

מוגדרות היטב. לכן, יש להודות שלא ברור עד כמה כשרה הכללת התובנות הללו על אינטראקציות בין רמות ארגון מוגדרות פחות, לא כל שכן בין תחומי ידע שונים (פיזיולוגיה, פסיכולוגיה). עם זאת, נראה שההכללה אינה מופרכת, היא "מרגישה נכון". המסר העיקרי מבחינתנו נוגע לזהירות היתרה שיש לנקוט כשמדלגים בין רמות ארגון שונות. מושגי יסוד חדשים (העברה, דיכאון, הדחקה, קונפליקט, פסיכוזה, אהבה וכן הלאה) עשויים לצמוח ולהיות משמעותיים ברמה הפסיכולוגית, מבלי שיהיה להם סימן היכר כלשהו ברמה הפיזיולוגית (גן, חלבון, סינפסה, תא, אזור מוגדר במוח). זה נכון לגבי מדע הדברים הפשוטים (פיזיקה), מדע המתמקד באובייקטים שאפשר לצפות בהם בתנאי בידוד מבוקרים היטב. הדעת נותנת שזה נכון גם לגבי דיסציפלינות העוסקות בבעיות מורכבות יותר – ביולוגיה, פסיכולוגיה, סוציולוגיה – שם עצם האפשרות לבודד אובייקט מקשריו עם הסביבה מוטל בספק, גם אם כניסוי מחשבתי.

#### צמצום ומורכבות (פחות אינו פשוט)

נפנה כעת לעיון קצר בהנחת מוצא אחרת של תפיסת המשפך, הנחה שלפיה בעוד הרמה המקרוסקופית אפופת מסתורין, ככל שנרד בסולם הסקאלות, ככל שנפרק ונבחן את מרכיביה המיקרוסקופיים יותר של התופעה במרחב ובזמן, ילכו העניינים ויתבהרו. המורכבות הפנומנולוגית המקרוסקופית, כך ההנחה, משקפת אינטראקציה של אובייקטים פשוטים להגדרה. ברור לגמרי מדוע ההנחה שלפיה "פחות הוא פשוט" נדמית נכונה וטבעית: לכאורה, תנועות אנושיות המפיקות שפה, אמנות, טכנולוגיה וכן הלאה מורכבות יותר מהאופן שבו מתנהג תא עצב. בדומה לכך, ארגון התא החי לבטח מורכב יותר ממולקולת חלבון בודד או מגרעין האטום. אבל מה בדיוק אנו משווים כאן? למה אנחנו מתכוונים כשאנו אומרים "מורכב יותר"?

באיזה מובן יכולתו של ילד לקבל החלטה מוטורית הקשורה להגייה, מורכבת יותר מתהליך היווצרותה של מערבולת בנוזל? או מהקיום הדואלי של ישות פיזיקלית בסיסית הן כחלקיק והן כגל? כיצד אפשר לערוך השוואות כאלה? טענה שלפיה אובייקט אחד מורכב יותר מאובייקט אחר וודאי מניחה קיומו של כלי למדידת מורכבות; האם נוכל להגדיר מְטְרִיקָה (סרגל מדידה) שבאמצעותה אפשר להשוות בין המורכבות של התנהגות אנושית לזו של רשתות עצביות, או תאי עצב בודדים, או מולקולות חלבון בודדות?

חמקמקות מושג המורכבות הנה בעיה מוכרת; אף לא אחת מההגדרות הפורמליות של מושג המורכבות מצליחה ללכוד את טבעו. אך שנות מחקר רבות מלמדות שלא משנה באמצעות אילו כלים פורמליים נבחר להעריך את מורכבותה של תופעה מוחית-התנהגותית, תמיד נגלה שהתפיסה שלפיה "פחות הוא פשוט" נאיבית ושגויה. המורכבות המאפיינת את השֵׁלֶם אינה מתפוגגת כשאנו בוחנים את חלקיו אחד לאחד. המורכבות שֶׁבָּהּ ומופיעה בכל סקאלה במורד הארגון התפקודי, כל הדרך מטה – מרמת ההתנהגות, דרך פעילות המוח השלם, רשתות עצביות ותאי עצב בודדים, ועד פעילותם של חלבונים בודדים. המורכבות בכל רמות הארגון הללו היא (בכל היבט מעשי) אין-סופית;<sup>46</sup> היא מתבטאת בקיומם של גורמים אין-ספור, גם ברמת הארגון הזעירה ביותר הניתנת לצפייה; גורמים המשפיעים זה על זה באורח מעגלי המונֵעַ כל אפשרות להגדיר קשרים ברורים בין סיבה לתוצאה. אלה מובילים לתופעות פרדוקסליות לכאורה, כמו גירויים זעירים שעשויים לגרור השפעות גדולות המתמשכות על פני סקאלות של זמן ומרחב מרובות, ולעומתם גירויים עוצמתיים

