

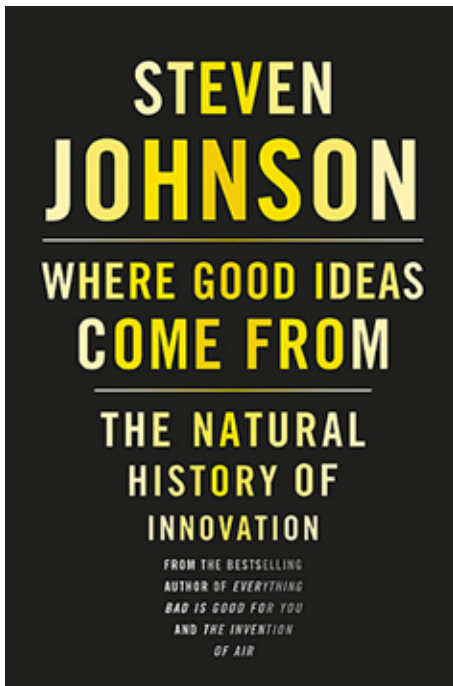
# אבולוציה, לא מהפכה ביקורת ספר

לייזר ברמן<sup>1</sup>

*Where Good Ideas Come From: The Natural History of Innovation*

By: Steven Johnson

(New York: Riverhead Books, 2010. Pages: 326. Price: \$26.95)



באמצע המאה ה-19 הפליג בחור אנגלי צעיר ונועז לדרום אמריקה. את ארבע השנים הבאות הוא בילה באיסוף דגימות מן הטבע יחד עם חבריו, ולאחריהן חזר לאנגליה כדי לפרסם את ממצאיו. בהמשך, הוא יצא למסע בן שמונה שנים אל הודו המזרחית. במהלך מסע זה גילה החוקר הצעיר אלפי זנים ומינים חדשים, אסף דגימות וחידד את הבנתו בנושא האבולוציה. לבסוף, העלה את תאוריית הברירה הטבעית, תאוריה אשר יצאה לאור בשנת 1858, בפרסום משותף.

חוקר טבע מפורסם זה הינו, כמובן, אלפרד ראסל וולאס. ניתן לסלוח לרוב הקוראים, אשר ודאי הניחו כי מדובר היה במדען צ'ארלס דארווין, המפורסם ממנו עשרות מונים. גם דארווין הפליג לדרום אמריקה ואף מעבר לה, ובמשך

שנים ארוכות אסף דגימות וערך תצפיות מדעיות, אשר היוו בסיס לתאוריות האבולוציה והברירה הטבעית שהעלה. למעשה, אותו מחקר שפורסם בשנת 1858 בנושא הברירה הטבעית, נכתב במשותף על ידו ועל יד וולאס. ספרו של דארווין "מוצא המינים", אשר

<sup>1</sup> לייזר ברמן הוא חוקר במרכז דדו.

פורסם בשנת 1859, היה זה שהקנה לכותבו את תהילתו הבין-לאומית.

כיצד ייתכן ששני החוקרים, שעבדו בנפרד זה מזה, הגיעו לאותן מסקנות בערך באותו זמן? לא וולאס ולא דארווין הגיעו לתאוריית הברירה הטבעית ברגע אחד של גאונות שהוביל לפריצת דרך מאסיבית זו. במקום זאת, הסתמכו שני החוקרים על תאוריות ועל מחקרים קיימים, אשר העניקו להם את הבסיס האינטלקטואלי לתגלית המדעית החשובה שבזכותה התפרסמו.

מה שמפתיע עוד יותר הוא שתאוריית הברירה הטבעית אינה התגלית המדעית המשמעותית היחידה שחוקרים שונים שעבדו בנפרד, גילו כמעט בדיוק במקביל. רחוק מכך; בשנת 1922, ריכזו וויליאם אוגברון ודורות'י תומאס רשימה של כמעט 150 תגליות מדעיות שהתגלו באותו זמן על ידי מדענים שונים. ברשימה ארוכה זו מופיעים, בין השאר, תגליות כמו כוכב הלכת נפטון (אדאמס 1845, לברייר 1845), החמצן (שילי 1774, פריסטלי 1774), הטלגרף (הנרי 1831, מורס 1837, קוק־וויסטטון 1837, סטיינהיל 1837) והמיקרופון (ברלינר 1877, אדיסון 1877-1878, הוגס 1878, בלייק 1878). "האם תגליות וחידושים מדעיים הינם בלתי נמנעים?", שואלים מחברי הספר. "האם אפשרי שחידושים מדעיים אינם תלויים ביכולת שכלית? הייתכן שהדטרמיניזם<sup>2</sup> בתגליות מדעיות אינו פועל יוצא של הכוונה תרבותית?".

