

 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>

 10.22034/marefatfalsafi.2025.5002165

 20.1001.1.17354545.1404.23.2.6.3

The Challenge of the Tautological Definition of "Fitness" from the Perspective of the Explanatory Power of "Natural Selection" in Evolutionary Theory and a Critical Review of Elliott Sober's Response

Masoud Toossi Saidi  / Assistant Professor of Institute for Science and Technology Studies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
m_tousi@sbu.ac.ir

Received: 2025/05/31 - Accepted: 2025/09/30

Abstract

This paper examines the circularity challenge inherent in the definition of “fitness” from the standpoint of the explanatory value of natural selection in evolutionary theory. The fundamental issue arises from the fact that fitness is often defined in a circular manner without offering an independent criterion. In other words, employing the statement “those that survive are the fitted ones” without specifying the precise causal factors for survival transforms natural selection into a tautology: “those that survive are the ones who survive.” Initially, the paper reviews the historical background and the conceptual position of fitness in Darwin’s work, regarding the efforts of earlier biologists in formulating evolutionary theory. It then thoroughly examines the criticisms raised by philosophers and biologists such as Popper and Brandon. Subsequent sections analyze Elliott Sober’s response to this tautology challenge, in which he proposes a probabilistic propensity interpretation of fitness—incorporating viability and fertility components—to establish a causal formulation. However, the analysis reveals that even Sober’s proposal regarding the causal role of variety in fitness within evolution faces significant challenges, ultimately leaving his response inconclusive..

Keywords: natural selection, Fitness, tautology, variation in Fitness, biodiversity.

نوع مقاله: پژوهشی

چالش این همان‌گویی تعریف «سازگاری» از منظر ارزش تبیینی «انتخاب طبیعی» در نظریه «تکامل» و بررسی انتقادی پاسخ الیوت سوپر به آن

مسعود طوسی سعیدی  / استادیار گروه فلسفه و روش‌شناسی علم، پژوهشکده مطالعات بنیادین علم و فناوری دانشگاه شهید بهشتی.

m_tousi@sbu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۸

چکیده

این مقاله به بررسی چالش این‌همان‌گویی در تعریف «سازگاری» از منظر ارزش تبیینی انتخاب طبیعی در نظریه «تکامل» می‌پردازد. مسئله اصلی از آنجا ناشی می‌شود که تعریف «سازگاری» غالباً به صورت دوری و بدون ارائه معیار مستقل، به بقا و تولیدمثل موجود زنده ارجاع می‌دهد. به عبارت دیگر، کاربرد گزاره «آنهايي که زنده می‌مانند، سازگارترند» بدون تبیین دقیق علت بقا، موجب می‌شود انتخاب طبیعی به یک این‌همان‌گویی تقلیل یابد: «آنهايي که زنده می‌مانند، همان‌هایی هستند که زنده می‌مانند». مقاله ابتدا پیشینه تاریخی و جایگاه مفهومی «سازگاری» را نزد داروین با تأکید بر تلاش‌های زیست‌شناسان پیش از او در صورت‌بندی نظریه «تکامل» مرور کرده، سپس نقدهایی را که از سوی فیلسوفان و زیست‌شناسانی همچون پوپر و براندون درباره این‌همان‌گویی انتخاب طبیعی مطرح شده‌اند، به تفصیل بررسی نموده است. در ادامه، تحلیل انتقادی پاسخ الیوت سوپر به این چالش ارائه شده؛ جایی که سوپر با پیشنهاد تعریف «سازگاری» به عنوان گرایشی احتمالاتی (شامل مؤلفه‌های زنده‌مانی و باروری)، در پی صورت‌بندی علی این اصطلاح است. با این حال، تحلیل‌های ارائه‌شده نشان می‌دهند که حتی پیشنهاد سوپر مبنی بر نقش علی «تنوع در سازگاری» در فرایند تکامل، با چالش‌های مهمی - از جمله چالش این‌همان‌گویی - مواجه است و از این رو پاسخ او نیز هنوز نهایی تلقی نمی‌شود.

کلیدواژه‌ها: انتخاب طبیعی، سازگاری، این‌همان‌گویی، تنوع در سازگاری، تنوع گونه‌های زیستی.

مقدمه

بنا به گفته چارلز داروین (Charles Darwin, 1809-1882)، مطالعه کتاب درباره اصول جمعیت (*Essay on the Principles of Population*)، اثر توماس مالتوس (Thomas Malthus, 1776-1834) از سر سرگرمی، در شکل‌گیری اندیشه او پیرامون تکامل بسیار تعیین‌کننده بوده است: «در اکتبر ۱۸۳۸ (یعنی پانزده ماه پس از آغاز تحقیقات نظام‌مند) و برای سرگرمی، کتاب درباره اصول جمعیت مالتوس را خواندم و چون در نتیجه مدت‌ها مشاهده عادات حیوانات و گیاهان به‌خوبی آماده بودم تا پی ببرم که تنازع بقا (Struggle for Existence) در همه‌جا جریان دارد، بلافاصله به نظرم رسید که تحت این شرایط، تنوع‌های مطلوب حفظ می‌شوند و تنوع‌های نامطلوب از بین می‌روند (Darwin, 1958, p120).

اصطلاح‌های «مطلوب» (Favorable) و «نامطلوب» (Unfavorable) در این نقل قول، مفاهیم جافتاده‌ای نیستند. با این حال، به‌سادگی می‌توان دریافت که بازتاب‌دهنده معنای دو اصطلاح رایج «سازگاری» (Adaptedness) و «تناسب» (Fitness) در نظریه «تکامل» هستند.

در این مقاله، از اصطلاح «سازگاری» استفاده خواهد شد؛ زیرا رایج‌تر است؛ اما منظور - همان‌گونه که در ادامه روشن خواهد شد - بیشتر به‌معنای «تناسب» است. تعاریف این دو اصطلاح در نهایت، به‌طور دقیق با یکدیگر مرتبط می‌شوند (Mahner & Bunge, 1997, p322-323).

مفهوم «تنازع بقا» - ملهم از مالتوس - از همان نخستین ویرایش درباره منشأ انواع (*On the Origin of Species*) در صورت‌بندی‌های داروین از نظریه «تکامل» حضور دارد. داروین متأثر از فلسفه علم نیوتنی و در زمینه نیوتنی‌تر کردن زیست‌شناسی تکاملی (Ruse, 1982, p44 & 49-51)، تنازع بقا را به‌صورت یک محاسبه ریاضی برای تقریب تعداد افراد جمعیت برجای‌مانده از یک جفت در طول چند نسل تعبیر می‌کند: جمعیت انسان‌هایی که به‌طور کند تولید مثل می‌کنند، در ۲۵ سال دو برابر می‌شود و با این نرخ، در چند هزار سال، به‌طور واقعی جایی برای اسکان نسل خود روی زمین وجود نخواهند داشت (Darwin, 1859, p64).

با این حال، مفهوم «بقای سازگارترین» یا «بقای اصلح» (Survival of the Fittest) ده سال پس از انتشار ویرایش اول و برای نخستین بار در ویرایش پنجم منشأ انواع، به‌صورت مفهومی کلیدی، با جایگاهی اساسی و قریب بیست بار در سراسر کتاب به‌کار رفته است.

داروین در این ویرایش، تعبیر «بقای اصلح» را به‌عنوان فصل چهارم کتاب - که در ویرایش نخست صرفاً «انتخاب طبیعی» (Natural Selection) نام داشت - اضافه می‌کند تا نوعی هم‌معنایی

میان انتخاب طبیعی و بقای اصلح را القا کند: «انتخاب طبیعی» یا «بقای اصلح» (Darwin, 1869, p84) (Natural Selection or The Survival of the Fittest).

الیوت سوپر (Elliott Sober) سابقه تاریخی مطرح شدن و اهمیت یافتن اصطلاح «بقای اصلح» در منشأ انواع را چنین توضیح می‌دهد: تلاش‌های فراوان داروین برای نشان دادن عدم نیاز انتخاب طبیعی به یک عامل هوشمند انتخاب‌کننده، موفق نبود؛ تا اینکه آلفرد راسل والاس (Alfred Russel Wallace, 1823-1913) راهی برای جلوگیری از این سوءتفاهم پیشنهاد کرد. او توصیه کرد که داروین از عبارتی استفاده کند که هربرت اسپنسر (Herbert Spencer) در سال ۱۸۶۴ برای توصیف نظریه «تکامل ابداع» کرده بود: «بقای اصلح».

داروین این عبارت را نخست در کتاب تنوع حیوانات و گیاهان تحت پرورش (*Variation of Animals and Plants Under Domestication*) در سال ۱۸۶۸ معرفی کرد و یک سال بعد آن را در ویرایش پنجم منشأ انواع گنجانده (Sober, 2024, p19).