46. חיבורים הנוגעים לדיון במקורות ובהשלכות של מורכבות "כל הדרך מטה" כוללים, למשל, את עבודותיהם של: Bassingthwaighe, Liebovitch and West (1994); Havel (1996); Noble (2006, 2008); Heylighen (2001); Marom (2010); Braun and Marom (2015)

שעשויים לגרור השפעות קטנות או לא להשפיע כלל. מדדים סטטיסטיים – גם הבסיסיים ביותר – אינם מתקיימים כמאפיינים של המערכת במנותק מאופן מדידתם; כך, למשל, קורסת ההנחה שלפיה לכל היבט שהוא של תופעה קיים ערך ממוצע שאפשר לאמוד אותו על ידי מדידה קפדנית. נדגיש שכל אופני המורכבות הללו נותרים בעינם בין שאנו צופים בהתנהגות אנושית ובין שאנו מפרקים אותה לגורמיה, בין שאנו מנתחים פעילות חשמלית של המוח השלם ובין שאנו מנתחים את פעילותו החשמלית של תא מוח בודד. המורכבות שאינה מתפוגגת במורד סולם הארגון התפקודי, מתבטאת לעתים במופע מקרוסקופי סדור להפליא המגיח באורח ספונטני מאיך-ספור אינטראקציות מיקרוסקופיות לא סדורות, או במופע מפתיע לכאורה של סיבתיות "הפוכה"<sup>47</sup>: רמות ארגון מקרוסקופיות (למשל, התנהגותו של נבדק או תופעה פיזיולוגית) המכתיבות את הדינמיקה של מרכיביהן המיקרוסקופיים הנמוכים יותר (למשל, פעילות עצבית או שינוי גנטי, בהתאמה). אף לא אחת מהתופעות הללו עולה בקנה אחד עם תפיסת המשפך הנאיבית. פְּחֻת אֵינּו פשוט.

### המדרון החלקלק של הנדסה מהופכת

ההשלכות הנובעות מריבוי ואחרות (יותר זה אחר) וצמצום ומורכבות (הפחות אינו פשוט) נוגעות לעמדות הרווחות בקרב חלק מחוקרי המוח ובקרב פסיכולוגים שרואים במדע המוח מצע לפיתוח ולעיבוי התיאוריה הפסיכולוגית. לוגיקת הטיעון בקרב חוגים אלו היא, פחות או יותר, כדלהלן: (1) למדע המוח ולפסיכולוגיה מטרות משותפות; (2) מדע המוח יסודי ואילו פסיכולוגיה היא פנומנולוגית, ולכן פסיכולוגיה צריכה בסופו של דבר להיבלע על ידי מדע המוח; (3)

47. שמות נוספים לתופעות דומות הם סיבתיות "מלמעלה למטה" וסיבתיות "מימין לשמאל".