קיומן של תגליות מקבילות, המכונות "כפלים", מצביע על תובנה חשובה באשר לטבעם של רעיונות חדשים. תובנות אלה לרוב אינן תוצאה של מדענים המסתגרים במעבדה לבדם, וחווים שנים ארוכות ובודדות של נסייה וטעייה עד לרגע ה"אאורקה" פורץ הדרך. במקום זאת, התאורטיקן והכותב המדעי סטיבן ג'ונסון מציע ש"הן (התובנות) נבנות מתוך אוסף של חלקים קיימים, שהרכבם מתרחב (ולפעמים גם יוצרים מגע) לאורך זמן. באוסף זה ישנם גם חלקים רעיוניים: דרכים שבעזרתן ניתן לפתור בעיות, או הגדרות חדשות באשר למהותן של הבעיות שיש לפתור. חלקים אחרים הם מכאניים, תרתי משמע".

בספרו **מהיכן עולים רעיונות טובים: ההיסטוריה הטבעית של החדשנות**, שופך ג'ונסון אור על "מרחב החדשנות" בעזרת תובנות העולות מתוך התבוננות בטבע. מדוע ישנם מרחבים טבעיים מסוימים, כמו שוניות אלמוגים, המעודדים גיוון ביולוגי וחדשנות מפעמיים; זאת, בעוד שבמרחק קילומטרים ספורים משם באוקיינוס ישנם אזורים שוממים לחלוטין, שהמגוון הביולוגי בהם הוא מצומצם ביותר?

רעיון ה"אפשרי הסמוך", המהווה רעיון מרכזי בספר, הוא בעל השלכות חשובות בנושא חדשנות צבאית. עוד לפני התפתחות החיים על פני כדור הארץ, כוכב הלכת שלנו הורכב מכמה מולקולות בסיסיות, כמו מתאן, מים, CO<sub>2</sub>, וחומצות אמינו. מולקולות אלו עברו תהליך של התרכבות, וכך נוצרו אבני הבניין של החיים, כגון מולקולות הסוכר שבחומצות הגרעין של ה-DNA. עם זאת, המולקולות לבדן אינן מסוגלות ליצור פונקציות מורכבות יותר, המאפשרות צורות חיים מתקדמות. חדשנות ביולוגית מהפכנית, כגון פוטוסינתזה

<sup>2</sup> דֵּטֶרְמִינִיזְם היא השקפה פילוסופית לפיה כל מאורע בעולם, פעולה, החלטה או מחשבה אנושית נקבעים באופן בלעדי על ידי אירועים קודמים.

או אגודלים נגדיים, התאפשרה רק לאחר מיליארדי שנים של חדשנות ביולוגית הדרגתית. במסגרת תהליך ארוך ואיטי זה, התפתחו המולקולות והפכו לתאים בסיסיים; התאים התפתחו והפכו לצורות חיים פשוטות, ואלה בתורן הפכו לצורות חיים מתקדמות. המונח 'האפשרי הסמוך', שהוטמע לראשונה על ידי המדען סטיוארט קאופמן, מתאר את קשת האפשרויות של קומבינציות חדשות, אשר תחומה בגבולות ברורים. גבולות אלה מתרחבים ומשתנים עם כל קומבינציה חדשה שנוצרת, כך נולד 'אפשרי סמוך' חדש. "תחשבו על זה כעל בית שמתרחב באורח פלא עם כל דלת חדשה שנפתחת בו", כותב ג'ונסון. "מתחילים מחדר בעל ארבע דלתות, שכל אחת מהן מובילה לחדר שטרם היינו בו. ארבעת החדרים הללו הם האפשרי הסמוך. עם זאת, לאחר שנפתח את אחת הדלתות וניכנס דרכה לחדר חדש, יתגלו לעינינו שלוש דלתות נוספות, שכל אחת מהן מובילה לחדר שאליה לא יכולנו להגיע מנקודת המוצא שלנו. אם נמשיך לפתוח דלתות, בסופו של דבר יהיה לנו ארמון".

הרעיון של האפשרי הסמוך רלוונטי לא פחות לעניין החדשנות האנושית. תופעת הכפלים בתגליות מדעיות מתרחשת בשל גבולות האפשרי הסמוך. דארווין ווולאס לא היו יכולים להגיע לתאוריית הברירה הטבעית מבלי להסתמך על פריצות הדרך של מדענים אחרים לפנייהם. בדומה לכך, תובנותיהם של דארווין ווולאס הובילו בתורם לתגליות ותובנות נוספות בנוגע לאבולוציה ולהתפתחות החיים על פני כדור הארץ.

הגבולות והאפשרויות שנובעים מן האפשרי הסמוך בולטים אף יותר בהתבוננות בחידושים הטכנולוגיים המשמעותיים ביותר בימינו. לדברי ג'ונסון, אילו ניסו מייסדי YouTube ליישם את אותו הרעיון בשנת 1995, הוא היה נוחל כישלון מוחץ, משום שבשנותיה הראשונות, עדיין לא תמכה רשת האינטרנט בשיתוף קטעי וידאו; כדי לפעול, נזקקה YouTube להמצאות הטכנולוגיות של האינטרנט המהיר ו־Adobe Flash. גם טכנולוגיות אלה מתבססות, כמובן, על המצאות קודמות, כגון ה־World Wide Web, המחשב והחשמל.