رابرت براندون (Robert Brandon) یکی از فیلسوفان زیست‌شناسی، پس از گذشت بیش از یکصد سال از انتشار ویرایش پنجم منشأ انواع، یکی از نخستین مقالات خود را به بررسی چالش تعریف مفهوم «سازگاری» اختصاص داد. او در آغاز مقاله، پس از ذکر دو نقل قول که یکی بر عدم اجماع دانشمندان در باب تعریف «سازگاری» (Lewontin, 1957, p395) و دیگری بر وجود اختلافات فراوان میان آنان در این باره (Bock & Von Wahlert, 1965, p283) تأکید دارند، چنین موضع می‌گیرد: «ما در یک قرن گذشته [قریب یکصد سال پس از انتشار آخرین ویرایش منشأ انواع] به اندازه کافی این مفهوم را مشخص نکرده‌ایم و مهم است که این کار را انجام دهیم» (Brandon, 1978, p181).

تلاش برای ارائه تعریف «سازگاری» همچنان ادامه دارد. دسته‌ای از این تلاش‌ها می‌کوشند «سازگاری» را به صورت یک گرایش (Propensity) صورت‌بندی کنند تا به انتخاب طبیعی، نوعی ارزش تبیینی علی بیخشند. به بیان دقیق‌تر، اینکه سازگاری به عنوان یک گرایش یا قابلیت درونی تعریف شود تا بر چالش پویری این همان‌گویی فائق آید، به دهه هفتاد قرن گذشته میلادی بازمی‌گردد (Pence & Ramsey, 2013, p852).

سرآغاز این دسته از تلاش‌ها به‌طور مشخص، دو اثر است: تفسیر سازگاری به مثابه گرایش (Mills & Beatty, 1979) و سازگاری و نظریه تکامل (Brandon, 1978).

الیوت سوپر نیز از همین دسته تلاش‌ها (یعنی فهم سازگاری به مثابه یک گرایش) حمایت کرده و در تکمیل آنها، دیدگاه‌های خود را مطرح نموده است.

اگر مقاله «سازگاری ویژگی یک گرایش نیست، اما تنوع سازگاری هست»، اثر سوپر را که در آن برای

نخستین بار دیدگاه تکمیلی‌اش را ارائه داده است (Sober, 2013) مد نظر قرار دهیم، آثاری نظیر تکامل مربوط به جمعیت‌هاست، اما علل آن مربوط به افراد است (Bourrat, 2019)، بنیادهای مفهومی تفسیر گرایشی از سازگاری (Mayne, 2023)، تعاریف انتخاب طبیعی مبتنی بر ویژگی در مقابل تعاریف مبتنی بر سازگاری (Jeler, 2024) و ساختار علی انتخاب طبیعی (Pence, 2021)، تنها نمونه‌هایی از تلاش‌های سال‌های اخیر هستند که تحت تأثیر دیدگاه سوپر منتشر شده‌اند.

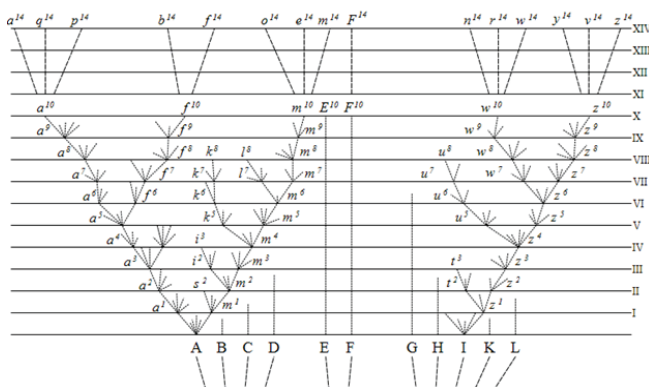
میزان موفقیت پاسخ پیشنهادی سوپر — که در چارچوب همین دسته از تلاش‌ها قرار می‌گیرد؛ یعنی تلاش‌هایی که می‌کوشند با صورت‌بندی سازگاری به‌مثابه گرایش، به انتخاب طبیعی ارزش تبیینی علی ببخشند — موضوع بررسی این مقاله است.

۱. جایگاه تبیینی انتخاب طبیعی در نظریه «تکامل» داروین

اهمیت تعریف «سازگاری» تابعی از جایگاه انتخاب طبیعی در نظریه «تکامل» است. از این رو پیش از پرداختن به چالش‌های مرتبط با تعریف «سازگاری»، لازم است جایگاه انتخاب طبیعی در نظریه «تکامل» روشن شود. بنا بر تعبیر ارنست میر (Ernst Mayr)، پرسش اساسی زیست‌شناس تکاملی «چرا؟» است؛ و این «چرایی» به معنای «چگونه شدن» یا «از کجا آمدن» (How Come) است، نه به معنای غایت‌انگارانه پرسش از «برای چه؟» نظریه «تکامل» برای پاسخ به این چرایی، تبیینی تاریخی ارائه می‌دهد: «هر موجودی، چه فردی و چه گونه‌ای، محصول یک تاریخ طولانی است؛ تاریخی که واقعاً به بیش از ۲۰۰۰ میلیون سال پیش بازمی‌گردد» (Mayr, 1961, p1502).

تصویر زیر که تنها تصویر کتاب منشأ انواع است، در همان فصل چهارم آمده:

شکل ۱: درخت حیات، برگرفته از فصل چهارم منشأ انواع (Darwin, 1859, p117)



محور عمودی در این تصویر، زمان - یا به بیان دقیق‌تر، کل تاریخ حیات - و محور افقی، تنوع گونه‌ها را نشان می‌دهد. بدین سان، آنچه میر به عنوان تبیین در زیست‌شناسی تکاملی معرفی می‌کند، توضیح روند تغییرات گونه‌ها (محور افقی) در سیر تاریخی حیات (محور عمودی) است.

یکی از راه‌های توضیح جایگاه انتخاب طبیعی در نظریه «تکامل» داروین، مقایسه درخت او با درخت‌های دیگران است! قدمت استفاده از استعاره «درخت» برای ارائه تصویری از روابط میان اعضا (ارگانیسم‌ها) - به معنایی نزدیک به طبقه‌بندی‌ها و ترسیم‌های امروزی - دست‌کم به یک قرن پیش از انتشار منشأ/انواع بازمی‌گردد

۱-۱. تاریخچه استفاده از استعاره درخت برای طبقه‌بندی موجودات زنده

بنوآ دی مایه (Benôit de Maillet, 1656-1738) فرضیه «تبدل انواع و تکامل موجودات از یکدیگر» را به صورت بسیار کلی و اولیه مطرح کرده بود. او بر این باور بود که روزگاری اقیانوسی تمام سطح زمین را پوشانده بوده و با پس‌نشینی آن و ظهور نواحی خشکی، حیوانات دریایی به حیواناتی تبدیل شدند که توانایی راه رفتن بر روی زمین را به دست آوردند (Smedt, 2020, p28).

بدین سان، یک قرن پیش از داروین، اگرچه به مفهوم «تکامل» (Evolution) به صراحت اشاره نمی‌شد، اما انگاره انساب مشترک گونه‌های زنده تا حدی در مطالعات و متون طبیعت‌گرایان مطرح و بررسی شده بود. در نیمه دوم قرن هجدهم، فیلسوف طبیعت‌گرای سوئیسی، چارلز بونت (Charles Bonnet, 1720-1793)، طبیعت‌گرای آلمانی پیتر سایمون پالاس (Peter Simon Pallas, 1741-1811) و ریاضی‌دان و طبیعت‌گرای فرانسوی جورج لوئیس لکلر دی بوفون (George Luis Leclerc de Buffon, 1707-1788)، در توضیحات خود درباره طبقه‌بندی موجودات زنده، از استعاره «درخت» استفاده کرده‌اند.

طبیعت‌گرای کمتر شناخته‌شده فرانسوی، آگوستین اوژیه (Augustin Augier, 1758-1825)، افزون بر ترسیم درختی که در آن با ستاره‌هایی شباهت‌های خانوادگی گونه‌ها را مشخص کرده بود، به صراحت به «شجره‌نامه» بودن درخت خود نیز اشاره کرد و نوشت: «این شکل مانند یک درخت شجره‌نامه، به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین برای درک ترتیب و درجه‌بندی سری‌ها یا شاخه‌هایی است که کلاس‌ها یا خانواده‌ها را تشکیل می‌دهند. این شکل... درست مانند یک شجره‌نامه ترتیبی را نشان می‌دهد که شاخه‌های مختلف یک خانواده از ساقه‌ای که به آنها تعلق دارد، آمده‌اند (Pietsch, 2013, p1-2).

انگاره «تکامل» در قرن هجدهم - احتمالاً - به صراحت مطرح نشده بود، اما در نیمه اول قرن نوزدهم و پیش از انتشار منشأ/انواع، درخت‌هایی ترسیم شده که در آنها به تکامل (یعنی پیدایش انواع جدید از طریق بروز تغییراتی در انواع قدیمی) به روشنی اشاره شده است.

ارنست میر معتقد است: هیچ‌یک از پیشینیان داروین به اندازه لامارک (Jean-Baptiste Lamarck, 1744-1829) به انگاره «تکامل» نزدیک نشده‌اند. از نظر میر، پیش از لامارک، تکامل صرفاً به‌طور گذرا مطرح شده بود:

او [لامارک] نخستین نویسنده‌ای بود که یک کتاب کامل را به ارائه نظریه‌ای درباره تکامل طبیعی (ارگانیسم) اختصاص داد. او اولین کسی بود که کل ساختار (سیستم) حیوانات را به‌عنوان محصول تکامل معرفی کرد (Mayr, 1972, p61).