גישת הרדוקציה, פירוק השלם וחקירת מרכיביו באורח מדויק, היא דרך המלך להשגת יעד זה. נתמקד בטענות הראשונה והשלישית; אי-תקפותה של הטענה השנייה (הפיזיולוגיה כמדע יסודי והפסיכולוגיה כמדע פנומנולוגי) נידונה לעיל בהקשר הרחב יותר של ריבוי ואחרות. מטרת מדע המוח, כפי שעולה מספרי לימוד ומונוגרפיות של כותבים בתחום, הנה להבין את הכשרים המנטליים, את מגוון ההיבטים המודעים והלא מודעים של ההתנהגות – הסנסורית והמוטורית, הרגשית והקוגניטיבית – בבריאות ובחולי. ברי שיש חפיפה משמעותית בין מטרת מדע המוח ובין יעדיה של הפסיכולוגיה; שתי דיסציפלינות שונות (שפות שונות, אמצעי חקירה שונים, מערכות חינוך שונות, תארים אקדמיים שונים) שלהן שאיפות דומות. האפשרות ששתי דיסציפלינות שונות לכאורה חולקות מטרות דומות, אינה בהכרח זרה לעולם המדע, ובוודאי אינה פסולה. כפי שנראה בפרק השלישי של חיבור זה, דיסציפלינות מדעיות הנן שפות לתיאור תופעות טבעיות; אין הן התופעות הטבעיות כשלעצמן. לכן, אפשר לדמיין את תיאורן של אותן תופעות עצמן בשפות שונות לחלוטין. ועם זאת, בקרב חוקרי המוח יש רבים המאמינים שמדעי המוח ופסיכולוגיה, לאור מטרותיהם החופפות, עתידים להיפך לדיסציפלינה אחת, משולבת. איני נמנה עם אלה. נכון שלרעיון רב-השנים של דיסציפלינה משולבת נורופיזיולוגית-פסיכולוגית יש סיכוי לפרוח אם אוהדיו ידבקו בפורמט שאימצה הפיזיקה של ימינו כמדע משולב. הפיזיקה, שעניינה חקר החומר, מעודדת עיון אקדמי ברמות שונות של ארגון – מהמיקרוסקופי התת-אטומי ועד המיקרוסקופי הגלקטי – תוך כיבוד האוטונומיה האינטלקטואלית שלהן; שילוב תובעני במיוחד המתבטא בהכשרתם הרחבה והעמוקה של הפיזיקאים ובתרבותם האקדמית. האם יכולות הפסיכולוגיה והנורופיזיולוגיה, החולקות עניין משותף ושונות זו מזו תכלית שינוי מבחינת טווחי הסקאלות שעליהן חלים המושגים או האובייקטים המופשטים או הממשיים שלהן – היינו, מבחינת

גבולותיהן או אופק הרלוונטיות שלהן<sup>48</sup> – ללכת בדרכי הפיזיקה הפלורליסטית ומעוררת הקנאה? אולי. לשם כך יש צורך בשינוי מקיף, אוטופי, בתרבות החינוך הפיזיולוגי והפסיכואנליטי, תוצאה אפשרית אך לא מובטחת של דיאלוג בשל שבראש ובראשונה מכיר בעצם קיומם של גבולות הכללה והסבר, במובן הפיזיקלי האנדרסוני. זו, בכל אופן, אינה התמונה המצטיירת מקריאת ספרות מדע המוח בשנים האחרונות. דיסציפלינת המוח-התנהגות המשולבת שרוב הכותבים העכשוויים רואים לנגד עיניהם שונה מאוד מהדיסציפלינה הפיזיקלית. מה שמובילי דעה רבים מקרב מדעני מוח מכנים "שילוב" אינו אלא קריסה של הפסיכולוגי אל תוך הביולוגי באמצעות הנדסה מהופכת, דרך המלך לרדוקציה בת זמננו בכיולוגיה.

בניגוד למושג הטעון "רדוקציוניזם", הנדסה מהופכת (Reverse Engineering) היא הליך מוגדר היטב המאפשר חקירה עיונית ומעשית. מקובל לחשוב על הנדסה מהופכת בהקשרים של ריגול תעשייתי או צבאי, למשל בפענוח אופן פעולתה של מכונת הקידוד אניגמה במלחמת העולם השנייה. ואולם, המושג "הנדסה מהופכת", במשמעותו הרחבה יותר, מתייחס לתהליך בחינה מדוקדק של מערכת בהיעדר ידיעה מוקדמת של עקרונות התכנון שלה. במובן זה, בבואנו לחקור מנגנונים של תופעות טבע, כולנו מהנדסים במהופך.<sup>49</sup>

ההבנה שיותר זה אחר ושהפחות אינו פשוט מטילה צל כבד על עצם ישימות רעיון ההנדסה המהופכת בחקר תופעות טבע בכלל, והמוח או ההתנהגות בפרט. הקושי נובע מאי-יכולתנו להצביע על

48. אופק הסקאלה הוא מושג שטבע איוון מ. האבל (Havel, 1996) במטפורה הגיאומטרית מלאת התובנה שלו; זהו מדד כמותי של עושר סקאלות, הנע בין מערכות "דלות-סקאלות" המאופיינות על ידי סקאלה אחת או שתיים, ובין מערכות "עשירות-סקאלות" המאופיינות על ידי רצף בלתי מוגבל של סקאלות נצפות.

