

2

המציאות מבעד למוחנו
רפי מלאך



פרק זה יתמקד בקשר בין מדעי המוח לבין תפיסת המציאות. כשאנחנו נשאלים מהי המציאות - התשובה, לכאורה, הרי מובנת מאליה: אנחנו פוקחים את העיניים והמציאות במלוא עושר צבעיה וצורותיה נגלית לעינינו. אנחנו רואים שיח פרחים מלבלב, יכולים למשש גבעול ולשמוע רשרוש עלים בעזרת חושינו. נראה כאילו עצם העלאת השאלה מהי המציאות היא איזו התחכמות של פילוסופים.

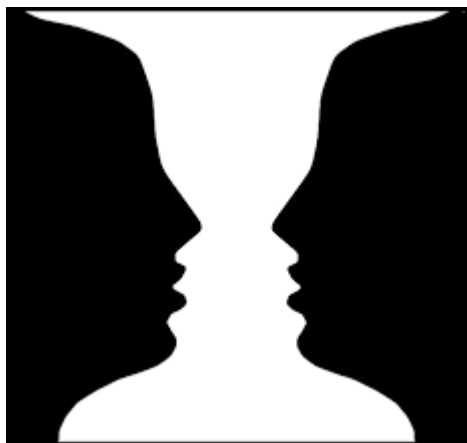
ולמרות זאת, מנקודת המבט של חוקרי מוח, תמונת המציאות הברורה והמובנת מאליה היא בעצם, במידה רבה, אשליה. התמונות שאנו רואים הן למעשה מעין סיפור או סרט שאנחנו מייצרים במוחנו. באופן מפתיע, ואפילו מטלטל, הסרט הזה שאנו רואים רחוק מלהיות שעתוק נאמן של המציאות שמסביבנו. אתחיל בדוגמה של תופעה שכל אחד יכול לחוות בחיק הטבע. אם במהלך טיול תפגשו במפל מים, בחרו נקודה יציבה כלשהי (סלע או שיח קטן) בערך במרכז המפל, ומקדו את המבט שלכם בנקודה למשך שתי דקות לערך. אחר כך התיקו את המבט מהמפל לעבר הסלעים שלצידו. אם הייתם סבלנים והצלחתם למקד את המבט ללא תזוזה, תראו למרבה ההפתעה שהסלעים הדוממים מתחילים לזרום כלפי מעלה. כיצד ייתכן שסלעים מתחילים לנוע לנגד עינינו?

ההסבר לתופעה זו היא שתהליך הראייה הוא תהליך יצירתי - בניגוד לצילום, הראייה שלנו יוצרת ולא מעתיקה את התמונות שאנו רואים. אלפי מחקרים שערכו חוקרי מוח מוכיחים שהתחושות, הריחות, הרגשות והמחשבות שיש לנו - וכתוצאה מכך גם תמונות המציאות שאנו רואים - הם יצירות מקוריות ואישיות של מוחנו. ליתר דיוק, תמונת המציאות שנראית לנו כה ברורה ומובנת מאליה, היא בעצם תוצר של העברת מידע המתרחשת בין מיליוני גופיפים קטנים בעלי שלוחות מרובות המאכלסים את מוחנו ונקראים תאי עצב. הפעילות החשמלית הזאת הופכת, במעין אלכימיה מופלאה שעדיין מסתורית לנו, לתמונת המציאות המופיעה במוח הפרטי שלנו.

חוקרי מוח מקשרים קשר הדוק ומוחלט בין פעילות כימית וחשמלית של תאי עצב לבין תמונת המציאות המופיעה בתודעתנו. יש הטוענים שזו נקודת מבט מדכדכת ומכניסטית, המרדדת את פלאי הנפש לרמה של כימיה ופיזיקה. אך למעשה, זה ההפך הגמור מכך. הפצעת החוויה האנושית מתוך הפעילות העצבית היא אחת התופעות המסתוריות והמרתקות ביותר שעומדות בפני המדע המודרני. דווקא חוקרי מוח, הנמצאים בקו החזית של מחקר שמנסה לפענח את הקשר בין המוח הפיזיקלי להווייה הנפשית האנושית, הם אלה שנחשפים לסבך, לעומק ולמופלאות של התופעה הזאת.

