

אהוד לם

מגוון ומקריות

ביולוגיה אין תאוריה שאם מבינים אותה "מבינים ביולוגיה"
 לביולוגיה יש צורות חשיבה שונות ושאלות שונות
מסקנה: הבנת עולם החי דורשת שילוב של סגנונות חשיבה

ביולוגים רבים דרים בעולם של הבנה מסוג אחר: הבנה של אורגניזם זה או אחר או מערכת אקולוגית מסוימת שהם מקדישים לה את חייהם. הבנה זו, שנובעת מהיכרות אינטימית עם מערכת ביולוגית, דומה אולי יותר להבנה הנובעת מקריאה של רומן טוב מאשר להבנה "מדעית"

שרשרת הסברית זו, מהאורגניזם לאיבר, לבעיה בתא, למקור הגנטי, היא דוגמה לכך שהבנה בביולוגיה מערכת רמות שונות של ארגון. לא תמיד השרשרת ברורה כל כך, ובמקרים רבים ההבנה שלנו נעצרת באחת הרמות: ברמות עליונות כאשר ההבנה היא "מלמעלה למטה", וברמות נמוכות יותר כאשר אנחנו יודעים לאפיין מנגנונים תאיים, למשל, אך איננו יודעים מתי ואיך הם משפיעים על האורגניזם השלם.

הקשר הסיבתי בין הרמות השונות אינו חד-כיווני: התנהגות של בעל חיים יכולה להשפיע על רמת הפעילות של הגנים שלו. חלק ניכר מן העבודה הביולוגית מוקדש להבנת אינטראקציות כאלה ולדרכים שבהן הן משפיעות זו על זו.

סקלות זמן

במקביל להיררכיה המבנית אפשר למצוא בתופעות ביולוגיות היררכיה טמפורלית. תהליכים ביולוגיים מתרחשים בכמה סקלות של זמן. תהליכים פיזיולוגיים רבים מתרחשים בפרקי זמן קצרים משנייה. פרטים מתפתחים לאורך זמן שיכול להגיע לחודשים ושנים. תהליכים אקולוגיים נמשכים לרוב פרקי זמן ממושכים יותר מחייהם של פרטים. תהליכים אבולוציוניים מתמשכים דורות, לעתים קרובות דורות רבים. התהליכים הללו קשורים זה לזה, כמובן, והבנה שלמה של המערכת הביולוגית מערכת את כולם.

חשיבה אוכלוסייתית

רוב התיאור שניתן עד כה לעולם החי מתמקד בפרט בודד: כיצד הוא נוצר, ממה הוא בנוי, איך הוא פועל. אך יש רמות ארגון מעל רמת

הסבר ביולוגי כולל בתוכו הסברים תכליתיים או פונקציונליים ("מתי חברתיות נחוצה? מתי היא יכולה להתפתח אבולוציונית?") יחד עם שאלות מכניסטיות ("מהם המנגנונים הפסיכולוגיים המביאים בני אדם לרצות לעזור זה לזה?").

חשיבה מכניסטית ופונקציונלית יחד

ההישגים המדהימים של הביולוגיה המולקולרית במאה העשרים משכיחים לעתים את העיסוק בשאלות פונקציונליות. "מדוע יש כנפיים? כדי לעוף". תשובות פונקציונליות יכולות להיראות טאוטולוגיות, ולפעמים הן מתערבבות עם ההנחה הלא מוצדקת שכל תופעה בעולם החי היא תוצאה של ברירה טבעית המסוגלת באופן פלאי למצוא את הפתרון הטוב ביותר לכל בעיה.

אך גם כאשר נוהרים ונמנעים מעמדות אדפטציוניסטיות כאלה, הביולוג מעוניין להבין לא רק איך משהו עובד ואיך הוא נוצר מבחינה היסטורית, אלא גם איך הוא תורם, אם בכלל, לאורגניזם ואיך הוא מתנהג. כך, למשל, עיסוק בגנטיקה מתחיל עם חוקי מנדל ורק אחר כך מגיע לשאלה כיצד התנהגות הכרומוזומים מסבירה אותם.