49. לדיון מעניין ורלוונטי בסוגיה ראו Dennett (1995)

סקאלה, או רמת ארגון, שבה יש לחפש ולהגדיר את מנגנוני הפעולה. בעיני אחדים, אפשר וצריך למפות תופעות פסיכולוגיות אל פעילותן של תא עצב בודד, או סינפסה בודדת או אפילו חלבון או גן בדיד; אחרים, לעומת זאת, גורסים שיש למפות תופעות פסיכולוגיות אל פעילותן של אוכלוסיות גדולות (מאות, אולי רבבות ויותר) של תאי עצב, או אל ריכוזים של כימיקלים במוח. מגוון אפשרויות המיפוי חושף את הקושי האינהרנטי של הנדסה מהופכת במדע החי ובמדעי החברה, אי־פריעות (Undecidability) שמגבילה חמורות את מדע המוח בכללותו; מגבלה שאנו בוחרים, לעתים קרובות מדי, להתעלם ממנה. "יותר זה אחר" מלמדנו שהמבנה והפעילות המיקרוסקופיים של מערכת מורכבת (ובוודאי כזו שמתפתחת תוך אינטראקציה עם סביבה מורכבת) אינם מאפשרים, באופן עקרוני, לנבא את החוקים המכתיבים את הפנומנולוגיה המיקרוסקופית. בצד ההבנה שהפחות אינו בהכרח פשוט יותר – קרי, שאי אפשר לצמצם מורכבות מרחבית ו/או זמנית על ידי פירוק המערכת למרכיביה המיקרוסקופיים, אנו אנוסים להסיק שרעיון ההנדסה המהופכת (כמו גם צורות אחרות של רדוקציוניזם נאיבי) עלול להסתבר כחסר תוחלת. ואמנם, פעם אחר פעם הודגם בשנים האחרונות האופן שבו יישום של הנדסה מהופכת בחקר מערכות מיקרוסקופיות מורכבות, ביולוגיות או מלאכותיות – נידון לכישלון;<sup>50</sup> ההדגמות הללו אמורות ללמד אותנו (הפיזיולוגים) ענווה. אולי האי־אפשרות לרדוקציה היא התכונה המהותית של מערכות החי; ושהריבוי והשלכותיו, יותר זה אחר והפחות שאינו בהכרח פשוט, הם עצמם ליבת החי; שמגבלותיה לכאורה של חקירה רדוקטיבית במערכות

50. את הנקודה הזו הוכיחו הופפילד וטאנק (Hopfield and Tank, 1986) במאמרם על חישוב ומעגלים עצביים, והדגימו, למשל: Lazebnik (2004); Krishnan, Giuliani and Tomita (2007); Marom et al. (2009); Kumar et al. (2013); Vlachos et al. (2013); Jonas and Kording (2017)

החי משקפות עד כמה אנחנו, המדענים, איננו מבינים כלל את מהותן של דיסציפלינות לא-פיזיקליות, "מדעי הנפש" בלשונו של וינדט.

ביולוגים מנוסים המחויבים להנדסה מהופכת עשויים להשיב לדברי הביקורת באופן הבא: "האם באמת חתך חלופה? אם לא כן, אין זו ביקורת בונה". ובכן, אינני משוכנע שביקורת צריכה להיות בונה. כמדענים, אם אין אנו יודעים מה נכון לעשות, אין משמעות הדבר שכדאי לעשות מה שאנו יודעים שלא נכון שייעשה; פעילות מדעית אינה עבודת דחק. הנדסה מהופכת הנה תהליך פרקטי (כלומר מעשי), שאינו מכונן דווקא להגיע לחקר האמת במובן הפרגמטי-גיימסיאני (שיידון בפרקים 3 ו-5). תהליך הנדסה מהופכת נחשב מוצלח אם הוא מוביל לזיהוי מתאמים מוצלחים, אם הוא "עובד" וישם, בין שהמתאמים הללו קשורים ובין שאינם קשורים לעיקרון העבודה של המערכת בפועל. בשונה מהנדסה מהופכת, מטרתן של הפיזיולוגיה והפסיכולוגיה כמדעים היא לחשוף את עקרונות העבודה הממשיים; אופרה אחרת לגמרי.