כדי להבין עד כמה החידה הזאת מאתגרת, כדאי להתחיל עם הדרך שבה המדען מסתכל על המוח. כך למשל כאשר במוח מסוים נוצרת תמונה של פנים, חוקרי מוח יכולים לבדוק ולזהות פעילות ערה בקבוצות ממוקדות של תאי עצב, אלה אשר מתמחות בזיהוי פנים. קבוצות תאי עצב אלה מתחילות להחליף ביניהן אותות חשמליים (מעין אותות דיגיטליים) בקצב מהיר. באופן מטפורי אפשר לדמות את התהליך למעין הצתה של "להבה" עצבית. בתור מדענים אנחנו משתמשים במכשירי מדידה מסובכים מאוד כדי לגלות ולפענח את רישום ההתפרצויות החשמליות האלה. כיום, בעקבות מחקר ממושך, למדעני ראייה יש כלים המאפשרים להם

למדוד ולנבא לאיזה קטגוריה משתייכת התמונה שאדם רואה בזמן המדידה. וזאת, על פי ההצתות העצביות שהתמונה מעוררת. אבל מאין נובע הביטחון שהצתות כאלה של תאי עצב באמת קשורות להופעת תוכני התמונות שאנו רואים? אתאר בהקשר זה ניסוי אחד לדוגמה, שממחיש כיצד מחקר המוח ניגש לשאלה הזאת. הניסוי נערך בקבוצת המחקר שלי בהובלת פרופ' אורי חסון בעזרת טכניקת דימות, המאפשרת מעקב אחרי פעילות של קבוצות תאי עצב בעזרת מכשיר הדמיה מגנטית (MRI). הנבדקים התבקשו, בעודם נסרקים במכשיר הדמיה, להתבונן בווריאציה על תמונה שעוצבה על ידי הפסיכולוג אדגר רובין, במסגרת מחקר תודעה שערך. רובין השתייך לאסכולה הפסיכולוגית של הגשטאלט, שהבינה שלעיתים אנשים יכולים לתפוס את אותו אובייקט או גירוי באופן שונה, בהתאם לתבניות חשיבתה טובייקטיביות שלהם.



אשליית הפרצופים - אגרטל של רובין

את התמונה הזו ניתן לתפוס באופן דו־משמעי. כלומר התבוננות ממושכת בה תגרום להתחלפות בתפיסת האובייקט המופיע - שני פרצופים או אגרטל. התמונה הפיזיקלית עצמה אינה משתנה, אבל

התמונה שאנו רואים מתחלפת. במחקר שערכנו גילינו שבכל פעם שהאובייקט שראו הנבדקים התחלף - התרחש גם שינוי בזהות קבוצות תאי העצב שנדלקו. כשהנבדקים ראו פרצופים, נדלקו תאי עצב הרגישים לתמונה זו, ותאים אלה הפסיקו לפעול כאשר הנבדקים התחילו לראות אגרטל במקום פרצופים. היות שאנו יודעים שהתמונה הפיזיקלית שעל המסך לא השתנתה, תוצאות אלה תומכות במסקנה שפעילות תאי עצב קשורה בצורה ברורה לחוויית הראייה הפנימית שיוצר המתבונן, ולא למהות העולם החיצון. נעשו מאז עשרות רבות של ניסויים דומים בשיטות שונות ובכולן המסקנה דומה: התמונות שאנו רואים אינן צילום או העתק של המציאות החיצונית, אלא בבירור יצירה עצמאית ואישית של תאי העצב הפועלים במוחו של המתבונן.