به نظر می‌رسد دیرینه‌شناس آلمانی، هاینریش جورج برون (Heinrich Georg Bronn, 1800-1862)، پس از لامارک - که جدولی برای نشان دادن منشأ حیوانات مختلف ارائه داده بود - نخستین کسی باشد که نمودار درخت‌مانندی را ترسیم کرده که تاریخچه تکاملی را نمایش می‌دهد. این نمودار که «نظام حیوانات» نام دارد، در سال ۱۸۵۸ و یک سال پیش از انتشار منشأ انواع منتشر شده است (Pietsch, 2013, p72).

بنابراین، باور به منشأ واحد داشتن انواع، تبدیل آنها به یکدیگر، نسبت دادن یک تاریخ تکاملی به آنها و ترسیم درخت‌های حیاتی که این تاریخ را بر اساس شباهت‌های میان انواع به تصویر می‌کشند، با داروین آغاز نشده و او وارث این انگاره‌هاست. حتی واژه «تکامل» را داروین نخستین‌بار در ویرایش ششم کتاب منشأ انواع در سال ۱۸۷۲ - سه سال پس از افزودن مفهوم «سازگاری» در ویرایش پنجم و سیزده سال پس از انتشار نخستین ویرایش کتاب - به‌کار برده است.

سهمی که داروین داشت و او را از سایر طبیعی‌دانان پیش از خود متمایز ساخت، به‌کارگیری مفهوم «انتخاب طبیعی» برای تبیین منشأ انواع بود؛ امری که در عنوان کامل کتابش در همان نخستین ویرایش نیز به آن اشاره شده است: درباره منشأ انواع به‌وسیله انتخاب طبیعی (On the Origin of Species by Means of Natural Selection).

امتیاز اصلی نظریه «تکامل» داروین نسبت به انگاره‌ها و دیدگاه‌های پیشین، تأکید او بر «انتخاب طبیعی» است، به‌گونه‌ای که حیات و تنوع گونه‌های زنده را به‌طور کامل بر اساس یک فرایند فاقد ذهن توضیح می‌دهد. این تبیین جدید در زمینه یکی از داغ‌ترین دوگانه‌های فکری قرن نوزدهم، یعنی ماشین‌انگاری (Mechanism) و اصالت حیات (Vitalism) بسیار بااهمیت بود؛ زیرا «حیات» تکیه‌گاه اصلی طرفداران اصالت حیات برای رد دیدگاه‌های ماشین‌انگاران به‌شمار می‌رفت. تبیین داروین چون حیات و تنوع آن را مبتنی بر یک فرایند فاقد ذهن توضیح می‌دهد، از سوی ماشین‌انگاران مورد استقبال قرار گرفت (De Klerk, 1979, p5-6).

۲-۱. انتخاب طبیعی؛ علیه هر نوع طرح و اراده

کارل پوپر (Karl Popper, 1902-1994) در یک سخنرانی معروف در دانشگاه کمبریج که در برنامه‌ای

برای گرامیداشت داروین ایراد شد، با وجود انتقادات پیشین و پسین خود نسبت به اصل «انتخاب طبیعی»، با نظریه «تکامل» همدلی نشان داد و «انتخاب طبیعی» را مهم‌ترین سهم داروین در نظریه «تکامل» معرفی کرد (Popper, 1978, p344).

در انتهای شاخه‌های درخت‌های تکاملی، گونه‌های زیستی موجود قرار دارند. اینکه چرا امروزه چنین تنوعی از گونه‌ها وجود دارد - به جای حالت‌های دیگری که می‌توانستند جایگزین وضعیت کنونی باشند - موضوعی نیازمند تبیین است. درواقع، «انتخاب طبیعی» با محوریت مفهوم «سازگاری»، متکفل تبیین این مسئله است.

در امتداد صورت‌بندی گالاگر از انتخاب طبیعی، می‌توان چنین گفت: اینکه چرا چنین تنوعی از گونه‌های زیستی داریم و نه تنوعی دیگر، به این علت بوده که گونه‌های موجود، گونه‌هایی سازگارتر بوده‌اند و از این رو انتخاب شده‌اند بدین‌سان، «انتخاب طبیعی» افزون بر آنکه از طریق ارجاع به یک فرایند فاقد ذهن، بر نبود - یا عدم نیاز - به نوعی اراده برای تبیین حیات و تنوع آن تأکید می‌ورزد، چرایی تنوع موجود را نیز - درحالی که امکان تحقق تنوع‌های دیگر وجود داشت - بر اساس مفهوم «سازگاری» تبیین می‌کند.

پوپر می‌گوید: تقریباً باورنکردنی است که به‌واسطه انتشار منشأ/نوع در سال ۱۸۵۹، جو تا چه اندازه تغییر کرد، و استدلالی که واقعاً هیچ جایگاهی در علم نداشت [کور بودن تاریخچه حیات در برابر هر نوع قایل شدن به طرح و اراده]، توسط تعداد زیادی از نتایج بسیار چشمگیر و به‌خوبی آزمایش‌شده علمی، بسیار جدی شد... تصویر ما از جهان، به شکلی که هرگز پیش از آن تغییر نکرده بود، دگرگون شد (Popper, 1978, p341).

۲. چالش این همان‌گویی تعریف سازگاری برای انتخاب طبیعی

انتقادهای پوپر علیه نظریه «تکامل» که تمرکز اصلی‌شان بر انتخاب طبیعی بود، منجر به رونق گرفتن بررسی‌ها درباره ارزش علمی و تبیینی این نظریه در دهه‌های میانی قرن بیستم شد. پوپر هیچ‌یک از آثار خود را به طور متمرکز به زیست‌شناسی تکاملی اختصاص نداده، اما نقدهای او در مجموع، شامل سه ادعاست (Stamos, 1996, p 162-173):

الف) تاریخی بودن مدعای زیست‌شناسی تکاملی: پوپر در جایی به‌صراحت بیان می‌دارد که «تکامل نمی‌تواند در محدوده روش علمی قرار بگیرد»؛ زیرا هر قانون علمی باید قابل آزمایش باشد، ولی ما نمی‌توانیم فرضیه‌ای را که تاریخچه‌ای منحصر به فرد را بازگو می‌کند، آزمایش کنیم (Popper, 1986, p108-109).

او نظریه «تکامل» داروین را یک مدعای تاریخی جزئی و مشخص می‌داند که ارزش نظری آن مشابه است با ارزش نظری این ادعا که «چارلز داروین و فرانسیس گالتون یک جد مشترک داشته‌اند» (Popper, 1986, p107).

ب) پیش‌بینی‌ناپذیری نظریهٔ تکامل: پوپر همچنین این نقد را وارد می‌داند که نظریهٔ «تکامل» چیزی را پیش‌بینی نمی‌کند؛ زیرا از مشاهدهٔ یک فرایند منحصر به فرد نمی‌توان آینده‌ای را پیش‌بینی کرد؛ چنان‌که دقیق‌ترین مشاهدهٔ یک کرم ابریشم در حال رشد، به ما کمک نخواهد کرد که تغییر شکل آن به پروانه را پیش‌بینی کنیم (Popper, 1986, p109). او در فصل ۳۷ از زندگینامهٔ خودنوشت‌اش با عنوان داروین‌بسم به‌مثابهٔ یک برنامهٔ پژوهش متافیزیکی، همین مدعا را تکرار می‌کند: «ما نمی‌توانیم هیچ تغییر تکاملی مشخصی را پیش‌بینی یا تبیین نماییم» (Popper, 2002, p201).

ج) این همان‌گو بودن نظریهٔ تکامل: پوپر با فاصله گرفتن از کسانی که نقد نظریهٔ «تکامل» را از منظر فلسفه‌های تکاملی دنبال می‌کنند و پس از عذرخواهی بابت سخنان تحقیرآمیزی که در جوانی دربارهٔ این نظریه - به علت بی‌توجهی به خود نظریه و تمرکز بر فلسفه‌های پیرامونی آن - گفته بود، اظهار می‌دارد: «کاملاً مستقل از فلسفه‌های تکاملی، مشکل نظریهٔ «تکامل» ویژگی «این همان‌گویی»، یا تقریباً «این همان‌گو بودن» آن است. مشکل این است که داروین‌بسم و «انتخاب طبیعی»، اگرچه بسیار مهم هستند، تکامل را با «بقای اصلح» - اصطلاحی که توسط هربرت اسپنسر وضع شده - توضیح می‌دهند. با این حال، به نظر نمی‌رسد تفاوت زیادی - اگر اساساً تفاوتی وجود داشته باشد - بین گزارهٔ «آنهايي که زنده می‌مانند، اصلح هستند» و این همان‌گویی «آنهايي که زنده می‌مانند، کسانی هستند که زنده می‌مانند» باشد؛ زیرا هیچ معیار دیگری برای اصلح بودن جز بقای واقعی نداریم. بنابراین، از اینکه برخی از اعضا زنده مانده‌اند، نتیجه می‌گیریم که آنها سازگارترین یا بهترین تطبیق‌یافته‌ها با شرایط حیات بوده‌اند» (Popper, 1972, p241-242).