נסיים בהערה רלוונטית על נושא הבינה המלאכותית והמכונות הלומדות. יש הרואים את ייעודה של חקירת תופעות מוחיות-התנהגותיות, באמצעות הנדסה מהופכת, בפיתוח מכונה החושבת ומתנהגת, ואולי אף מרגישה, כמו בן אנוש. על פי הרעיון המקורי של בינה מלאכותית, שילוב ממצאי חקר המוח בפיתוח מכונות חישוב יאפשר לנו, אולי, ללמוד משהו על גבולות התודעה האנושית. אך כשיותר זה אחר וכשהפחות אינו בהכרח פשוט, כשכלל לא ברור מהם ממצאי חקר המוח הרלוונטיים לשילוב במכונה כזו, צצים תהליכים מעניינים ומדאיגים כאחד. מאלפת במיוחד היא נקודת המבט של השחמטאי הרב-אמן גארי קספרוב.<sup>51</sup> במאמר משנת 2010 מספר

"The Chess Master and the Computer", Garry Kasparov, *The New York Review of Books*, Volume 57(2), published on February 11, 2010

קספרוב על המשחק הסימולטני ששיחק ב-1985 נגד 32 מחשבי שחמט, שבסופו ניצח את כולם, בלי אף הפסד, 32:0. כעבור אחת-עשרה שנים הביס אותו "כחול עמוק" – מחשב משוכלל יותר; שנה לאחר מכן הובס קספרוב פעם נוספת על ידי המחשב. "כחול עמוק" לא ניצח את קספרוב כי שיחק כמו בן אנוש; המחשב ניצח מכיוון שמהירות עבודתו נתנה בידו לאמוד בשיטתיות ובמהירות הבזק, בתוך שנייה אחת, את השלכותיהם של מיליוני מהלכים עתידיים אפשריים. החישוב עצמו פשוט יחסית, אלגוריתם כוח גס, תהליך "תבוני רק במובן שבו שעון מעורר הוא תבוני", אומר קספרוב. לקביעה זו יסכימו ודאי מומחי הבינה המלאכותית.

בחלוף השנים, בזכות תפוצתו הגדלה של המחשב השולחני ופיתוחן של תוכנות שחמט מתקדמות יותר, נעשה המשחק פופולרי מאי פעם; תוצאה חיובית גם אם לא מתוכננת. אולם התוצאה השלילית היא שסגנון המשחק האנושי השתנה. המשחק נגד מכונות, אומר קספרוב:

[...] תרם להתפתחותם של שחקנים נטולי דוגמה לא פחות מהמכונות שמולן הם מתאמנים. בחלוף הזמן, מהלך אינו נחשב עוד כטוב או כרע משום תנועתו, מראהו או מקוריותו. הוא נחשב טוב אם הוא עובד ונחשב רע אם אינו עובד. נכון, עדיין דרושה מידה רבה של אינטואיציה והיגיון כדי לשחק היטב, אבל בני אנוש בעת הזו מתחילים לשחק יותר ויותר כמו מחשבים.

מדובר בשחמט, משחק בן אלפיים שנה; אבל יש כאן קריאת תיגר מרחיקת לכת שנוגעת לערכי אנוש בסיסיים – לסגנון, לאסתטיקה, לרומנטיציזם – ולהשפעותיו של תהליך דיאלקטי המסיט את האבולוציה של החברה ושל התרבות ממסלולה. קשה שלא לחשוב על מושג המדע הבדיוני "ייחודיות טכנולוגית", נקודת הזמן העתידית שבה למכונות תהיה בְּיָנָה גבוהה יותר מהבינה האנושית. מעברה האחר של נקודת הזמן הזו, אומרים עתידנים ואנשי מדע בדיוני,



ההיסטוריה האנושית תשתנה ללא הכר. אבל כל כמה שקביעתו של קספרוב נכונה, אנו מזרזים את הגעתה של הייחודיות הטכנולוגית על ידי הנחתת הבינה האנושית לבינה דמוית-מכונה, במקום להאניש את יכולות החשיבה של המכונות. וכך מסכם קספרוב, בכאב:

[...] באופן טיפוסי לעולמנו המודרני, העשיר בטכנולוגיה ודל בחדשנות, מְחֻשָּׁב השחמט נפל קורבן לשאיפה לגדול בהתמדה תוך היענות לכוחות השוק. תוכנות כוח גס משחקות שחמט מצוין, אז למה לטרוח ולפתח משהו אחר? למה לבזבז זמן וכסף על רעיונות מקוריים כשכבר יש בידנו פתרון שעובד? חשיבה כזאת צריכה לזעזע כל אדם הראוי להיקרא מדען, אבל למרבה הצער, נראה שזוהי דווקא התפיסה המקובלת.