המרתק הוא שבניגוד למאמץ הנדרש מאיתנו המדענים כדי לפענח את המשמעות של הפעילות המאוד עשירה ודינמית של תאי העצב במוחנו, הרי כל אדם, גם מי שאינו יודע כלל על פעילות תאי העצב במוחו, יכול ללא כל מאמץ "לתרגם" בצורה מופלאה את אותה פעילות עצבית מסובכת לסדרה של תמונות ברורות. כלומר תאי העצב שלנו יכולים להתבונן ולהבין את הפעילות של עצמם. מתוך המסתוריות הזאת של חומר שמתבונן בעצמו מפציעה התמונה שאנחנו רואים. הפלא הזה מתרחש בקלות רבה כל כך וללא כל מאמץ עד שאנחנו משוכנעים שהתמונה שאנו רואים היא פשוט העתק אוטומטי של העולם החיצון שמקיף אותנו. איננו מוטרדים לרגע, ובמקרים רבים כלל איננו יודעים, על המורכבות העצומה והמסובכת של פעילות תאי העצב, שהיא היא המקור האמיתי והבלעדי לתמונות שאנו רואים - או ליתר דיוק - יוצרים.

אם תיאור זה של הקשר בין פעילות המוח לתמונות שאנו רואים נשמע לכם בלתי מובן ומסתורי, אוכל רק לנחם בכך שהלכה למעשה, המציאות המוחית אף הרבה יותר מסובכת וקשה להמשגה. כיום, על אף הישגי מחקר המוח, תהליך העיבוד היצירתי שמבצעים תאי העצב נותר קסום ובלתי נתפס. אמנם מצד אחד, תהליך זה מעוגן

לגמרי בחוקי הפיזיקה והכימיה, אך מצד שני, החיבור שלו לעולם הנפשי הוא מהחידות הגדולות והעמוקות העומדות בפני המדע המודרני. ובכל מקרה, מחקרי מוח מוכיחים שהמציאות הנראית לנו מובנת מאליה ואפילו משעממת היא למעשה תוצר של תהליך יצירה פנימי מופלא מעין כמותו.

נחזור לשאלה שפתחנו עימה - מהי המציאות? לכאורה, המחפש תשובה לכך יכול להתנחם בכך שהתהליך שתואר כאן אינו חשוב, שכן גם אם המציאות נוצרת בתהליך עצבי מתוחכם, בכל זאת ייתכן שהמציאות שאנו יוצרים במוח היא העתק מדויק ונאמן של המציאות האמיתית מחוץ לנו. ולראיה - העובדה שאנחנו מתקשרים אחד עם השני בהצלחה רבה על בסיס אותם ה"סרטים" שמדענים טוענים שאנחנו מייצרים בראשנו. מכך נובע שאנחנו רואים את המציאות כהווייתה האחת, ולא חיים בסרט מדומיין על ידי מוחנו. האמנם?

ובכן, כשחוקרי מוח מתחילים לבדוק בצורה קצת יותר מדויקת עד כמה באמת התמונות שאנו רואים נאמנות למציאות, הם מגלים מהר מאוד פערים רבים ומעניינים. למשל, כפי שראינו בדוגמת ניסוי תמונת הפרצופים-אגרטל, מסתבר שלעיתים תמונה שבמציאות האובייקטיבית החיצונית היא קבועה, יכולה להשתנות ללא הרף בסרט הראייתי שאנו מייצרים. ככלל, פעמים רבות אנו רואים בריור משהו שלמעשה אינו קיים במציאות החיצונית לנו.

הפסיכולוגים של הגשטאלט יצרו הדגמות רבות לכך במקרים של תעתועי ראייה ואשליות אופטיות. הדגמות אלה גם ממחישות עד כמה המציאות האובייקטיבית שונה מהתמונה שתאי העצב יוצרים עבורנו במוח. למזלנו - ובזכות החוכמה הסבלנית ורבת-השנים של האבולוציה - התמונות שהמוח יוצר מאפשרות לנו תפקוד תקין והישרדות בתחרות האבולוציונית. הדמיון האבולוציוני בינינו גם מסביר מדוע, למרות היצירה האישית של כל מוח ומוח, לרוב אנו נוטים לייצר תמונות ראייתיות דומות. ועם זאת, אפילו בחיי

היומיום שלנו יש לפער שקיים בין המציאות האמיתית לתמונת העולם המיוצרת במוחנו משמעות עצומה.