اهمیت دو ادعای نخست، تا حد زیادی وابسته به فلسفهٔ علم پوپری است و با توجه به روند طی شده در دهه‌های اخیر، امروزه گفت‌وگوها و بررسی‌های کمتری دربارهٔ آنها صورت می‌گیرد.

میر حتی از تاریخی بودن و تفاوت ماهوی پیش‌بینی‌ها، بلکه پیش‌بینی‌نکردن‌های زیست‌شناسی تکاملی با پیش‌بینی‌ها در فیزیک، به‌مثابهٔ ویژگی‌های اصیل روش‌شناسی زیست‌شناسی تکاملی یاد می‌کند (Mayr, 1961, p1504-1505) و تعمیم انتظارات فلسفهٔ فیزیک به فلسفهٔ زیست‌شناسی را نابجا می‌داند؛ امری که مانع فهم دقیق فلسفهٔ زیست‌شناسی تکاملی می‌شود (Mayr, 2004, p11-39).

اما وضعیت ادعای سوم متفاوت است. طرح چالش این همان‌گو بودن انتخاب طبیعی، اختصاصی به پوپر ندارد. افزون بر اینکه پیش از او نیز چالش تعریف مفهوم «سازگاری» نزد زیست‌شناسان مطرح بوده است - پیش‌تر به برخی موارد اشاره شد - پس از پوپر و تا امروز، این مسئله همچنان از مسائل باز فلسفهٔ زیست‌شناسی محسوب می‌شود. همان‌گونه که در نقل‌قول بالا روشن است، پوپر این نقد را زمانی مطرح کرد که از بسیاری

از انتقادات خود نسبت به نظریه «تکامل» صرف‌نظر کرده بود.

گالاگر در سال ۱۹۸۹، در بررسی چالش این‌همان‌گو بودن «انتخاب طبیعی»، به آثار فیلسوفان و زیست‌شناسان متعددی، مانند مفهوم تکامل (Manser, 1965)، رهیافتی به نظریه انتخاب طبیعی (Barker, 1969)، این‌همان‌گویی در زیست‌شناسی و بوم‌شناسی (Peters, 1976) و خطای داروین (Bethell, 1976) استناد می‌کند که به این مسئله پرداخته‌اند. او این تعبیر را به کار می‌برد: «سخت است که مطمئن شویم چه کسی اولین بار این مشکل را مطرح کرده است؛ حتی به نظر می‌رسد بیشتر یک مزاحم همیشگی باشد تا یک تازه‌وارد» (Gallagher, 1989, p17).

این یعنی تلاش داروین در افزودن اصطلاح «بقای اصلح» به متن کتاب - که در جهت تثبیت معنایی از انتخاب طبیعی، بدون دلالت بر نوعی اراده صورت گرفت - تلاشی ناکام بوده است.

توماس اچ. مورگان (Thomas H. Morgan, 1866-1945) زیست‌شناس تکاملی و برنده جایزه نوبل تکرودشناسی (فیزیولوژی) و پزشکی در سال ۱۹۳۳ برای کشفیات خود در حوزه نقش کروموزوم‌ها در وراثت، قریب پنجاه سال پیش از این گفت‌وگوها در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، در کتاب خود با عنوان تکامل و ژنتیک می‌نویسد: «به‌طور کلی، چیزی در این نظریه وجود ندارد که کسی احتمالاً با آن مخالفت کند؛ زیرا ممکن است به نظر برسد گفتن اینکه سازگارترین افراد برای بقا، شانس بیشتری برای بقا دارند، چیزی بیش از یک حقیقت بدیهی نباشد. اما داروین کاری بیش از بیان این کلیات انجام داد؛ او اشاره کرد که تغییرات در همه جهات رخ می‌دهند، که دست‌کم برخی از این تغییرات منتقل می‌شوند و به‌طور متوسط، هر جفتی که فرزندان بیشتری تولید کنند، باقی می‌مانند. او به‌طور مستقیم به مقدار زیادی از شواهد تکرودشناسی در حمایت از نظریه‌اش استناد کرد» (Morgan, 1925).

بررسی انتقادی تحلیل مورگان از منظر ارزش تبیینی انتخاب طبیعی، اهمیت تعریف «سازگاری» را به‌خوبی منعکس می‌کند. اگر «انتخاب طبیعی»، حتی با افزودن مفهوم «سازگاری»، صرفاً این‌همان‌گویی بدیهی باشد، در این صورت، فاقد ارزش تبیینی خواهد بود. بنابراین، قراین مشاهدتی ارائه‌شده از سوی داروین، نه تأییدیه‌های نظریه، بلکه صرفاً مصادیق آن محسوب می‌شوند.

برای مثال، گزاره « $2 = 2$ » یک حکم کلی بدیهی است و شمردن دسته‌های دوتایی در بیرون (مانند دو سیب، دو پرتقال، دو میز و دو صندلی) و مشاهده اینکه در همه موارد پاسخ «۲» می‌شود، یک قرینه مشاهدتی برای « $2 = 2$ » نیست که آن را تأیید کند، بلکه اینها مصادیق آن حکم کلی بدیهی در جهان خارج‌اند.

بدیهی دانستن انتخاب طبیعی مستلزم آن است که این گزاره یک حکم تحلیلی پیشینی باشد و در نتیجه، ارزش

تبیینی درباره جهان موجودات زنده نداشته باشد. اما این لازمه با شهود ما سازگار نیست؛ یعنی به نظر نمی‌رسد انتخاب طبیعی چیزی درباره جهان موجودات زنده نگوید، و داروین هم آن را این‌گونه وارد نظریه «تکامل» نکرده است.

۲-۱. تبیین دقیق‌تر چالش برانگیز بودن تعریف «سازگاری»

کمپبل و رابرت معتقدند: مواضع مطرح‌شده در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ درباره چالش این همان‌گویی انتخاب طبیعی را می‌توان در سه دسته کلی تقسیم‌بندی کرد (Campbell & Robert, 2005, p673):

یک. کسانی که می‌پذیرند «انتخاب طبیعی» یک این‌همان‌گویی است، ولی باور دارند این امر مشکلی برای نظریه «تکامل» ایجاد نمی‌کند.

دو. کسانی که می‌گویند: اصل «بقای اصلح» (سازگارترین) این همان‌گویی است، اما «انتخاب طبیعی» معادل آن نیست سه. کسانی که معتقدند: می‌توان تعریفی غیر دوری (Not Circular) برای «سازگاری» ارائه داد و بدین‌سان، مشکل این همان‌گویی را برطرف کرد.

اشتراک دو دسته نخست در پذیرش دوری بودن تعریف «سازگاری» است و از این‌رو در محدوده این بررسی قرار نمی‌گیرند.

براندون که خود را یک «پویری منحرف» می‌نامد (Brandon, 1978, p199)، برخوردار شدن سازگاری از ارزش تبیینی را مستلزم دارا بودن چهار مؤلفه می‌داند:

۱. مستقل بودن از مقادیر تولیدمثل واقعی؛

۲. کلیت؛

۳. قابلیت کاربرد معرفتی؛

۴. صحت تجربی (Brandon, 1978, p189).

او با یک بیان استدلالی نشان می‌دهد که صورت‌بندی چنین تعریفی تا چه اندازه چالش‌برانگیز است.

براندون این فرض را که «انتخاب طبیعی» این همان‌گویی نیست، از طریق مستقل کردن تعریف «سازگاری» از مقدار تولیدمثل واقعی صورت‌بندی می‌کند. او با تحلیل نظریه «تکامل» بر اساس این رهیافت و از منظر چهار مؤلفه یادشده، نشان می‌دهد که مفهوم «سازگاری» نمی‌تواند هر چهار معیار را به‌طور همزمان احراز کند.

به بیان دقیق‌تر، او نشان می‌دهد هر تعریفی از «سازگاری» که سه معیار نخست را احراز کند، نمی‌تواند از صحت تجربی برخوردار باشد؛ یعنی کاذب می‌گردد و باید کنار گذاشته شود (Brandon, 1978, p193-200).

کمپبل و رابرت این استدلال براندون را به شیوه‌ای صوری بازسازی کرده‌اند. آنها استدلال او را با تعریف محمولات ذیل صورت‌بندی کرده‌اند (Campbell & Robert, 2005, p686):

نماد	تعریف
T_d	d تعریفی از «بهتر سازگار شدن با» است که مستلزم تمایل به تولیدمثل بیشتر نیست و به اندازه کافی خاص است که بتوان به صورت تجربی آن را تعیین کرد.
E_e	e یک محیط است.
A_{abed}	موجود زنده a نسبت به موجود زنده b در e با توجه به تعریف d از «بهتر سازگار شدن با»، سازگارتر است.
R_{abe}	a تولیدمثل بیشتری (داشتن فرزندان بیشتر) نسبت به b در e دارد.