רמות ארגון

מחלת הטאיפוס נפוצה אצל יהודים אשכנזים בהשוואה לאוכלוסיות אחרות. היא נובעת מבעיות בהתפתחות המוח אצל תינוקות. הסיבה לבעיות בתאי העצב במוח היא שהליוזום, אחד האברונים בתא, פגום ואינו מסוגל לפרק סוג מסוים של שומנים. הללו מצטברים וגורמים לנוק. הסיבה לאייתפקוד של הליוזום היא מוטציה בגן מסוים.

למין מסוים מעסיקים את החשיבה הביולוגית. נלוות להם שאלות בדבר ההסבר לאוניברסליות של אותן תכונות שנפוצות בכל עולם החי או בחלקים גדולים ממנו, שיכולה לנבוע מהכרח פיזיקלי (למשל היחס בין נפח התא ושטח הפנים של המעטפת שלו), ממוצא משותף או מדרישות פונקציונליות דומות.

השיטה ההשוואתית

המתח בין מגוון לאחדות מעורר צורך מתמיד בהשוואה. לעתים קרובות כאשר שואלים ביולוג "האם כך וכך קורה?" התשובה היא "איפה?". ייתכן שבצמחים התשובה אחת ובבעלי חיים היא אחרת. ייתכן שבכל האוקריוטים המנגנון זהה, אך הוא שונה ממגוון מנגנונים הקיימים בפרוקריוטים וכן הלאה.

על ידי השוואה בין מינים אפשר להעלות השערות על מוצא משותף, על ההתפתחות ההיסטורית של תכונות או לחלופין להגיע למסקנה שמינים הרחוקים מאוד זה מזה נאלצו להתמודד עם אילוצי סביבה דומים.

ביולוגים לעתים קרובות רואים את העולם דרך הפריזמה של עצי משפחה המתארים את הקשרים בין מינים שונים ומטפסים בדמיון ממין לאבותיו ומשם למטה שוב לאחיו ובני דודיו, כדי להסיק אילו תכונות נובעות מתכונות משפחתיות ואילו תכונות ייחודיות לכל מין. כך למשל, ניסיון להבין התנהגות חברתית אצל בני אדם עשוי להתחיל בשאלות על התנהגות חברתית אצל שימפנזים ובנובוואים, משום שהללו קרובים לנו קרבה משפחתית. התנהגות חברתית אצל דבורים יכולה ללמדנו על אילוצים שונים הקשורים להתנהגות חברתית באשר היא, אך ספק אם היא תלמד אותנו על מנגנונים פסיכולוגיים באדם.

ביולוגיה אין תאוריה אחת הממצה את התחום שאם נבין אותה נוכל לומר שאנו מבינים ביולוגיה. הדבר הדומה ביותר לתאוריה, מהסוג שמוצאים בפזיקה, הוא הברירה הטבעית. אלא שהברירה הטבעית לבדה אינה מסבירה תופעות ספציפיות; לכל היותר היא נותנת מסגרת להבנת המגוון בטבע. מעבר לכך יש צורך באוסף גדול של עובדות אמפיריות. אז מה אם לא תאוריה מאגד את החשיבה הביולוגית ומייחד אותה מן המדעים האחרים? אסתכן ואציע שהביולוגיה מתייחדת באוסף צורות חשיבה וסגנונות שאילה (רפוסים של שאילת שאלות). ויותר מכך – שהביולוגיה במיטבה היא לעתים קרובות תוצאה של שילוב כמה צורות חשיבה גם יחד. הבה נפרוט רעיון זה לפרוטות.

הכרח ומקריות, מגוון ואחדות

עולם החי מציג לפנינו מגוון מעורר השתאות של צורות חיים, צורות ארגון ופתרונות שונים שבעלי חיים מוצאים לבעיות קיום דומות. ישנם יצורים גדולים וקטנים, רב תאיים וחד-תאיים, פרויטים וסימביוטים, וכן הלאה. אפילו דבר שמרחק נראה דומה, כגון כנפיים אצל ציפורים ואצל חרקים, יכול להתגלות כשונה מהותית במינים שונים.

עם זאת יש כמה מאפיינים ותכונות שתפוצתם אוניברסלית או כמעט אוניברסלית: שימוש בדי-אן-איי ורנ"א לחומר הגנטי, הקוד הגנטי שבאמצעותו מקודדים חלבונים, המבנה הכללי של התא החי, הדרכים שבהן תאים מייצרים ומשתמשים באנרגיה וכו'.

