



מעדף הספרים

הלבבות הבודדים של הקוסמוס

מאת: דניס אוברבי (Dennis Overbye)

תרגום: עמנואל לוטם, הוצאת מעריב, 1999

ורדה בר, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, ירושלים

פאלומר (Palomar), שיטות מחשוב משוכללות, מכשירי עזר אלקטרוניים ותצפיות בתחומי ספקטרום שונים. כך נוצרה תמונה שלמה יותר של העצמים האסטרונומיים. בתחילת הספר מתואר המסע להגדרת הגודל של היקום וגילו, מסע שנוהל בעיקר על ידי א. סאנדייג' (A. Sandage) בעזרת הטלסקופ של פלומר. בהמשך מסע זה נערכה הבדיקה הפעילה של מודלים שונים של היקום, תוך שימוש בתצפיות בתחום הרדיו ובתחום הקרינה התת-אדומה. את הויכוחים בין המודלים השונים ניסו להכריע בעזרת ידע מתפתח בפיזיקה, ידע על מבנה האטום, פיזיקה גרעינית ובהמשך פיזיקת החלקיקים. לעיתים גם פיזיקת החלקיקים הועשרה על ידי התצפית בקוסמוס.

המחבר, שהוא עיתונאי, עוקב אחרי גילוי עצמים מוזרים ובלתי מוכרים שהוגדרו בתצפית: קוואזרים, פולסארים, ולבסוף חורים שחורים, לכל אחד מהם היו חוקרים שונים, תצפיתנים ותאורטיקנים, שהם גבורי סיפורו של המחבר. בין גיבורים אלה, יוצרי התיאוריה של החורים השחורים, הוקינג (Hawking) ופנרוז (Penrose); ומגלי קרינת הרקע - שארית המפץ הגדול, ואלה שפיענחו את תהליך יצירת היסודות בכוכבים והאסטרונומים שאימתו את רעיונותיהם על ידי ביצוע תצפיות מדוקדקות.

גם כיום איננו יודעים את התשובות לשאלות רבות, לפעמים נדמה שבמקום תשובה קיבלנו מבוכה. אבל, היכולת להתבונן רחוק יותר, בתחומי קרינה רבים יותר ולראות טוב יותר, מאפשרת תאור מפורט יותר של יקום - מעניין ומפתיע יותר מתמיד. מומלץ מאוד לקרוא ספר זה ולראות כיצד המדע מתפתח על ידי ביצוע עבודה קשה, פתרון חידות והתגברות על שגיאות.

לפנינו ספר הסוקר את תולדות האנשים שיצרו את הקוסמולוגיה במחצית השנייה של המאה ה-20. הייחוד של התקופה המתוארת הוא האפשרות לבצע תצפיות מעבר לאטמוספירה של כדור הארץ.

במשך כל התולדות הארוכות של האסטרונומיה היו לה שתי מגבלות: התצפיות נערכו מפני כדור הארץ ובתחום האור הנראה בלבד. במידה רבה קשורות שתי המגבלות האלה זו בזו, האטמוספירה של כדור הארץ בולעת קרינה ברוב תחומי הספקטרום האלקטרומגנטי: מגלי הרדיו הארוכים, דרך הקרינה התת-אדומה, העל-סגולה, קרני ה-X וקרני ה- γ . במשך זמן ממושך חשבו שרק האור הנראה, אותו תחום שבו עינינו רגישות, עובר דרך האטמוספירה ולכן אנחנו רואים את השמש והכוכבים.