بر اساس محمول‌های مندرج در جدول فوق، ساختار صوری انتخاب طبیعی (NS) به شکل زیر است:

$$NS \equiv (\exists d)\{T_d \& (\forall e)[E_e \rightarrow (\forall a)(\forall b)(A_{abde} \rightarrow R_{abe})]\}$$

شرطی $(A_{\{abed\}} \rightarrow R_{\{abe\}})$ در معادله، زمانی که معیار اول احراز شده باشد، یعنی تعریف سازگاری (T) مستقل از مقادیر تولیدمثل (R) باشد، ارزش تبیینی خواهد داشت.

صورت بالا بیان می‌کند که ما تعریفی عام و جهان‌شمول از «سازگاری» داریم که مستقل از مقادیر واقعی تولیدمثل است و در هر محیطی، اگر گونه‌ای نسبت به گونه دیگر طبق این تعریف سازگارتر باشد، آنگاه تولیدمثل بیشتری خواهد داشت.

این صورت‌بندی از انتخاب طبیعی مبتنی بر سازگاری، با توجه به شرحی که پیش‌تر از جایگاه سازگاری و اضافه شدن آن به نظریه «تکامل» توسط داروین ارائه شد، صورت‌بندی منصفانه‌ای است. تبیین تنوع موجود گونه‌های زیستی بر اساس این چارچوب، به نوعی تلاش برای حفظ ارزش علی و تبیینی انتخاب طبیعی است.

کمپبل و رابرت، برای بازسازی استدلال براندون، پیشنهاد می‌کنند که نقیض این صورت‌بندی از انتخاب طبیعی – بنا بر معادله فوق – در نظر گرفته شود:

$$\sim NS \equiv (\forall d)\{T_d \rightarrow (\exists e)[E_e \& (\exists a)(\exists b)(A_{abde} \& \sim R_{abe})]\}$$

معنای این معادله آن است که برای هر تعریفی از «سازگاری» می‌توان محیط و گونه‌هایی را در نظر گرفت که اگرچه یکی از آن گونه‌ها نسبت به دیگری در آن محیط – بنا بر تعریف مد نظر – سازگارتر است، اما تولیدمثل بیشتری ندارد؛ یعنی گونه‌ای که طبق تعریف ما در آن محیط سازگارتر نیست، نسل بیشتری از خود بر جای می‌گذارد. استدلال براندون نشان می‌دهد که صدق $\sim NS$ کاملاً محتمل است. کمپبل و رابرت، بر اساس صورت‌بندی

صوری فوق، این استدلال را چنین توضیح می‌دهند: «ما هیچ مشکلی برای پذیرش صدق احتمالی NS~ نداریم. ما موافقیم که صرف‌نظر از اینکه چه تعریفی از «سازگاری» ارائه شود، [دست‌کم] امکان ایجاد محیطی مصنوعی وجود دارد که در آن سازگارترها تولیدمثل کمتری دارند. تنها چیزی که لازم است، طراحی محیطی است که از تولیدمثل اعضای جلوگیری کند که بر اساس آن تعریف خاص، سازگارتر محسوب می‌شوند. چنین محیط‌هایی می‌توانند خودبه‌خود نیز به وجود آیند. اعتبار نظریهٔ داروین نباید وابسته به طبیعتی باشد که به‌اندازهٔ کافی «نامتعارف» نیست تا آن را نقض کند» (Campbell & Robert, 2005, p687).

یعنی: فارغ از اینکه چه تعریفی برای «سازگاری» ارائه شود، زمانی که آن تعریف مستقل از تولیدمثل واقعی باشد، «انتخاب طبیعی» به‌طور اساسی با چالش صحت تجربی مواجه می‌شود. این استدلال، چالش‌برانگیز بودن ارائهٔ تعریفی غیراین‌همان‌گویانه از سازگاری را به‌خوبی منعکس می‌کند.

راهکار براندون - که سوپر نیز به‌طور کلی از آن حمایت می‌کند - دخیل ساختن مفهوم احتمالات در تعریف «سازگاری» به‌مثابهٔ گرایش است. او حالت کلی تعریف «سازگاری داروینی» (Darwinian Fitness) را زمانی که بخواهد این‌همان‌گویی نباشد و ارزش علی داشته باشد، به این صورت ارائه می‌دهد:

اگر a سازگارتر از b در محیط E باشد، آنگاه احتمالاً a فرزندان بیشتری - که به اندازهٔ کافی مشابه باشند - نسبت به b در محیط E خواهد داشت (Brandon, 1978, p187).

۲-۲. مواجهه سوپر با چالش این‌همان‌گویی تعریف «سازگاری»

پیشنهاد براندون برای ارائهٔ تعریفی از «سازگاری» که با چالش این‌همان‌گویی مواجه نباشد، توسط الیوت سوپر، از جمله در سال ۲۰۲۴ و در کتاب جدیدش *فلسفهٔ نظریهٔ تکامل (Philosophy of Evolutionary Theory)*، پیگیری شده است. او با استناد به براندون، به‌صراحت بیان می‌کند: تلاش درون‌نگرانه‌ای که سازگاری را بر اساس «قابلیت» (Ability) یا «گرایش» (Propensity) تعریف می‌کند، رهیافت مطلوب‌تری است (Sober, 2024, p20).

توضیح آنکه با تعریف «سازگاری» به‌صورت یک گرایش - در صورت موفقیت - فاصله‌ای شناخته‌شده میان آن و بروز عینی‌اش (یعنی بقا) برقرار می‌شود. برای مثال، قابلیت حل شدن یک حبه قند در آب، غیر از حل شدن عینی آن در آب است؛ زیرا یک قند همواره گرایش دارد در آب حل شود، اما ممکن است هیچ‌گاه شرایطی پیش نیاید - مثلاً، هرگز به داخل لیوان آب نیفتد - تا این گرایش بالفعل شود.

بدین‌سان و در صورت موفقیت تعریف «سازگاری» به‌مثابهٔ یک گرایش درونی، سازگاری دیگر به «بقای اصلح» (سازگارتر) ارجاع نمی‌دهد، بلکه هم تبیین‌کنندهٔ بقا خواهد بود و هم نقشی علی در تحقق آن ایفا می‌کند.

سوپر «سازگاری» را با دو مؤلفهٔ اصلی تعریف می‌کند: «زنده‌مانی» (Viability) و «باروری» (Fertility). او از هر

دو مؤلفه، تعبیری احتمالاتی ارائه می‌دهد؛ یعنی در امتداد همان تلاش براندون در صورت‌بندی احتمالاتی گام برمی‌دارد مؤلفه «زنده‌مانی» عبارت است از: احتمال زنده ماندن یک پیکره تا سن بلوغ. در تلاش‌هایی که برای صورت‌بندی گرایشی از سازگاری انجام شده‌اند، سوپر تأکید بیشتری بر اهمیت لحاظ مؤلفه «زنده‌مانی» دارد (Sober & Singh, 2001, p25-30).

از نظر سوپر، چالش تعریف این مؤلفه بیش از مؤلفه باروری است - که در بخش بعد به آن خواهیم پرداخت. مؤلفه «باروری» انتظار ریاضی (Mathematical Expectation) ما درباره میانگین تعداد فرزندان آن پیکره است و مطابق فرمول ذیل محاسبه می‌شود: $\sum_i i(p_i)$ که در آن i تعداد فرزندان و p_i احتمال آن است که پیکره مد نظر دارای i فرزند باشد (Sober, 2024, p23).

با این حال، تابع سازگاری به همین دو مؤلفه اصلی محدود نمی‌شود. سوپر همچون دیگرانی که در همین زمینه تلاش کرده‌اند (Beatty & Finsen, 1989) یادآوری می‌کند که شاخص‌هایی نظیر واریانس، چولگی (Skew) و کشیدگی (Kurtosis) که جزئیاتی از شکل تابع فوق را معین می‌کنند نیز در محاسبه سازگاری تأثیر گذارند. به بیان دقیق‌تر، ممکن است پیکره‌ای نسبت به پیکره دیگر، در میانگین احتمال زنده ماندن و باروری مزیت داشته باشد، اما شاخص‌هایی نظیر واریانس و چولگی موجب شوند که در نهایت، پیکره دوم سازگارتر باشد و نسل بیشتری از خود بر جای بگذارد (Sober, 2024, p27).

این دقت نظر به دقیق‌تر شدن الگوهای ریاضی برای محاسبه سازگاری می‌انجامد و امکان تحلیل‌های پیچیده‌تر و واقع‌گرایانه‌تر را در نظریه «تکامل» فراهم می‌سازد.

۳. بررسی انتقادی دیدگاه سوپر در باب تعریف «سازگاری» از منظر ارزش تبیینی انتخاب طبیعی

داروین در همان صفحات آغازین کتاب خود می‌نویسد: «انتخاب طبیعی علت اصلی، اما نه انحصاری (Darwin, 1859, p6; Sober, 2024, p206) و در جملات پایانی نخستین ویرایش کتابش می‌نویسد: «درحالی‌که این سیاره بر اساس قانون ثابت جاذبه به دور خود می‌چرخد، از چنین شروع ساده‌ای [درباره نخستین نمونه‌های حیات]، اشکال بی‌پایان و بسیار زیبا و شگفت‌انگیزی تکامل یافته و همچنان در حال تکامل هستند» (Darwin, 1859, p490; Sober, 2024, p230).

