אחד אי אפשר לבנות תבנית. והוא חשב על שני חומרים שיכולים להתנועע או לעבור דיפוזיה במרחב ועל ידי אנליזה מתמטית מאד מאד יחסית פשוטה, הוא הגיע למסקנות מרחיקות לכת והוא ראה שבתנאים מסוימים המערכת הזאת של שני חומרים שיכולים לעבור כל אחד דיפוזיה, יכולה ליצור תבניות. אבל התנאים שלו ליצירת תבנית הם תנאים מאד מאד מגבילים. וזה גרם לכך שלא תהיה שום תצפית שניתן לייחס לתמונה המופשטת שלו עד אחרי אולי 40-50 שנה אחרי מותו. אלן טורינג גם כן מאד חשוב להיסטוריה של העולם המודרני משום שהוא זה שפיצח את הקוד אניגמה שאפשר את הניצחון של-

בעלות הברית.

יבשם עזגד :

פרופ' סטבנס :

בעלות הברית במלחמת העולם השנייה. אז התנאים של טורינג ליצירת תבניות הם תנאים מאד מאד מגבילים ואיכשהו זה התנגש עם העובדה שבטבע תבניות נוצרות בלי תנאים מגבילים. אנחנו נולדים גם כן בנוורבגיה, אצל אסקימוסים אבל גם כן בקו המשווה, בכל מיני תנאים שונים. ויש בני אדם בכל מקום. אז ברור שיצירת תבניות לא יכולה להיות תלויה בקביעת פרמטרים כל כך מדויקת. אז ברור שבתמונה של טורינג חסר משהו. בשנים האחרונות בגלל התפתחות של טכניקות חדשות והסתכלות חדשה, מדענים ראו שהמערכות ברמה התאית הן מאד מאד רעשניות ולאט לאט העובדה שהרעש קיים נכנסה לתודעה של המדענים והיה ברור שיצירת שונות אולי יכולה לזרוע תנאים מסוימים שמתוכם התבניות תיווצרנה. וזה הוכח מתמטית.

שהרעש מעצם היותו שונה בכל זמן הוא אחד מהגורמים שיוצרים שונות.

יבשם עזגד :

יוצר שונות וכל הזמן מוציא את המערכת מאחידות.

פרופ' סטבנס :

בעצם כל הזמן, בכל רגע נתון הכל משתנה, הכל מתפתח ומתפתח ו, לא?

כרמי דרור :

יבשם עזגד :

לא הייתי אומר שבכל רגע נתון אבל זה נכון. תראה, אם אתה יורד עמוק עמוק

עמוק, אתה חוזר לתנועה הבראונית, כל דבר הוא כל הזמן זו.

פרופ' סטבנס :

משתנה, כן. לא, אבל stative state לעומת שיווי משקל, אני אתן דוגמא פשוטה.

נניח שאנחנו לוקחים כוס מים, מחממים אותו עד שהמים רותחים. אז אני

מספק כל הזמן אנרגיה כי המים רותחים. אבל זה לא שיווי משקל. המים

רותחים כל הזמן וזה ה-stative state שלהם אבל המים הם לא בשיווי משקל.

אוקי?

יבשם עזגד :

כן, נכון. זו דוגמא מצוינת.

פרופ' סטבנס :

הבחנה חשובה. אז לאחרונה התפתחו בשנים האחרונות טכניקות מתמטיות

ופיזיקאליות שמאפשרות לאמוד ולהכניס את הרעש כמרכיב חשוב במשוואות

ולאמוד את ההשפעה שלו ליצירת תבניות. ובכל מיני קונטקסטים החל

מהקונטקסט התאי לקונטקסט האקולוגי, שגם באקולוגיה יש לנו תבניות. אז

הראו מדענים לאחרונה הראו שהרעש יכול בגלל האי שקט שהוא גורם לו,

לגרום לכך שתבניות זמניות תיווצרנה והרעש כל הזמן משרה את היצירה של

תבניות זמניות ותהליכים מאוחרים יותר יכולים לקבע את התבניות האלה

ולתת לנו, וליצור תבניות בלי שהתנאים יהיו כל כך מגבילים. בתחום הרבה

יותר רחב של פרמטרים מאשר המודל שטורינג ניבא. המערכת יוצאת

מאחידות, מהומוגניות מרחבית, או יכולה להיות גם כן הומוגניות בזמן. יכולה

ליצור יצירה של תבניות בזמן, כגון תנודות במערכת שהיתה רוצה להיות

קבועה. זה מתבטא גם בזמן וגם במרחב. את זה אנחנו יודעים היום. ועצם

העובדה שנוצרות תבניות כשאנחנו כל הזמן יוצאים מאחידות, תהליכים

מאוחרים יותר יכולים לקבע את התבניות האלה וחשוב לציין, התבניות

שנוצרות בגלל הרעש יכולות להיווצר בתנאים שהם לא התנאים שטורינג ניבא

ולכן אנחנו יכולים לקבל תבניות בתנאים הרבה יותר כלליים ולא מוגבלים כמו

שטורינג חשב.

כרמי דרור :

אבל מה זה אומר לקבע? כאילו זה מרגיש שכל הזמן הכל בתנועה. זאת אומרת,

בגלל הרעש ובגלל שהכל קשור להכל, כל הזמן יש התפתחויות. אז מה זה אומר

לקבע?