עם התפתחות הפיזיקה וגילוי גלי הרדיו נעשו האסטרונומים מודעים לעוד "חלון" שדרכו עוברת הקרינה אל המכשירים שלנו, תחום גלי הרדיו הקצרים ובקיצור קרינת "רדיו". ראשית האסטרונומיה והאסטרופיזיקה המודרנית מזוהה עם גילוי קרינת הרדיו, בשנת 1923, המגיעה מהחלל. אולם הפריצה לחלל, האפשרות לבצע מדידות מעבר לאטמוספירה היא שאפשרה את קיום התצפיות בכל אותם תחומי הספקטרום שהאטמוספירה של כדור הארץ בולעת. זאת ועוד, התצפיות מחוץ לאטמוספירה מדויקות יותר ומאפשרות הפרדה גבוהה יותר של העצמים האסטרונומיים. כך ניתן לבחון באורח תצפיתי שאלות מחקריות הקשורות למבנה היקום ולראשיתו. הקוסמולוגיה המודרנית היא איפוא מדע בן חמישים שנה בערך, החופף את המחצית השנייה של המאה ה-20, ואכן הספר שלפנינו מתאר תקופה זו בהתפתחות הקוסמולוגיה.

המחבר מראה שכדי לחקור שאלות אלה נדרשו מכשירי מחקר (טלסקופים) גדולים, כמו הטלסקופ בן חמישה המטר של

סדר מן האקראי*

יובל נאמן, מכון ון ליר, הוצאת הקיבוץ המאוחד, 112 עמ'

אהרון קנטרוביץ, החוג לפילוסופיה, אוניברסיטת חיפה*

זה רואה את התפתחות הכשרים הקוגניטיביים של המין האנושי, ובעיקר את התפתחות המדע, כתהליך של ברירה טבעית.

ובכן, כיצד ניתן לראות את הגילוי במדע כתופעה אבולוציונית? הכוונה כאן אינה לגילוי תצפיתי או ניסיוני (על כל פנים לא באופן ישיר), אלא לגילוי של רעיונות ותיאוריות. ההתייחסות של האפיסטמולוגיה האבולוציונית להתפתחות המדע מתחילה בקביעה הפופריאנית שהרעיונות, התיאוריות, או הפתרונות לבעיות הם מעין מוטציות המוצעות באופן עיוור לבחינה או לסלקציה, על פי דגם הברירה הטבעית. הרעיונות המוצלחים או המועילים שורדים ונפוצים בקהילה המדעית, ולבסוף גם הם עלולים להיות מוחלפים. מושג המפתח הוא העיוורון: רעיונות מוצלחים אינם מתגלים במכוון; המדענים מגששים באפילה בחיפושם אחרי תיאוריות מוצלחות.

קל מאוד להתנגד להשוואה הזאת בין האבולוציה הביולוגית למדע; הרי המדענים פועלים במכוון לפתרון בעיות! במאמר שכתבנו נאמן ואנוכי, לפני עשר שנים, ומוזכר בספר בעמ' 11, העלינו את גירסתנו לאפיסטמולוגיה האבולוציונית ובה הצענו את התשובה הזאת: מדענים פועלים אמנם לתכלית פתרון בעיה מסוימת, אולם במקרים רבים, במקום את הבעיה המקורית או בנוסף עליה, הם פותרים בסופו של דבר בעיה אחרת שאותה לא התכוונו לפתור מלכתחילה.

לתופעה זו קוראים "סרנדיפיות". שם זה בא בעקבות מעשייה של שלושה אחים מסרנדיפ (שמה העתיק של סרי-לנקה), שתחביבם היה למצוא דברים שלא חיפשו. סיפור שאל שחיפש את האתונות ומצא את המלוכה מדגים את העיקרון. על כן קורא נאמן לתופעה זו "תגלית שאולית" (ובאחרונה צדה עיני מודעה על סדרת הרצאות של נאמן אשר בכותרתה מופיע המונח "אתינות" - על מנת שלא לקפח את האתונות). הגילויים הסרנדיפיים-שאוליים-אתינים-ממוזלים ממלאים איפוא במדע את תפקיד המוטציות העיוורות: בתחילת תהליך חיפוש הפתרון לבעיה א' המדענים עיוורים לבעיה ב', הנפתרת בסופו של דבר שלא במתכוון. לחיזוק תיזת הסרנדיפיות מביא נאמן דוגמאות מהפיזיקה וממדעים אחרים.