این نمونه‌ای از ارجاعات مورد علاقه سوپر برای تأیید موضع‌اش در این زمینه است. سوپر با ارجاع به این نقل‌قول‌ها یادآوری می‌کند که داروین می‌خواست «نیوتن زیست‌شناسی» باشد، و نتیجه می‌گیرد که زمینه‌های تاریخی - معرفتی نظریه «تکامل» ایجاب می‌کند تعبیر آماری از انتخاب طبیعی کافی نباشد، بلکه باید تعبیری قانونی - علی از آن ارائه شود

این رهیافت، با جایگاهی که در آغاز این مقاله برای «انتخاب طبیعی» در نظریه «تکامل» توضیح داده شد نیز سازگار است؛ زیرا انتخاب طبیعی در نظریه داروین، نه صرفاً یک الگوی آماری، بلکه یک سازوکار علی برای تبیین تنوع و تحول گونه‌های زیستی تلقی می‌شود.

۱-۳. بیان دیدگاه سوپر در باب تعبیر «سازگاری» به صورت گرایش

برای این منظور، نیاز به تعریفی از «سازگاری» است که بتواند حامل تعبیری علی از «انتخاب طبیعی» باشد. تعریفی که پیش‌تر، با اشاره به دو مؤلفه «احتمال زنده ماندن» و «میانگین تعداد فرزندان» مطرح شد، بناست همین نقش را ایفا کند؛ به این صورت که سازگاری را به‌عنوان نوعی گرایش درونی معرفی می‌کند و این گرایش، نقشی علی در بقا دارد. تعریف «سازگاری» به‌صورت یک گرایش، به‌بیانی تمثیلی و با تسامح، مشابه استعدادی در موجودات زنده است که در طول نسل‌های آنها منعکس می‌شود. بنا بر آنچه گذشت، این گرایش - دست‌کم - دارای دو مؤلفه اصلی است:

۱. احتمال زنده ماندن تا سن بلوغ؛

۲. میانگین تعداد فرزندان احتمالی.

شروع از چنین تعریفی امیدوارکننده است، اما برای آنکه تعریفی احتمالاتی از سازگاری بتواند تعبیری قانونی - علی از «انتخاب طبیعی» ارائه دهد، راه زیادی باقی مانده است.

سوپر می‌گوید: شاید تعریف گرایشی از «سازگاری» در سطح افراد، معنایی علی را نیز دربر داشته باشد؛ اما افراد منفرد (tokens) مورد علاقه نظریه «تکامل» به‌عنوان یک نظریه علمی نیستند.

در عوض، سازگاری صفات است که برای علم اهمیت دارد و نسبت دادن گرایش به صفات، به‌گونه‌ای که معنای علی را نیز دربر داشته باشد، چالش‌برانگیز است (Sober, 2013, p336).

البته میان سازگاری فرد و سازگاری صفت، رابطه‌ای ساده برقرار است: سازگاری صفت (T) در جمعیت (P) و محیط (E) در زمان (t)، برابر است با میانگین جبری سازگاری پیکره‌هایی که در (E)، (P) و (t) دارای صفت (T) هستند.

سوپر این برابری را نه به‌عنوان یک پیش‌فرض دلخواهی، بلکه به‌مثابه یک برابری ریاضیاتی معرفی می‌کند. اما در ادامه، خود متذکر می‌شود که این برابری به‌کار نمی‌آید؛ زیرا:

اولاً، محاسبه میزان سازگاری یک پیکره منفرد ممکن نیست، و چون قابل محاسبه نیست - حتی اگر مورد علاقه زیست‌شناسان باشد - علی بودن تعریف آن نیز فایده‌ای ندارد.

ثانیاً، روش‌هایی که زیست‌شناسان برای محاسبه سازگاری یک صفت به‌کار می‌گیرند، به‌گونه‌ای هستند که سازگاری صفت، معنای علی نخواهد داشت.

محاسبه میزان سازگاری یک پیکره منفرد، به این علت که موجودی یکتاست و فقط یک‌بار زندگی می‌کند،

مقدور نیست. این موضوع برای مؤلفه «احتمال زنده ماندن تا سن بلوغ» محدودیت جدی‌تری دارد؛ هرچند از منظر منطقی، درباره «میانگین تعداد فرزندان» نیز همین وضعیت وجود دارد.

در اینجا، میانگین آماری تعداد فرزندان در یک جمعیت تا حدی قانع‌کننده است؛ اما به‌ویژه درباره مؤلفه احتمال زنده ماندن، این محاسبه شبیه آن است که بخواهیم احتمال شیر یا خط آمدن یک سکه خاص – با ویژگی‌های فیزیکی غیرمطلوب – را پیش از پرتاب‌های متعدد، محاسبه کنیم، بلکه پیچیده‌تر از آن است (Sober, 2013, p337-338).

هر موجود زنده، تنها یک‌بار زندگی می‌کند. با این حال، اینکه محاسبه سازگاری یک پیکره منفرد ممکن نیست، خبر بدی برای زیست‌شناسان نیست؛ زیرا آنها اولاً، به سازگاری صفات توجه دارند، و ثانیاً، محاسبات خود را نه بر اساس رابطه ریاضی میان سازگاری فرد و صفت – که در فوق به آن اشاره شد – بلکه بر اساس داده‌های آماری جمعیت‌ها درباره صفات انجام می‌دهند.

اما درباره مورد دوم، توضیح اینکه چرا محاسبه احتمالاتی اثر یک صفت بر سازگاری – مثلاً، بر احتمال زنده ماندن تا سن بلوغ – دلالت علی ندارد، نیازمند یادآوری مناقشات مفصلی درباره تعبیر احتمالاتی از گرایش‌های علی است یکی از برجسته‌ترین مناقشه‌ها، نقدهای پاول هامفریز (Paul Humphreys) در مقاله «چرا گرایش‌ها نمی‌توانند احتمالات باشند» (Humphreys, 1985) است. او در این مقاله استدلال می‌کند که گرایش‌ها از لحاظ ریاضی با اصول احتمال سازگار نیستند.

مقدمه اصلی استدلال او این است که اگر صورت‌بندی احتمالاتی از گرایش‌ها کفایت دارد، آنگاه گرایش‌ها باید از اصول استاندارد احتمال – با تأکید بر قضیه بیز و اصل ضرب احتمالات – پیروی کنند؛ و حال آنکه چنین نیست. او برای اثبات این ادعا، دو استدلال (یکی غیرصوری و دیگری صوری که صوری‌سازی همان استدلال غیرصوری‌اش است)، ارائه می‌دهد.

خلاصه بیان او این است که گرایش‌های شرطی، تقارن ندارند؛ مثلاً، شیشه در اثر برخورد با سنگ، گرایش به شکسته شدن دارد؛ اما برای شکستن، گرایش به برخورد با سنگ ندارد.

این در حالی است که احتمالات ریاضیاتی قادر به تمایز این عدم تقارن نیستند و از این رو نمی‌توانند صورت‌بندی درستی از گرایش‌ها باشند (Humphreys, 1985, p558-559).

نمونه علمی او برای توضیح این مطلب، اثر فتوالکتریک است.

هامفریز در مقام نتیجه‌گیری، نظریه استاندارد احتمال را برای توصیف روابط علی (گرایش به مثابه علت) در علم رد می‌کند و ریشه مشکلات را در غلبه مطلق اصول احتمال کلاسیک و رویکرد لاپلاس به علیت احتمالی

می‌داند، و این را از طریق توضیح یک سیر تاریخی روشن می‌سازد (Humphreys, 1985, p565-568).

سوبر به انتقادات هامفریز اشاره می‌کند و آنها را به‌جا می‌داند؛ اما متذکر می‌شود که دربارهٔ تعریف «سازگاری» در نظریهٔ «تکامل»، این مشکل واضح‌تر است. او به دو دلیل اختصاصی اشاره می‌کند:

(الف) مقدار احتمال شرطی: برای مثال، (O) دارای صفت T است. (O) تا سن بلوغ باقی می‌ماند و هیچ اطلاعاتی دربارهٔ میزان تأثیر صفت (T) بر بقای یک فرد ارائه نمی‌دهد. این در حالی است که آنچه اهمیت دارد تأثیرگذاری واقعی این صفت بر بقاست، نه صرفاً مقدار این احتمال شرطی. مقدار این احتمال ممکن است به هر علتی بالا باشد و ما دسترسی لازم برای بررسی دقیق علت آن را نداریم. در عمل، صرفاً شاهد فراوانی بیشتر پیکره‌هایی هستیم که هم دارای (T) هستند و هم تا سن بلوغ باقی می‌مانند.

(ب) برهان خلف: بر اساس صورت‌بندی احتمالاتی از گرایش‌ها، دو صفت همپوشان (یعنی دو صفتی که همیشه با هم‌اند) ضرورتاً باید سازگاری یکسانی داشته باشند، حتی اگر یکی بقا را تقویت کند و دیگری خنثا یا مضر باشد. ما می‌دانیم چنین صفات همپوشانی وجود دارند و این به‌وضوح خلاف تلقی علی از گرایش است (Sober, 1984, p99; 2013, p339).