חשיבה כזו מאיימת להשתלט על המדע, מקביעת מדיניות הקצאת המימון למחקר<sup>52</sup> ועד פרשנות חלולה מהבחינה הסמנטית של מתאמים ביו־רפואיים.<sup>53</sup>

### ואולי בכל זאת רדוקציה?

ויסלבה שימבורסקה מפליאה לתאר במילותיה האירוניות את פרויקט הרדוקציה הנאיבית בעולם שבו יותר זה אחר והפחות אינו בהכרח פשוט:

אי שהכל מתבהר בו.

כאן ניתן לעמוד על קרקע מוצקה של הוכחות.

---

52. כדוגמת פרויקט "המוח האנושי" במימון האיחוד האירופי, ויוזמות "מדע תאגידי" גרנדיוזיות דומות.

53. כדוגמת קטגוריות "המדריך לאבחון וסטטיסטיקה של הפרעות נפשיות" (DSM), שנועדו במקור להקל את הסיווג והקטלוג, והפכו ישויות בפני עצמן, שאת הקואורדינטות שלהן מבקשים חוקרים למצוא בדימות מוח או במוטציות גנטיות.

אין דרכים מלבד דרך הגישה.  
השיחים כורעים תחת נטל התשובות.  
כאן צומח עץ ההשערה הנכונה,  
ענפיו מסועפים זה עדין ועדנים.  
עץ ההבנה המסמא בפשטותו  
ליד המעיין ששמו אה, ובכך זה כך.  
ככל שתעמיק ביער יתרחב  
עמק המובן מאליו.  
בהתעורר ספק, הרוח מפזרו.  
בלא שייקרא ההד נוטל את רשות הדיבור  
ומבהיר ברצון את תעלומות העולמות.  
מימין מערה, משכן המשמעות.  
משמאל אגם השכנוע העמוק.  
האמת ניתקת מן הקרקעית וצפה מעלה בקלילות.  
מעל לעמק מתנשאת ודאות בלתי מעורערת.  
מפסגתה נפרשת מהות הדברים.  
למרות קסמו האי שומם,  
ועל החופים ניתן לראות עקבות זעירים  
הפונים בלא יוצא מן הכלל אל הים.  
כאילו שכאן אפשר רק לנטוש  
ולשקוע במצולות לבלי שוב.  
בחיים שאינם ניתנים להשגה.<sup>54</sup>

מדוע אנו מתעקשים להסביר מורכבות מקרוסקופית בפשטנות?  
למה אנו מרגישים יותר בנוח עם הסברים פשטניים, מאשר עם  
תמונה שלפיה המורכבות נותרת בעינה, מסרבת להיעלם גם כשאנו  
גולשים במורד סולם הרדוקציה וחוקרים לפרטי פרטים את מרכיביה  
המיקרוסקופיים של תופעה? אולי, כפי שכתב ברידג'מן בשנת 1927,  
עובדה זו משקפת "מגבלה של מוחנו שמסוגל לחשוב רק במונחים

---

54. מפולנית: רפי וייכרט (מתוך בשבח החלומות בהוצאת קשב לשירה).

של אובייקטים בדידים ומוגדרים היטב [...] נראה שהתודעה אינה מסוגלת להתמודד עם רצף כתכונה של דברים פיזיקליים".<sup>55</sup>