לפנינו ספר רחב יריעה המשתרע על פני האבולוציה הביולוגית, הגרעינית, הסטלארית, הקוסמולוגית, החברתית, עד לאבולוציית הרעיונות המדעיים. יובל נאמן מפתח כאן תיאוריית-על חובקת עולם, תרתי משמע. זו תיאוריה שמבחנה בהתאמתה לתמונת העולם העכשווית, המדעית-פילוסופית, המתקבלת מהמדעים הפיזיקליים, מדעי החיים, הסוציוביולוגיה, מדעי המחשב, האתיקה, והפילוסופיה של המדע, ובעצם היא עצמה יוצרת תמונת עולם כזאת.

מה יש בתאוריה? אם נסכם את התהליכים האבולוציוניים שבהם נוצרו הכוכבים, היסודות ועולם החי, מהחד-תאיים עד לאדם ולמדע יציר רוחו, הרי המדע המודרני בן חמש מאות השנים הוא חוד החנית של התהליך האבולוציוני בן 15 מיליארד השנים, מהמפץ הגדול ועד ימינו.

יש כאן אבולוציה של שני עולמות: עולם החומר ועולם המחשבה המדעית, ה"משקפת" את עולם החומר, כאשר התפתחות המדע, המתרחשת ברמה הרעיונית-תרבותית, היא המשכה של אבולוציית החומר הדומם והחי. והעיקרון הבסיסי העומד ברקע הוא העיקרון הניאו-דרוויניסטי של הברירה הטבעית: התרחשות שינויים אקראיים, אלה הן ה"מוטציות העיוורות", וקביעת קריטריון למדידת יציבות המוצר השורד.

וכשם שניתן לראות את המדע כתהליך אבולוציוני, כן ניתן לראות את האבולוציה הביולוגית כתהליך של אגירת ידע במינים השונים על סביבתם. קרל פופר טבע את הסיסמה: "מהאמבה ועד לאיינשטיין גידול הידע הוא תמיד אותו הדבר". התזה של נאמן מתחילה הרבה קודם לכן! מהמפץ הגדול ועד לאיינשטיין אנו עדים לאותו תהליך, שבו נוצר סדר מן האקראי.

ומהן אותן "מוטציות" המשמשות חומר גלם לברירה של הרעיונות המדעיים? בזה עוסק חלקו השלישי של הספר: "אבולוציה של רעיונות ודרך התפתחות המדע! האפיסטמולוגיה האבולוציונית". לפני כשלוש-ארבע שנים הלכו לעולמם קרל פופר ודונלד קמפבל, מגדולי ההוגים של המאה, אשר הניחו את התשתית לתנועה האינטלקטואלית הקרויה "אפיסטמולוגיה אבולוציונית". זרם חשיבה ייחודי

* רשימתו של אהרון קנטרוביץ נלקחה ממוסף "ספרים" של עיתון "הארץ" מיום 17.11.99 ברשות המחבר ועורך המוסף מיכאל הנדלר ועל כך נתונה להם תודתנו.

ברטוריקה הממסדית משוחזרים גילויים אלה במרבית המקרים על ידי המדענים עצמם, או על ידי ההיסטוריונים, כגילויים מכוונים או מתוכננים מראש. התדמית ההירואית של המגלה המתכנן מראש את גילוייו מנופצת כאן לרסיסים; המגלה רק מסרטט את העיגול סביב מקום פגיעת החץ.

למרות הנאמר לעיל, כותב נאמן כד: "נעיר עוד שפופר וקמפבל הציעו תזה בשם 'אפיסטמולוגיה אבולוציונית', אך אין היא דומה להצעתנו כאן, שכן היא מבוססת על האבולוציה הביולוגית גרידא, דהיינו ההשפעה שיש להיבטים ביולוגיים אבולוציוניים בתולדות האדם או במבנה אישיותו על הדרך שבה נבנות תורותיו המדעיות" (עמ' 82).