יחסי הגומלין בין תכונות אוניברסליות ובין תכונות ספציפיות

ד"ר אהוד לם הוא מרצה לפילוסופיה של הביולוגיה במכון כהן להיסטוריה ופילוסופיה של המדעים והרעיונות באוניברסיטת תל אביב



תל-אביב

נותרו מספר מקומות
 בקורסים לסמסטר ב'

יום ראשון

- < ביסוס הידע והשליטה במחשבים
- < מדברים ספרדית
- < מסע אל ה'אני' - תקשורת בינאישית (אחה"צ)
- < שליטה בחיים - בחירה והתמודדות
- < עיצוב גרפי למתקדמים (אחה"צ)

נתניה

- < פיתוח חוסן נפשי - תיעול כעסים
- < מדברים איטלקית (צהריים)
- < חינוך לבריאות ולתזונה נכונה
- < עיצוב גרפי ואמנות ממוחשבת (אחה"צ)

ראשון לציון

- < פיתוח כישורי הצלחה
- < התמודדות עם קונפליקטים ודילמות ערכיות
- < הקניית אורח חיים בריא (נטורופתיה)

רעננה

- < חינוך לבריאות ולתזונה נכונה
- < מסע אל ה'אני' - תקשורת בינאישית (אחה"צ)
- < התמודדות עם קונפליקטים ודילמות ערכיות (אחה"צ)
- < באה מאהבה - דמות האישה בספרות במקרא ובקולנוע
- < פסיכודרמה

- < בחירה או גורל? שימוש בסיפור החיים
 - < לבחירות נכונות בחיי
 - < מסע במנהרת הזמן - טיולים וביקור במוזיאונים
- ## יום חמישי
- < ירושלים - עדות וטעמים, סיורים בשכונות ירושלים
 - < יסודות האימון (COACHING) האישי והקבוצתי במערכת החינוך (אחה"צ)
 - < ניהול יחסי גומלין ותרומתם לשיפור החיים האישיים (אחה"צ)
 - < אמנות עכשיו - סיורי גלריות ומוזיאונים (אחה"צ)

הקורסים המסומנים באדום מוכרים גם ל"אופק חדש"

לפיזיקאי הנודע ארנסט רת'רפורד מיוחסת האמירה שמדע הוא "פיזיקה או איסוף בולים", אמירה שהובנה כלגלוג על הביולוגיה – העסוקה באיסוף עובדות ונעדרת תאוריה מקיפה

ארנסט רת'רפורד מיוחסת האמירה שמדע הוא "פיזיקה או איסוף בולים", אמירה שהובנה כלגלוג על הביולוגיה – העסוקה באיסוף עובדות ונעדרת תאוריה מקיפה.

המגוון והמקורות, שמהם התחלנו, הם לחם חוקו של הביולוג. בין שמקורותיו זרם אמיתי ובין שהיא משקפת את הידע המוגבל שיש לנו על עולם החי, ביולוגיה נטועה עמוק במודל "איסוף הבולים" של העשייה המדעית. מובן שאיסוף עובדות לבדו אינו מספיק – אוסף עובדות אינו הבנה. אך תובנות מגיעות, אם בכלל, לאחר הרבה שנים של איסוף וניתוח: פונקציונלי, השוואתי, מכניסטי, התפתחותי, אקולוגי ואבולוציוני.

כפי שאפשר לראות מרשימה זו, או מהתיאור שממנו התחלנו, העבודה הביולוגית משלבת עיסוק בשאלות אקטואליות (כיצד דברים מתנהגים) עם שאלות היסטוריות (כיצד דברים נוצרים התפתחותית ואבולוציונית). האתולוג ניקו טינברגן נתן סיכום קלאסי של אסטרטגיה משולבת זו כשהציג ב-1963 ארבע שאלות שיש לענות עליהן כאשר באים להסביר התנהגות של בעל חיים, או למעשה כל תכונה אחרת: לאיזו מטרה היא משמשת בחיי האורגניזם? כיצד היא מתפתחת במהלך החיים של הפרט? מה ההיסטוריה האבולוציונית שלה? ולבסוף, כיצד היא פועלת?

בימינו, ענפים שונים במדעי החיים מוקדשים לסוגים השונים של השאלות. אך כפי שהבחין טינברגן, הבנה של תופעות ספציפיות, ודאי הבנה של תבניות דומות של אירועים ותהליכים, מחייבת התייחסות לכולן.