بدین‌سان، پیگیری رهیافت دوم (یعنی تعریف «سازگاری» به‌عنوان گرایش) اگرچه در آغاز امیدبخش است، اما خیلی زود با مشکلی اساسی مواجه می‌شود.

سوبر در عین حال، پیشنهادی برای حل این مشکل دارد که بررسی آن نیز ضروری است: او نقطهٔ آغاز پیشنهاد جدیدش را این‌گونه صورت‌بندی می‌کند:

تاکنون پرسیده‌ایم که آیا «سازگاری» یک ویژگی نشان‌دهندهٔ قدرت علی آن برای ارتقای بقا و تولیدمثل یک موجود زنده است یا خیر؟ این مسئله به این پرسش نمی‌پردازد که آیا تنوع سازگاری ویژگی‌ها به‌طور علی تکامل یک جمعیت را پیش می‌برد یا خیر؟... این واقعیت که پاسخ به پرسش اول منفی است، به این معنا نیست که پاسخ به پرسش دوم نیز منفی خواهد بود (Sober, 2013, p339).

سوبر سعی می‌کند با تغییر دادن منظر و مقیاس بررسی‌اش، معنای علی انتخاب طبیعی را روشن کند. او معتقد است: وقتی برای یک ویژگی، انتخاب انجام می‌شود (Selection-For) و این به صورتی است که همزمان علیه ویژگی دیگری انتخابی صورت می‌گیرد، این به‌معنای آن است که ویژگی‌های نوع اول تأثیر علی بر بقا و موفقیت تولیدمثلی دارند. این مطلب چیزی نیست که توسط مقدار مطلق سازگاری هریک از این ویژگی‌ها منعکس شود، بلکه برای بیان آن باید تنوع سازگاری ویژگی‌ها در یک جمعیت را در نظر گرفت. او برای تأیید این دریافت، به دو نمونه از الگوسازی‌های ریاضیاتی پیش‌بینی میزان تغییرات در فراوانی صفات در نسل بعد، بر اساس تابعی از فراوانی

کنونی آنها اشاره می‌کند. نمونه ساده‌ترش معادله ذیل است (Sober, 2013, p340):
 $\Delta p = spq/w^-$
 این معادله توسط کرو و کیمورا (Crow & Kimura, 1970) برای یک جمعیت غیرجنسی نوشته می‌شود که در آن دو ویژگی A و B با فراوانی‌های p و q و سازگاری‌های w(A) و w(B) وجود دارند، با این پیش‌فرض که فرزندان همیشه شبیه والدین خود هستند. معادله فوق مقدار تغییر مورد انتظار در فراوانی ویژگی‌ها در نسل بعدی، یعنی Δp را پیش‌بینی می‌کند. مطلب مد نظر سوبر، یعنی تنوع سازگاری‌ها در دو مولفه w^- و S منعکس می‌شود؛ به این صورت که اولی میانگین سازگاری‌ها و دومی تفاضل آنها ($w(A)-w(B)$) را نمایندگی می‌کند. این یعنی سازگاری‌ها (p و q) نیستند که نقش علی دارند، بلکه تفاوت آنهاست که نقش علی دارد.

سوبر در آخرین اثرش، یعنی کتاب فلسفه نظریه تکامل نیز به همین نظر اشاره می‌کند (Sober, 2024, p133). او می‌گوید: اگر ویژگی A در یک جمعیت نسبت با ویژگی B سازگاری بیشتری داشته باشد، این به معنای آن نیست که انتخابی به نفع A و علیه B صورت گرفته است. اما این نتیجه را می‌شود گرفت که بالاخره ویژگی‌ای وجود دارد که افراد دارای A فراوانی بیشتری از افراد دارای B داشته باشند (نام این ویژگی را P می‌گذاریم) و درواقع انتخاب برای P صورت می‌گیرد. یعنی: او معتقد است: هرچا تنوع در سازگاری وجود دارد، انتخاب برای یک ویژگی (Selection-For) نیز صورت می‌گیرد و این انتخاب و در نتیجه آن تفاوت، معنایی علی دارند.

۲-۳. نقد دیدگاه سوبر درباره تعریف «سازگاری»

دیدگاه سوبر را می‌توان از دو منظر نقد و بررسی کرد:

منظر نخست: ارزیابی دقیق‌تر معنای «تفاوت» و دلالت‌های آن و بررسی ادعای علی بودن این تفاوت از سوی سوبر
منظر دوم: بررسی ارزش تبیینی انتخاب طبیعی در نظریه «تکامل» با مفروض گرفتن پیشنهاد سوبر برای تعریف سازگاری به مثابه یک گرایش احتمالاتی.

در ادامه، به صورت جداگانه به هریک از این دو محور مهم اشاره خواهد شد.

۱-۲-۳. ارزیابی نقادانه نقش علی تنوع سازگاری در یک جمعیت

زمانی که از نقش علی یک مقوله سخن گفته می‌شود، علی‌الاصول دیدگاهی واقع‌گرایانه درباره علیت مد نظر است. به بیان دیگر، برخورداری یک مقوله از اثر علی، نوعی عینیت برای آن مقوله را مفروض می‌گیرد. به نظر می‌رسد منظور سوبر از «نقش علی»، با توجه به بررسی‌های دقیق او درباره صورت‌بندی احتمالاتی سازگاری، همین معناست

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، عینی بودنِ مد نظر سوپر درباره تنوعی که به آن اشاره می‌کند، محل تردید است. سوپر از عینی بودن صورت‌بندی احتمالاتی گرایش، از طریق یادآوری مثال پرتاب سکه حمایت می‌کند. همان‌گونه که احتمال شیر یا خط آمدن یک سکه در یک پرتاب، مستقل از نتیجه است، سازگاری یک موجود - یعنی همان گرایش او - نیز مستقل از نتیجه بقا و تولیدمثل آن است. این معنایی است که سوپر از «علیت» و نقش علی سازگاری مد نظر دارد.

اما آیا می‌توان چنین معنایی از «علیت» را به تنوع سازگاری در یک جمعیت نسبت داد؟ به بیان دقیق‌تر، آیا اثر علی تنوع سازگاری در یک جمعیت (مشابه با مثال سکه) مستقل از نتیجه بقا و تولیدمثل است؟ به نظر نمی‌رسد چنین باشد، بلکه این تنوع، خود محصول بقا و تولیدمثل محسوب می‌شود. آن نوع رابطه مستقلی که سوپر میان سازگاری یک فرد و بقای آن صورت‌بندی می‌کرد - که البته در عمل قابل محاسبه نبود - در اینجا برقرار نیست.

«تنوع سازگاری» نوعی فراوانی است؛ اما هر نوع فراوانی آماری لزوماً معنای احتمالاتی ندارد، چه رسد به معنایی علی که سوپر مد نظر دارد. در مواردی، چه‌بسا تنوع سازگاری بیش از آنکه ویژگی یک جمعیت باشد، ویژگی محیطی محسوب شود که آن جمعیت در آن قرار دارد.

برای تبیین بیشتر این امر، می‌توان از مثالی معروف در مباحث مربوط به «انتخاب طبیعی» با عنوان «سیاهی صنعتی» (Industrial Melanism) استفاده کرد (Majerus, 2009).

یکی از این نمونه‌ها مربوط به رخدادی از نوع تکامل و مبتنی بر انتخاب طبیعی است که برای شب‌پره‌های فلفلی در انگلستان اتفاق افتاده است. جمعیت این شب‌پره‌ها بر روی تنه‌های درختانی قرار داشت که به سبب دود کارخانه‌ها سیاه شده بودند. در نتیجه، جمعیت شب‌پره‌ها از بیشتر سفید به بیشتر سیاه تغییر یافت. این تغییر به سبب انتخاب طبیعی بر اساس تنوع در صفات رخ داد؛ به این صورت که پرندگان، شب‌پره‌های سفید قابل مشاهده را که روی درختان سیاه استراحت می‌کردند، شکار کردند.

الیزابت لوید (Elisabeth Lloyd) با اشاره به مثال «سیاهی صنعتی» و تکرار نقل قول جورجو آیرولدی (Giorgio Airoidi)، این مورد را نمونه‌ای از «انتخاب خالص» (Pure Selection) می‌نامد. منظور او از «انتخاب خالص» این است که در این مثال، هیچ سازوکار جدیدی، هیچ شکل نوی از شب‌پره‌ها، و هیچ مهندسی یا سازگاری تجمعی ناشی از شکار پرندگان رخ نداده است. تنها چیزی که اتفاق افتاده، تغییر در توزیع جمعیتی شب‌پره‌های سیاه و سفید است.

او این رخداد را انتخاب طبیعی خالص می‌داند و بر اساس آن، سازگاری را به صورت «محصول انتخاب» معرفی می‌کند. به نظر می‌رسد تعبیر «محصول انتخاب»، نوعی تقابل با هر نوع تعبیر علی - از جمله تعبیر سوپر - از سازگاری دارد.

لوید تصریح می‌کند که جنبه‌های مشخصی از زیست‌بوم، موفقیت برخی از افراد این جمعیت را در تولیدمثل محدود می‌کند که وی به آنها «موجودات بازنده» می‌گوید. این در حالی است که از تولیدمثل برخی دیگر که به آنها «موجودات

برنده» می‌گوید، بر اساس ویژگی‌های کلیدی‌شان حمایت می‌کند (Lloyd, 2021, p2-3).