על כך ברצוני להעיר שלאפיסטמולוגיה האבולוציונית שתי גרסאות עיקריות! האחת, שפיתח קונרד לורנץ, עוסקת באבולוציה של המנגנון הקוגניטיבי של האדם, המעוגן גנטית ותרבותית. גירסה זו עונה, למשל, על השאלה מדוע אנו נולדים עם הנטייה ללמוד מהניסיון בצורה אינדוקטיבית (כיוון שהשמש זרחה עד היום, היא תזרח גם מחר); כל אדם נורמלי נולד עם ה"אינסטינקט" האינדוקטיבי, ללא תלות במוצאו או בתרבותו.

הגירסה השנייה עוסקת בהתפתחות הרעיונות והתיאוריות במדע, וזו מתרחשת ברמה הרעיונית-תרבותית. אין אנו נולדים עם הנטייה לפתח רעיונות אלו; נטייה זו היא תלוית-תרבות ותקופה. גירסה זו תואמת את גישתו של פופר, המדבר על ברירה טבעית של תיאוריות. בהערתו זו מתעלם איפוא נאמן מהגירסה השנייה, החדשה יותר. בגירסה הראשונה, של לורנץ, הרבה גם קמפבל לעסוק.

על הכריכה האחורית של הספר נכתב כי "עיקר כוחו בעשרות רבות של דוגמאות משכנעות מכל תחומי המדעים". הדוגמה המאלפת ביותר היא הדרך שבה הומצא המחשב המודרני (עמ' 72-77). נקודת המוצא היתה דיון בסוגיה אזוטריית ביותר, סוגיית הפרדוקס של ראסל-וייטהד, בראשית המאה. זהו

תהליך שהחל בשאלה שניתן לנסחה בלשון תורת הקבוצות כך: "האם קבוצת כל הקבוצות שאינן מכילות את עצמן מכילה את עצמה?" אם מנסים לענות על השאלה, נתקלים בפרדוקס בלתי פתיר.

עם פרסומו ב-1905 "עורר הפרדוקס צחוק אדיר", כותב נאמן. כל הבניין הלוגי שנבנה עד אז במשך כעשרים שנה כתוצאה ממיזוג תורת הקבוצות והלוגיקה הסימבולית נראה בעקבות זאת רעוע וחסר משמעות. תורת הקבוצות הוצגה כהרפתקה בלתי מוצלחת.

הלוגיקאים ניסו לשקם את תורתם מן ההריסות והחל תהליך ארוך אשר הסתיים ערב מלחמת העולם השנייה בידי הסטודנט אלן טיורינג ו"מכונתו", את התהליך הסרנדיפי-היסטורי הזה מכנה נאמן "הפלפול שהוליד את עידן המדע". לא ראסל ולא וייטהד לא חלמו שהניסיון לפתור את ה"פרדוקס" שלהם יוביל לעידן המחשב אשר ניתן לראותו - יחד עם תקופות האבן, הנחושת, הברונזה והבדיל - כשלב מכריע נוסף בהתפתחות החברה האנושית.

הדוגמה השנייה היא מסעו של קולומבוס לאמריקה (עמ' 66-67). זהו מאורע שלא התרחש רק במדע, ונאמן מסווג אותו כצעד שתרים לאבולוציה של החברה האנושית. המשימה המקורית היתה הוזלת מחיר התבלינים על ידי קיצור הדרך להודו. התוצאה - גילוי אמריקה. גם כאן מתוארת שרשרת הנעויות או ה"מוטציות" שהובילו לגילוי. גילויים סרנדיפיים מסוג זה הם תהליכים של "טלפון שבור" בתקשורת (או העדר תקשורת) בין מספר רב של בני-אדם התורמים להתהליך הגילוי היצירתי העיוור.

לפנינו ספר מרתק החורג מהשגרה האקדמית-הממסדית גם בהתפרסותו על פני תחומים כה רבים, וגם בנועזות התזה שלו. הוא לא נועד איפוא לקטני אמונה וצרי אופקים שאינם מסוגלים לסטות מהתלם.

ספרו של ד"ר אהרון קנטרוביץ "Scientific Discovery; Logic and Tinkering" ראה אור בהוצאת אוניברסיטת ניו יורק.