הפילוסוף איאן האקינג ניסה לאפיין אוסף של "סגנונות חשיבה" שבני אדם פיתחו לאורך ההיסטוריה. למשל הסגנון ההגדרתי/דרוקטיבי, הסגנון הניסויי/מדירתי, שימוש בהשוואה וטקסונומיה וסגנון החשיבה הסטטיסטי.

סגנונות החשיבה נוצרו בתקופות מסוימות, במקומות מסוימים, ויצרו סוגים חדשים של שאלות, של תשובות ושל מושאי מחקר. אפשר לסכם את מה שנאמר עד כה בקביעה שהבנה בביולוגיה מערכת בהכרח מגוון של סגנונות חשיבה, אולי אפילו את כולם.

נוסף על הבנה זו, ביולוגים רבים דרים בעולם של הבנה מסוג אחר: הבנה של אורגניזם זה או אחר או מערכת אקולוגית מסוימת שהם מקדישים לה את חייהם. הבנה זו, שנובעת מהיכרות אינטימית עם מערכת ביולוגית, דומה אולי יותר להבנה הנובעת מקריאה של רומן טוב מאשר להבנה "מדעית". את שתיהן קשה עד בלתי אפשרי להסביר במילים. אפעל, על כן, לפי עצתו הידועה של ויטגנשטיין: על מה שלא ניתן לדבר ראוי לשתוק. ■

הפרט. רמה אחת בעלת חשיבות מיוחדת בחשיבה הביולוגית היא רמת האוכלוסייה.

אוכלוסייה של פרטים מאותו מין החולקים אזור מחיה היא היחידה הקטנה ביותר שבמסגרתה יכול להתרחש תהליך אבולוציוני. אוכלוסייה היא יחידה, אולי אפילו מערכת, שמאגדים אותה קשרי רבייה המתקיימים בין הפרטים המרכיבים אותה. במובן זה מדובר בקטגוריה ביולוגית במובהק.

אחרות השאלות הביולוגיות החשובות עוסקות באוכלוסיות במישרין או בעקיפין, ופחות כמה שקורה "בתוך" פרטים וביחסים בין מינים. למשל, התיאור הסטנדרטי של ברירה טבעית עוסק בשינוי בשכיחות של תכונות שונות בתוך אוכלוסייה, בשל העובדה שתכונה אחת מעניקה יתרון לבעליה בהשוואה לתכונה אחרת. אפילו היווצרות של מינים יכולה להיות תוצאה של התפצלות של אוכלוסייה אחת לשתי אוכלוסיות שבהמשך השתנו מספיק זו מזו.

וריאציה

המאפיין החשוב ביותר של אוכלוסיות הוא שהן מורכבות מפרטים השונים זה מזה. לכל תכונה יש מגוון אפשרויות. במילים אחרות: יש וריאציה בכל תכונה. רוב מוחלט של האוכלוסיות בטבע מפגין רמה זו או אחרת של וריאציה. וריאציה זו היא חומר הגלם של התהליך האבולוציוני. אך כפי שהרגיש הביולוג האבולוציוני ארנסט מאייר, תפיסה אוכלוסייתית שבמרכזה וריאציה מהווה אלטרנטיבה עקרונית לתפיסת טבע אסנציאליסטית.

האסנציאליסט ניסה לאפיין כלב, למשל, על ידי אוסף תכונות ייחודיות רק לכלבים שקיימות אצל כולם. חשיבה אוכלוסייתית מרגישה את ההתפלגות של כל תכונה. גם כאשר מגוון הערכים שיש לתכונה מצומצם (אין התפלגות משמעותית במספר הרגליים של כלבים), מה שיאפיין פרט כשייך לקבוצה איננו ערך מסוים (כלומר, גור כלבים שייולד עם שתי רגליים ייחשב לכלב). מאייר ראה ברעיון זה מהפכה דרוונית ביחס לתפיסת העולם האסנציאליסטית שמקורה אצל אריסטו.

מגוון ומקורות. ביולוג אוסף בולים

כיצד ביולוגים מתמודדים עם המורכבות שבאה לידי ביטוי בהיבטים אלה, שאינם ממצים כמובן את מה שנדרש להבנה של עולם החי? בראש ובראשונה על ידי עבודה אמפירית. לפיזיקאי הנודע