פרופ' סטבנס : לקבע זה שיש תהליכים גנטיים, פיזיולוגיים אחרים שלא נלקחים בחשבון במודלים הפשוטים. הרי אנחנו כמדענים רק מסוגלים לטפל במודלים מאד מאד פשוטים הכוללים מספר מאד קטן של משתנים. אבל אם נחזור לכחוליות שלנו, אם אנחנו מדברים על, במקרה הספציפי הזה במודלים של 3 משתנים, 3 גנים, בכחוליות יש 6,000 גנים פחות או יותר. אז יש כל מיני תהליכים שאנחנו לא לוקחים בחשבון שבסופו של דבר יכולים לקבע בלי שאנחנו לוקחים אותם בחשבון את התבניות האלה.

יבשם עזגד : כשאנחנו אומרים קיבוע, בין היתר הכוונה היא שהמידע המקובע עובר הלאה לדור הבא.

פרופ' סטבנס : שהתבנית נוצרת כשבמקור אם אני רק לוקח בחשבון את-  
יבשם עזגד : 6,000.

פרופ' סטבנס : לא. את שלושת המשתנים שלי, התבניות היו נוצרות אבל נעלמות, נוצרות ונעלמות. אבל משהו מקבע אותם כמו שאנחנו רואים. אנחנו רואים, אנחנו לא הופכים להיות עוברים עוד פעם, נכון? אנחנו מקובעים.

יבשם עזגד : מכחוליות נוצרות כחוליות אחרות.

פרופ' סטבנס : כן. אבל כחוליות עם תבניות. כי יש כחוליות בלי תבניות.

יבשם עזגד : נכון.

פרופ' סטבנס : נכון? אז משהו צריך לקבע את התבנית. אז יש תהליכים שמורים על כך. אנחנו פשוט כמדענים מסוגלים לתאר באופן מופשט חלק מאד קטן, מה שקורה בחלק מאד קטן של המשתנים במערכת. אבל אין לנו את היכולת לקחת את כל המשתנים שיש במערכת בו זמנית בחשבון במידה שווה.

יבשם עזגד : זה כדאי להדגיש את הנקודה הזאת שיואל אתה הלכת למודל של כחוליות רב תאיות שיש להם 6,000 גנים, שזה מצד אחד כמות מאד קטנה יחסית למה שמקובל ומצוי בעולם החי, מצד שני זה הרבה מעבר ליכולת שלנו כבני אדם, כמדענים להתגבר. אנחנו לא מסוגלים להתגבר על 6,000 ווקטורים בשטח, ואפילו על הרבה פחות מ-6,000 קשה לנו.

פרופ' סטבנס : אני חושב שהכחוליות יותר מידי פשוטות כמו שרמזת בהתחלה. אם תיקח בחשבון שלבני אדם יש משהו כמו 22,000 גנים. 22,000 הוא לא מספר יותר

מידי גדול לעומת 6,000. אף על פי כן אנחנו הרבה יותר מסובכים. היינו רוצים לחשוב שאנחנו יותר מסובכים מכחוליות.

יבשם עזגד : חלקנו.

פרופ' סטבנס : 6,000 הוא מספר ענק.

יבשם עזגד : מכובד.

פרופ' סטבנס : מאד מכובד. אבל אנחנו מתמטית יכולים רק לטפל במספר מאד קטן של משתנים.

יבשם עזגד : כן. אז קודם כל צריך מכאן להביע בשידור את תודתנו ובקשת הסליחה והמחילה וההתנצלות כלפי הכחוליות. הן לא כל כך פשוטות כמו שחשבנו. ונעבור אליך רגע כרמי. גם את מתעניינת באבולוציה ובהתפתחות מזוויית שונות בעבודות אחרות שלך. אולי תספרי לנו על זה מעט.

כרמי דרור : נראה לי שכמעט כל פרויקט שעשיתי היה קשור לרעש ממקום כזה או אחר. ומה שקורה זה שכל הדימויים בסופו של דבר שאני מייצרת, גם אם זה ווידאוים וגם אם זה סטילס, הם איכשהו תמיד בלי להתכוון מראש, הם איכשהו תמיד מזכירים גם מצד אחד דימויים שמתקשרים לראשית האומנות וציורי מערות ופרסקואים, ומצד שני מאותה נקודה הם גם מאד מצביעים על העתיד, על שימוש בטכנולוגיה, על עתיד האנושות. על פירוק של זהות ושל גוף ומה קורה כשאנחנו בעצם עוברים את הטרנספורמציה הזאת בתוך תוכנות המחשב ובמסך המחשב. אז זה קצת בלי להתכוון לזה מראש אבל איכשהו הרבה פעמים, כמעט תמיד כל הפרויקטים שלי מצביעים גם על העבר וגם על העתיד באותה נשימה.

יבשם עזגד : במילים אחרות, בתהליכי האבולוציה בטבע וגם בתהליכי היצירה של האומנות, לרעש יש מקום ותפקיד והוא לא רק רקע שמפריע ואולי אפשר לעשות איזושהי פרפרזה על מרים ילן שטקליס ולומר "למה לגרש הרעש והרי הוא ילד טוב?" בפרפרזה זו אולי נסיים את הפרק הזה של מסע הקסם המדעי על מדע ואומנות. תודה רבה לך פרופ' יואל סטבנס ותודה רבה כרמי דרור. אני מקווה ששניכם תמשיכו ליצור, כל אחד בכיוון שלו ואולי עם חפיפות מסוימות. ועל כך אולי נשוחח באחד הפרקים הבאים בפודקאסט "מסע הקסם המדעי".

תודה לכם שהייתם איתנו. אני יבשם עוגד. עקבו אחרינו בפייסבוק ב"מסע  
הקסם המדעי" תודה ולהשתמע בפרק הבא.