ניקח לדוגמה את הקולנוע. המציאות הפיזיקלית שמוקרנת לנו על מסכי הקולנוע היא של סדרה מתמשכת של תמונות סטילס משוללות כל תנועה שמוקרנות בזו אחר זו וכך יוצרות אשליית תנועה. כן, גם סרטי המרדפים והקרבות מורכבים מצילומים סטטיים, "קפואים". למזלנו, תאי העצב במרכזי הראייה במוחנו קולטים את התמונות הקפואות הללו ומייצרים מהן סרט מלא תנועה ופעילות. התחכום וכוח החישוב של תאי המוח שלנו חזקים כל כך שהאשליה המתמשכת הזו מתרחשת בלי כל מאמץ ובלא מודעות שלנו. וזו אחת הסיבות ליכולת של סרטים לרגש ולסחוף.

אביא עוד דוגמה פשוטה להפליא של עיבוד מציאות מתעתת המתבצע במוחנו בחיי היומיום. כשאנו עוצמים את עינינו לזמן ממושך, תמונת המציאות נעלמת ומוחלפת בחשכה. לכאורה, הסיבה שאנו רואים חושך נובעת מכך שעצימת העפעפיים הפסיקה את קליטת המציאות החיצונית לנו. אבל מסתבר שאין הדבר כך. אלפי פעמים ביום אנחנו עוצמים את עינינו ולמרות זאת ממשיכים ורואים מצוין אף על פי שהעיניים שלנו עצומות לגמרי! למעשה, אנחנו אפילו לא מודעים לכך שמדי כמה שניות אנחנו עוצמים את העיניים. עצימת העיניים הטבעית הזאת נקראת כמובן מצמוץ. למה אם כך העולם אינו מחשיך אף שעצמנו את העיניים בזמן מצמוץ?

ניתן אולי לחשוב שהמצמוץ מהיר עד כדי כך שאיננו מספיקים לראות את ההחשכה. אבל קל להראות בניסוי מבוקר שאם מכבים את האור לזמנים הדומים במשכם לזמני מצמוץ טיפוסיים, נבחין בהחשכות המהבהבות בבירור. לפיכך ניתן להבין שבתנאים מסוימים - למשל של מצמוץ - המוח יכול להמשיך ביצירת התמונה ללא קושי, למרות עצימת העיניים. אך מחקרי מוח מגלים שהחשכה הנראית כשעוצמים את העיניים אף היא תופעה יצירתית.

במחקר שהוביל לאחרונה ד"ר טל גולן במעבדה שלי הראינו

שאפילו חוויה פשוטה כל כך של חושך קשורה בתהליך לא פחות יצירתי ומורכב מאשר ראיית תמונה. כלומר, כשאנו עוצמים את העיניים החושך אינו מופיע בגלל ההתנתקות מהעולם, אלא מפני שמרכזי הראייה במוח שלנו החליטו ליצור חוויה של חושך. במקרה המיוחד של מצמוץ, המוח עוצר במכוון את המנגנון של יצירת תמונת החושך, ולכן אנו ממשיכים לראות כרגיל, בלי לשים אפילו לב לכך שהעיניים שלנו נעצמו לרגע. מי שכל זה נשמע לו מופרך לגמרי מספיק שייזכר בכך שמדי לילה, כשאנחנו חולמים, אנחנו רואים "סרטים" עשירים, מרגשים וממושכים בעוד עינינו עצומות לגמרי. החלומות ממחישים גם הם את יכולתו של המוח ליצור מציאות מוחשית עשירה וססגונית ללא שיתוף העיניים בתהליך.

