

תוכן העניינים

9	<i>הקדמה</i>
29	מבוא: ניצחון השכל על העין
	1 סולם הסיבתיות
55	2 משודדי ים לחיזרי ים: הולדת ההסקה הסיבתית
90	3 מְאָיוֹת לסיבות: הכומר בייס פוגש את מר הולמס
127	4 הערפול ופיזורו. או: קטילת המשתנה המסתתר
155	5 דיון אפוף עשן: טיהור האוויר
175	6 פרדוקסים מלוא הטנא!
202	7 מעבר לוויסות: כיבוש הר ההתערבות
237	8 אילוליות: כרייה בעולמות שהיו עשויים להיות
273	9 תיווך: החיפוש אחר מנגנון
315	10 נתוני עתק, בינה מלאכותית והשאלות הגדולות
334	<i>תודות</i>
336	<i>ביבליוגרפיה</i>
365	<i>מפתח כללי</i>

הקדמה

לפני כמעט עשרים שנה, כשכתבתי את ההקדמה לספרי *Causality* ("סיבתיות"), כללתי שם אמירה נועזת למדי, שחברים יעצו לי למתן. "הסיבתיות עברה גלגול", כתבתי, "ממושג לוט בערפל לאובייקט מתמטי שיש לו סמנטיקה ברורה ולוגיקה מבוססת. פרדוקסים ומחלוקות יושבו, מושגים חמקמקים הובהרו, ובעיות מעשיות המסתמכות על מידע סיבתי, שזמן רב נחשבו שייכות לתחום המטפיזיקה או מורכבות מדי להתרה, ניתנות עתה לפתרון ככלים מתמטיים בסיסיים. במילים פשוטות: הסיבתיות נעשתה מתמטית".

כשאני קורא את המילים ההן היום, אני מרגיש שאולי הייתי צנוע מדי בהערכת. התברר שהדבר שתיארתי כ"גלגול צורה" היה למעשה "מהפכה" ששינתה את החשיבה ברבים מהמדעים. רבים קוראים לה היום "המהפכה הסיבתית", וההתרגשות היא עוררה בחוגי המחקר גולשת אל החינוך והיישומים. דומני שבשלה השעה לחלוק אותה עם קהל רחב יותר.

ספר זה שואף להגשים משימה משולשת: ראשית, להציג בפניכם בשפה לא מתמטית את תוכנה הרעיוני של המהפכה הסיבתית ואת האופן שבו היא משפיעה על חיינו ועל עתידנו; שנית, לחלוק איתכם כמה מהמסעות הנועזים, מוצלחים וכושלים כאחד, שמדענים יצאו אליהם בעת שהתמודדו עם שאלות מכריעות של סיבה ותוצאה.

ולבסוף אחזיר את המהפכה הסיבתית לערש הולדתה בחיק הבינה המלאכותית ואנסה לתאר לכם איך ניתן לבנות רובוטים שלומדים לתקשר בשפת אימנו – שפת הסיבה והתוצאה. הרובוטים שבדור החדש הזה יסבירו לנו למה דברים קרו, למה הם הגיבו כפי שהגיבו ולמה הטבע פועל כך ולא אחרת. וביתר שאפתנות, הם גם ילמדו אותנו על עצמנו: למה מוחנו פועל כפי שהוא פועל ומהי חשיבה רציונלית על סיבה ותוצאה, על הערכה וחרטה, על כוונה ואחריות.

כשאני כותב משוואות, יש לי מושג ברור מי הם קוראי. לא כן כשאני כותב לציבור הרחב – הרפתקה חדשה לגמרי עבורי. מוזר לומר, אבל החוויה החדשה הזאת היתה אחד המסעות החינוכיים המתגמלים בחיי. הצורך לנסח רעיונות

בשפתכם, לנחש מה הרקע שלכם, אילו שאלות תשאלו וכיצד תגיבו, חידד את הבנת הסיבתיות שלי יותר משעשו כל המשוואות שפתרתי לפני שכתבתי את הספר הזה.
על זה אהיה אסיר תודה לכם לעד. אני מקווה שאתם נרגשים כמוני לראות את התוצאות.

יהודה פרל

לוס אנג'לס, אוקטובר 2017

הקדמה למהדורה העברית

קשה לתאר את התרגשותי לקראת צאת "ספר המה והלמה" בשפת עבר, השפה שבה התהוו שלדֵי מחשבותי בעודי ילד, שפת סיפורי המקרא וחוכמת המשנה, וגם שפת מורי הטבע והפיזיקה בבתי הספר שבהם למדתי לחשוב מדעית, להתרפק על חלוצי המדע של העבר ולהעז לנסות את ידי במשחק המרתק הזה.
עצם הרעיון שספר זה יתרום, ולו גם במעט, לקידום המדע במדינת ישראל, ובמיוחד בשטח הבינה המלאכותית, ממלא אותי שמחה אין קץ. אני רואה בתרגום זה מעין "שיבה מאוחרת" למשפחתי, למוֹנֵי ולחבְרֵי בארץ, ששמחו בשמחותי, עיצבו את אופיי, נטו בי את אהבת הארץ ושלחוני לנוד בשדות המדע בידיעה ברורה שאשוב ובאמתחתי מתנה – למשל, מתנה זו.

באהבה,

יהודה פרל

לוס אנג'לס 27.6.2023