ואולם רדוקציה היא יותר מאשר שיקוף חוסר יכולת מובנה של מכניזם המחשבה שלנו; הרדוקציה טומנת בחובה משמעות. מדענים רדוקציוניסטים, או לפחות אלה מעמנו המכבדים את גבולות המדע, מונים שלוש סיבות להיאחז בשיטה הרדוקטיבית. הראשונה אסתטית במהותה. קשה לתאר את הסיפוק הנובע מחשיפת עקרונות עבודה וחוקי טבע המופיעים בעקביות, שוב ושוב, במורד סולם רמות הארגון, מהגדול ביותר ועד הקטן ביותר. אותן צורות של יחסים בין מרכיבים ותהליכים מתגלות מחדש בכל רמה של התבוננות, משוכנות האחת בתוך רעותה בהיררכיה של רמות הארגון, ממש כמו בובת מטריושקה. החוקים המכתיבים את היווצרותן של רשתות חברתיות מקבילים מבחינה פורמלית לחוקי הדינמיקה הקובעים את יצירתן של חבורות נמלים וקבוצות עצבים וצברי חלבונים בקרום התא, וכן הלאה. לא מדובר בחוק מיקרוסקופי המושל בתופעה מקרוסקופית, אלא בדמיון – לעתים זהות – בצורתן של מערכות יחסים בין משתנים. כשמצדיקים רדוקציה על סמך אסתטיקה זו, עולה שאלת הייחודיות של הקשר בין חקר הפסיכולוגיה ובין חקר המוח ומרכיביו: אם הערך האסתטי של רדוקציה צומח מזיהוי צורות אנלוגיות של מערכות יחסים בין משתנים, אזי הרדוקציה של הפסיכולוגיה לדינמיקה של חבורות נמלים או לדינמיקה של אוכלוסיות של ספינים מגנטיים, צריכה לשאת (ואמנם נושאת) ערך אסתטי מתגמל לא פחות – אולי אף יותר.

המוטיבציה השנייה לרדוקציה קשורה למשימת גירוש השדים שהמדע קיבל על עצמו בעידן הנאורות: להוכיח שמושג האלוהים מיותר, לפחות כשמנסים להסביר תופעות טבע. לא משנה באיזו

---

55. Bridgman (1927, pp. 93–4)

רזולוציה נבחן את גוף האדם, לא נמצא בו רוח; רק דינמיקה מורכבת בחומר מורכב. מנקודת מבט זו, באופן פרדוקסלי, דווקא מסע הרדוקציוניזם הנאיבי המבקש לתור באובססיביות [...] אחר מבנים מוגדרים היטב תוך פסיעה מטה עוד ועוד במורד סולם הדברים, עד אשר תימצא בתוך תוכנו סיבת קיומנו [*raison d'être*]<sup>56</sup> נגוע קשות בספיריטואליות. הוא עצמו מסע רליגיוזי. אם לא כן, כיצד נבין את החיפוש אחר גן להתנהגות הרפתקנית או את הרשת העצבית של אהבה רומנטית? החיפוש אחר שדים ואלים קטנים הטמונים בתוך תוכנו משקף כמיהה להומונקולוס יודע כול; האפשרות שאין אף אחד שם בפנים (או בחוץ), שאנחנו לבד, היא בלתי נסבלת.

הסיבה השלישית לתוכנית רדוקציוניסטית הנה, עבורי, החשובה מכולן. רק תוך רדוקציה קפדנית אפשר להצביע על אופקי הרלוונטיות של מאפייני רמות הארגון השונות. אופק הרלוונטיות הנו טווח הסקאלות שבהן המשתנים, התהליכים, המושגים והכללים – המזוהים ברמה נתונה של ארגון – רלוונטיים לבנייתה של הבנה פורמלית.<sup>57</sup> אופק הרלוונטיות מגדיר גבול (אמנם רך, אך בכל זאת גבול) שמעבר לו היותר הופך לאחר; זהו גבול המגדיר את האי־יכולת להבין את המקרוסקופי כנובע מהמיקרוסקופי. נכון, זיהוי המגבלות של ממצאינו אינו משמש מוטיבציה הולמת עבור מדענים פעילים בתקופה המעוררת ומעלה על נס הכרזות אומניפוטנטיות. כפי שמציין האוֹל, אנו המדענים נבוכים להודות במוגבלותם של המושגים ושל הכללים שאנו מנסחים, ובקיומו של גבול למידת הרלוונטיות שלהם. אך למבוכה זו מציע הנרי אַטְלֵן מוצא, נתיב התחמקות בניחוח ויניקוטיאני. בניגוד לרדוקציוניסט הנאיבי שמטרתו להסביר את הכול, פשוטו כמשמעו, "מלמטה", רדוקציוניסט בשל ייכנס לפרויקט הרדוקציה כאילו אפשר להסביר

---

Bridgman (1927, p. 93) .56

Havel (1996) .57

הכול מלמטה, אך לא ישכח ולו לרגע אחד שלעולם יישאר המסתורין, שתמיד יישארו פערים בהסברו. בספרו אלו ואלו: ביקורת הדדית של המדע והמיתוס<sup>58</sup> מתאר אטלן את המתח הבלתי נמנע שמלווה רדוקציוניזם מפוכח מהסוג הזה:

התשוקה שהמדע יסביר לנו את הכול – אם נכנעים לה – היא שממלאה את התפקיד של פיתוי מיסטי מובהק בתוך הפרקטיקה המדעית. ואפשר להימלט ממנו באמצעות הביקורת הספקנית וכינונו מחדש של המרחק ההכרחי בין התיאוריות המדעיות, ולו המבוססות ביותר (בעיקר ה"מבוססות" ביותר), לבין הממשות; בקיצור, באמצעות הנכונות להכיר באופיו הפלורליסטי של המהלך המדעי ולהביא בחשבון את ריבוי הדיסציפלינות המדעיות כפי שהן מתנהלות, תמיד מלמטה למעלה, אבל עם רווחים, פיסיקליזם "בקטן" של פונקציונליסטים, רדוקציוניזם חלש, כלומר ללא תמיכה של מטפיסיקה מסבירה אחדותית; נכונות להכיר ברווחים של השפה כמו גם ברווחים שמפרידים בין הדיסציפלינות, ובכך שבאותו זמן הדינמיקה של המהלך המדעי עצמו מנסה ללא הרף למלא רווחים אלה [...] בעזרת השפה שבה מופיעים רווחים חדשים.

המשמעות שוכנת בחללים הלבנים, במרווחים שבין הרמות, באי-אפשרות.<sup>59</sup> כל ניסיון להסיר את החללים הלבנים בין הפסיכולוגיה לפיזיולוגיה אינו אלא ניסיון למוסס את משמעותן. במובן כלשהו החיבור הנוכחי מנסה לברר את משמעות העמדה הזו; מנסה, גם אם בסופו של דבר תישאר העמדה שנויה במחלוקת.

דחקנו את עצמנו לקרן זוית. מחד גיסא, רדוקציה נדמית כגישה מוצדקת מהבחינה האסתטית ומהבחינה המוסרית, ומעל לכול, כאמצעי לשרטוט גבולות הידע ואיזון היוהרה של מדעניות

58. אטלן (1994, עמ' 103).

59. ראו גם: Atlan (1989).

(Scientism) ברוטלית. מאידך גיסא, היותר כאחר והפחות שאינו בהכרח פשוט קובעים שהיצמדות לרדוקציוניזם – לפחות זה הנאיבי ששם יהבו על הנדסה מהופכת של המוח – חסרת תוחלת היא. מוצא אפשרי מהתסבוכת כרוך באימוץ רדוקציוניזם בְּשֵׁל ובכוננות לשחק את המשחק תוך הכרה בגבולותיו. חוקי המשחק יידונו בפרק השלישי של החיבור, אך לפני כן הערות אחדות על השלכות הנכתב עד כה.

### השלכות

התנהגות, פיזיולוגיה ופסיכולוגיה פְּרוּשׁוֹת על פני סקאלות (אמות מידה) רחבות של מרחב וזמן. התנהגות נאמדת בשברירי שנייה ובחיים שלמים, במילימטרים, בהרבה יותר מזה. ישויות פסיכולוגיות והדינמיקה ביניהן, נורמטיבית או פתולוגית, מופיעות אף הן בטווח רחב של סקאלות, מפרקי זמן קצרצרים (למשל, החלקת לשון משמעותית) ועד תהליכים הפרושים במרחב גדול ובזמן ממושך (למשל, התקשרות או אָבֵל). כך גם מרכיבים פיזיולוגיים, ממולקולות ועד רקמות ואיברים הפועלים בטווח עצום של סקאלות זמן: תהליכים ברמת המולקולה הבודדת עשויים לארוך בין אלפית השנייה לשעות רבות; תהליכים ברמת הרקמה (למשל, אזור כמוח) עשויים לארוך בין נְנו־שנייה לימים, לשבועות, לחודשים ואף לשנים.

אם כן, הפער בין הטווחים הקטנים ביותר לגדולים ביותר בהתנהגות, בפסיכולוגיה ובפיזיולוגיה עצום, עד כדי חמישה (1:100000) או עשרה (1:10000000000) סדרי גודל ואף יותר. חשוב להכיר במשמעות סדרי הגודל: טענה שלפיה תהליך כלשהו – שמבורר ונחקר בסקאלה הקטנה – רלוונטי להיווצרות תהליך בסקאלה הגדולה, שקולה מבחינת סדרי הגודל לטענה שתנועת נוזל בתוך ספל הקפה רלוונטית להיווצרות זרימה גלקטית, משתתפת