לפיכך, אם תמונת המציאות היא בעצם מעין סרט או חלום שהמוח שלי מייצר, מה היא אם כן המציאות האמיתית שנמצאת "שם בחוץ"? למזלנו יש קבוצת אנשים חכמים ששוקדים על השאלה הזאת כבר זמן רב ובהצלחה רבה. אלו הם כמובן הפיזיקאים. מבחינת התקדמות המחקר התאורטי, פיזיקאים מקדימים בהרבה את חוקרי המוח. הבעיה המרתקת שמתעוררת היא שתמונת העולם העולה ממחקרי הפיזיקה המודרנית (בעיקר ממכניקת הקוונטים) היא מוזרה ובלתי נתפסת כל כך ורחוקה כל כך מתמונת המציאות שאנו יוצרים במוחנו, שכל ניסיון לתאר אותה במילים או אפילו לדמיין אותה נידון לכישלון חרוץ.

אנחנו נמצאים אפוא במצב שבו מחקרי המוח מלמדים אותנו שהמציאות המופיעה בפנינו כשאנו פוקחים את העיניים היא בעצם יצירה של תאי העצב במוחנו, ואילו מחקרי הפיזיקה מסבירים לנו שתמונת המציאות האמיתית שמחכה מחוץ לנו בעולם היא בלתי נתפסת כל כך שאי אפשר אפילו לדמיין אותה. במובן הזה הביטוי הפופולרי "רצים לי סרטים בראש" מקבל משמעות מפתיעה באמיתותה.

עם זאת חשוב להדגיש שאף על פי שמבחינה מעשית אין אנו רואים נכוחה או אפילו יכולים לדמיין את המציאות האמיתית

שמסביבנו, בחיי היומיום שלנו אנחנו מייצרים "סרטים" מוצלחים מאוד שמאפשרים לנו לתפקד בעולם ביעילות ובאפקטיביות. למשל, אנחנו יכולים לזהות מכונית נוסעת ולהעריך את המהירות שלה, וכתוצאה מכך לחצות כביש בשלום, אנחנו יכולים לזהות חברים ובני משפחה ואפילו לשחק במטקות על חוף הים. כלומר אותו סרט שהמוח שלנו יוצר הוא כלי יעיל ורבי-עוצמה המאפשר לנו להתמודד בהצלחה עם אותן תופעות פיזיקליות החשובות לתפקוד התקין שלנו בחיי היומיום.

התובנה הזאת - שהחוויה האנושית היא בבסיסה יצירה הנעשית על ידי תאי העצב, ושהקשר שלה למציאות הממשית הוא חלקי ומצומצם מאוד - אינה מוגבלת כמובן לתמונות שאנו רואים. גם עולם הצלילים, הריחות ואף תחושות המגע כולם פרי תהליך יצירתי המתחולל במוחנו. התובנה שיצירות תחושתיות אלו אינן בהכרח העתק של מציאות אמיתית מוטחת באנשים בצורה כואבת במקרים מסוימים של פגיעות גופניות.

מדובר על תופעה קשה של כאבי "פנטום" שהם כאבים אשלייתיים, הכוללים אפילו תחושה של התכווצות שרירים ביד שאיננה קיימת, העולה במוחו של אדם קטוע יד. תופעה מקבילה מתחום השמיעה, הנפוצה לצערנו בארץ אצל חיילים שנחשפו לקולות ירי או פיצוצים, היא התופעה של "צלצולים באוזניים", צלצולים או צרצורים שמציקים דווקא כששקט מסביב. גם בתחום הראייה מופיעות הזיות ראייתיות דווקא כשהעיניים נפגעות, למשל במקרה של ניוון רשתית בגיל מבוגר. התופעה נקראת "הסינדרום של בונה", והסובלים ממנה מדווחים על תמונות (לעיתים עשירות וצבעוניות) המופיעות ללא שום קשר למציאות החיצונית.