מתוך רעיון האפשרי הסמוך, עולה השאלה הבאה, המוצגת בספר: מהי הסביבה שתוביל להרחבת טווח האפשרויות של האפשרי הסמוך? אם שילוב אלמנטים קיימים הוא הדבר המוביל לקפיצת המדרגה הטכנולוגית הבאה, אלו סוגי סביבות יכולות לעודד שילוב שכזה? לטענת ג'ונסון, התשובה לכך היא רשתות ניזלות, מערכות חדשניות "על גבול הכאוס", שבהן קיים האיזון הראוי בין כאוס לסדר, אשר מעודדות מפגשים אקראיים בין האלמנטים השונים שבתוכן. במישור האנושי, רשתיות מסוג זה מתקיימת במקומות שבהם בני אדם בעלי אמונות ודעות שונות נפגשים ויוצרים קשרים אלו עם אלו. בעולם העתיק, ערי נמל ודרכי מסחר היו גבול הכאוס; כיום, העיר מהווה מוקד לחדשנות (בחישוב מספר הפטנטים וההמצאות לנפש בערים, התושב הממוצע של עיר שבה חיים חמישה מיליון תושבים הוא יצירתית פי שלושה מאשר התושב הממוצע של עיר שחיים בה מאה אלף תושבים בלבד); עם זאת, בעידן המודרני קיימות סביבות כאלה גם בפלטפורמות אינטרנטיות שונות, המפגישות בין מגוון אנשים ודעות, ומעודדות חדשנות.

הרעיונות של ג'ונסון בנוגע לאפשרי הסמוך ולחדשנות מעניקים לנו תובנות חשובות באשר לאופן שבו אנו תופסים את החדשנות הצבאית. לעיתים קרובות, נתפסת חדשנות צבאית כפריצת דרך, כמהפכה רעיונית וטכנולוגית אשר משנה באופן מהותי את אופייה של המלחמה. אנו מחפשים בנרות את המהפכה הבאה בעניינים צבאיים כדי להשיג יתרון על פני אויבינו, כך שיידרשו להם שנים ואפילו עשורים להסתגל למצב החדש. תאוריית האפשרי הסמוך מציעה הסתכלות שונה לחלוטין. לפי תאוריה זו, פריצות דרך מהפכניות הן נדירות עד מאוד; מצד שני, בדומה לחדשנות בתחומים אחרים, חדשנות צבאית נוצרת באמת במפגש בין רעיונות קיימים, והחידושים ההדרגתיים שהם יוצרים פותחים את הדלת בפני אפשרי סמוך חדש.

ברגע שנכיר במציאות זו, ניתוח מעמיק יותר יוכל לקבוע את האופנים שבהם צבאות בכלל, או צבאות מסוימים, כגון צה"ל, מתבססים על טכנולוגיות ורעיונות קיימים כדי לחדש. מסקירה ראשונית עולה כי ישנן שלוש דרכים מרכזיות המובילות למימוש האפשרי הסמוך; שילוב מחודש של טכנולוגיות/רעיונות קיימים, שכלול או ארגון בצורה חדשה, כדי להסתגל לאתגרים חדשים. האם ישנה דרך מסוימת שעליה אנו מסתמכים באופן שיטתי? האם ישנה דרך שאנו נמנעים ממנה? האם ישנן נסיבות שבהן דרך אחת מתאימה יותר מאחרת? האם אחת הדרכים מהירה יותר, או אולי בטוחה יותר? שאלות חקר אלה הן בעלות חשיבות רבה, ויש לקיים בעניינן מחקר מעמיק בעתיד.

עבודתו של ג'ונסון בנושא רשתות נזילות אשר מעודדות שילוביות המובילה לחדשנות, חשובה גם בעבור העוסקים בחדשנות צבאית. ניתוח של ארגונים צבאיים עשוי להצביע על כך שקיימות בהם סביבות מעטות מדי המאפשרות זרימה חופשית של מידע ושל רעיונות, ומפגש אקראי ביניהם. בשל הצורך בשמירה על ביטחון המידע והמבנה הארגוני הנוקשה, הסביבה שנוצרה בצבאות נוקשה מכדי לאפשר חדשנות אמיתית. לכן, על המפקדים לשקול כיצד ניתן ליצור פלטפורמות ומרחבים שיהוו מקום מפגש בעבור מגוון אנשים ורעיונות, ובכך לעודד חדשנות. המטרה היא ליצור סביבות הדומות לערי הנמל בעת העתיקה; הספינות שהגיעו אליהן מכל רחבי העולם, והרעיונות והמוצרים המגוונים שהן הביאו על סיפונן פגשו אלו באלו וכך הביאו להולדתם של פתרונות חדשים לאתגרי השעה. במסע החיפושים הבלתי נלאה של מפקדים בעקבות המהפכה הצבאית הבאה, מפתה לחשוב על החדשנות כעל דבר אין-סופי ובלתי מוגבל. עם זאת, לפי ספרו של ג'ונסון - מהיכן עולים רעיונות טובים - מהפכה שכזו הינה תהליך הדרגתי ובלתי מתוכנן. אם כן, האתגר העומד לפתחנו הוא לזהות זאת, וליצור סביבה המעודדת חדשנות הדרגתית אך אמיתית.