לסיכום: מחקרי המוח מוכיחים שלמעשה כל העולם החושי העשיר שאנו חווים הוא ביטוי של התפרצויות עצביות במערכת נרחבת של מרכזי מוח, האחראיות יחד על יצירת הסרט המרתק שאנו קוראים לו תמונת המציאות החיצונית. למכלול המרכזים האלה קראנו "המערכת המוחצנת", כלומר המערכת העצבית

היוצרת את תמונת המציאות החיצונית לנו.

בשנים האחרונות גילה מחקר המוח שבמקביל ל"מערכת המוחצנת" קיימת מערכת של מרכזי מוח, שפעילותם קשורה בממד מציאות משלים למציאות החיצונית: המציאות הפנימית שלנו, או עולם העצמי. מערכת זו נקראת "מערכת הדיפולט" או "המערכת המופנמת", והיא אחראית ליצירת חוויית העצמי מפסיפס של זיכרונות, תוכניות לעתיד והתבוננות פנימה. התופעה המעניינת שחושפים מחקרים אלה היא שבין שתי המערכות האלה - המוחצנת והמופנמת - מתרחש דיאלוג בלתי פוסק ואף אפשר לומר מעין "תחרות" שבה כאשר מערכת אחת "נדלקת", כלומר פועלת בעוצמה גבוהה, המערכת המשלימה משתקת.

כדי להמחיש את הדיאלוג הזה בין המציאות המוחצנת והמופנמת נתמקד בשני מצבי תודעה מוכרים. למצב הראשון אפשר לקרוא התנתקות או נדידת מחשבות. ייתכן שהדבר קורה לכם אפילו תוך כדי קריאת הפרק הזה, אם לא הצלחתי לעניין אתכם מספיק. במצבים כאלה אנחנו מפסיקים בעצם לשים לב לטקסט - או ליתר דיוק מפסיקים ליצור תמונות של מילים - והמחשבות שלנו נודדות אל העולם המופנם שלנו. עולים בנו זיכרונות, דאגות או מחשבות על העתיד. במצבים אלה מחקר המוח מגלה שהפעילות של המערכת המוחית המוחצנת נחלשת, והמערכת המופנמת משתלטת על יצירת החוויה הפסיכולוגית.

מצב התודעה השני הממחיש את הדיאלוג בין המציאות המוחצנת למופנמת הוא מצב משלים למצב הקודם שתואר, ואפשר לקרוא לו היסחפות. מצבים אלה מתרחשים כשהחוויה החיצונית מלהיבה במיוחד, למשל בזמן התמכרות לריקוד או במהלך משחק כדורגל מותח. ברגעים אלה של התמזגות עם העולם החיצוני המערכת המופנמת משתקת. במקרים כאלה אנו מרגישים כאילו "איבדנו את עצמנו" בתוך החוויה, כאילו נסחפנו לגמרי. כלומר המערכת המוחצנת הייתה אז בשיא הפעילות, ולכן החוויה החושית בזמן היסחפות היא טהורה ורבת-עוצמה כל כך. אפשר לומר שהדיאלוג

הריקודי הזה בין המערכת המוחית המוחצנת למופנמת הוא שמאפשר לנו לנוע בצורה גמישה ומגוונת כל כך בין חוויית העולם לתחושת העצמי.

לסיכום, ראינו שמחקרי הפעילות הביולוגית של תאי העצב במוח, שנתפסים אולי בציבור כטכניים ויבשים מטבעם, דווקא מציבים בפנינו פלא מסתורי של הפצעת החוויה האנושית מתוך החומר. כדאי לזכור את מורכבות הפלא הזה ברגעים שבהם המציאות נראית לנו נדושה ומשעממת עד כדי דכדוך. למשל, כשאנו בדרך לבית הספר או לעוד יום עבודה; נוכל אז להתבונן לחשוב על כך שהתמונה השגרית הזאת היא בעצם יצירה אישית שלנו, שתאי העצב שלנו חוללו בתהליך מופלא וקסום מעין כמותו.