بعید است که سوپر - برخلاف تلقی رسمی و فراگیر میان زیست‌شناسان - مثال «سیاهی صنعتی» را انتخاب طبیعی نداند. اما در این مثال، بسیار دشوار است که تنوع سازگاری میان حشرات را بر اساس تلقی گرایشی - احتمالاتی از سازگاری، علت انتخاب طبیعی بدانیم.

تعبیر آماری لوید از سازگاری و اینکه از نظر او، سازگاری موجودات تنها پس از وقوع انتخاب طبیعی معلوم می‌شود و محصول آن است، مشکلات خاص خود را دارد؛ اما این موضوع خارج از محدوده بررسی این مقاله است و نقص پیشنهاد سوپر را نیز جبران نمی‌کند.

به‌هرحال، اینکه سوپر با بررسی نقادانه تلقی گرایشی - احتمالاتی از سازگاری درباره افراد و صفات، تنوع سازگاری در یک جمعیت را به‌مثابه علت انتخاب طبیعی معرفی می‌کند، او را با چنین چالشی مواجه می‌سازد. سوپر در هیچ‌یک از آثاری که در این بررسی به آنها ارجاع داده شده - از جمله در آخرین اثر خود، کتاب فلسفه نظریه تکامل - به مثال مشهور «سیاهی صنعتی» اشاره‌ای نکرده است.

۲-۳. بررسی نقادانه ارزش تبیینی انتخاب طبیعی در نظریه «تکامل» با فرض تعریف پیشنهادی سوپر برای «سازگاری»

پیش‌تر شرح داده شد که سهم اصلی داروین در صورت‌بندی نظریه تکامل، معرفی مفهوم «انتخاب طبیعی» بود. همان‌گونه که خود سوپر نیز تأکید دارد، داروین با افزودن این مفهوم به نظریه «تکامل»، در پی ایفای نقش نیوتن برای زیست‌شناسی بود.

از نظر سوپر، این بدان معناست که «انتخاب طبیعی» سازوکاری علی است که می‌توان بر اساس آن، تنوع گونه‌های زیستی را در هر مقطع از محور عمودی درخت حیات (یعنی هر مقطع از تاریخ) تبیین کرد.

سوپر ارزش تبیینی انتخاب طبیعی را تابع نقش علی سازگاری در تکامل می‌داند. به بیان دقیق‌تر، او معتقد است: انتخاب طبیعی زمانی دارای ارزش تبیینی است (یعنی می‌تواند به‌مثابه یک سازوکار در مسیر تاریخی تکامل عمل کند) که بتوان تعریفی از سازگاری ارائه داد که این همان‌گویانه نباشد و همزمان متضمن نوعی علیت باشد.

از نظر او، تنوع سازگاری‌ها در یک جمعیت، بر اساس تعبیر احتمالاتی - گرایشی از «سازگاری»، واجد معنایی علی است و همین امر، کارکرد تبیینی «انتخاب طبیعی» را تضمین می‌کند.

اما به نظر می‌رسد بازگرداندن نقش علی به تنوع در سازگاری، نوعی نقض غرض است و ما را مجدداً با دور تبیینی مواجه می‌سازد. توضیح آنکه اگر از تنوع در سازگاری، منظوری پدیداری نداشته باشیم - که سوپر نیز قطعاً چنین منظوری ندارد، وگرنه نمی‌تواند قایل به نقش علی برای آن باشد - آنگاه تنوع گونه‌های زیستی و تنوع سازگاری

در واقعیت، بر یکدیگر منطبق‌اند. به بیان دیگر، تنوع در سازگاری، با صرف‌نظر از جنبه ذهنی‌اش نزد ما، چیزی جز تنوع گونه‌های زیستی نمی‌تواند باشد.

در این صورت، چگونه انتخاب طبیعی به‌مثابه یک سازوکار، می‌تواند تنوع گونه‌های زیستی را تبیین کند، درحالی‌که تنوع در سازگاری (یعنی همان تنوع گونه‌های زیستی) نقشی علی در سازوکار انتخاب طبیعی ایفا می‌کند؟ اگر «انتخاب طبیعی» سازوکاری است که بر اساس آن تنوع گونه‌های زیستی تبیین می‌شود، بازگشت این سازوکار به نقش علی تنوع، درواقع بازگو کردن همان چالش این‌همان‌گویی به زبانی دیگر است.

سؤال دقیق‌تر از سوپر – که بهتر روشن می‌سازد دیدگاه او به «مغالطه دور تبیینی» دچار شده – این است که چگونه می‌توان از تعبیر علی «تنوع گونه‌ها»، که متضمن سازوکار علی برای انتخاب طبیعی است، در برابر تعبیر آماری از آن – مشابه موضع لوید – دفاع کرد؟

سوپر برای یافتن مبنای علی انتخاب طبیعی به‌مثابه سازوکاری برای تبیین تنوع گونه‌های زیستی، بررسی‌هایی را حول مفهوم «سازگاری» انجام داده و نتیجه گرفته است که تنوع سازگاری، نقشی علی برای انتخاب طبیعی ایفا می‌کند. اما اگر از او بپرسیم این نقش علی را چگونه تشخیص داده است، پاسخ می‌دهد: چون تنوع در سازگاری بر تنوع گونه‌های زیستی (یعنی بر تنوع در سازگاری) اثری علی دارد.

سوپر از این رهیافت بر این اساس دفاع می‌کند که انتخاب طبیعی باید به‌مثابه سازوکاری برای تبیین تنوع گونه‌های زیستی عمل کند، و نه آنچنان که پوپر بیان می‌دارد، یک پیش‌فرض روش‌شناختی برای نظریه «تکامل» باشد. با این حال، چون سوپر هیچ معیار مستقلی برای قایل شدن به سهم علی برای تنوع در سازگاری – جز همین «باید» – در برابر تعابیر آماری ارائه نمی‌دهد، و با توجه به این‌همانی تنوع سازگاری و تنوع گونه‌های زیستی در واقعیت، می‌توان چنین نتیجه گرفت که پاسخ او همچنان با چالش این‌همان‌گویی تبیینی مواجه است.

نتیجه‌گیری

چالش این‌همان‌گویی در تعریف «سازگاری»، ارزش تبیینی «انتخاب طبیعی» در نظریه «تکامل» را تهدید می‌کند. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، به نظر می‌رسد پاسخ الیوت سوپر به این چالش، نهایی و قانع‌کننده نیست. توضیح آنکه سوپر برای دفاع از نقش علی تنوع سازگاری در یک جمعیت، با مثال‌هایی – از جمله، مثال مشهور «سیاهی صنعتی» – مواجه است که در وهله نخست، قرائنی علیه تلقی او محسوب می‌شوند.

البته چون «انتخاب طبیعی» سازوکار انحصاری تکامل نیست و سازوکارهای دیگری مانند رانش ژنتیکی (Drift) نیز وجود دارند، او می‌تواند برای مواجهه با چالش این مثال‌های نقض، آنها را از طریق سایر سازوکارها تبیین کند

با این حال، به نظر نمی‌رسد برای مثال «سیاهی صنعتی» - که به تعبیر آبرولدی و لوید «انتخاب خالص» است - چنین مواجهه‌ای به‌سادگی ممکن باشد.

در نهایت، به نظر می‌رسد که سوپر با بازگرداندن علیت به تنوع در سازگاری، چالش این همان‌گویی را با زبانی دیگر فرامی‌خواند.

با توجه به اینکه در واقعیت عینی، تفاوتی میان تنوع گونه‌های زیستی و تنوع در سازگاری وجود ندارد (یعنی دومی به‌طور کامل مبتنی بر اولی است) سازوکار «انتخاب طبیعی» برای تبیین تنوع گونه‌های زیستی، بنا بر پیشنهاد سوپر، در عمل دچار همان دور تبیینی خواهد شد.

- Barker, A. D. (1969). An Approach to the Theory of Natural Selection. *Philosophy*, 44(170), 271–290.
- Beatty, J., & Finsen, S. (1989). Rethinking the Propensity Interpretation: A Peek Inside Pandora's Box1. In M. Ruse (Ed.), *What the Philosophy of Biology Is?* 32, 17–30.
- Bethell, T. (1976). *Darwin's mistake*. Harper's, 252(1509), 70–75.
- Bock, W. J., & Von Wahlert, G. (1965). Adaptation and the Form-Function Complex. *Evolution*, 19(3), 269–299.
- Bourrat, P. (2019). Evolution is About Populations, But Its Causes are About Individuals. *Biological Theory*, 14(4), 254–266.
- Brandon, R. N. (1978). Adaptation and Evolutionary Theory. *Studies in History and Philosophy of Science*, Part A, 9(3), 181–206.
- Campbell, R., & Robert, J. S. (2005). The Structure of Evolution by Natural Selection. *Biology & Philosophy*, 20(4), 673–696.
- Crow, J. F., & Kimura, M. (1970). *An Introduction to Population Genetics Theory*. Burgess.
- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species*, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life (1st ed.). John Murray. <https://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F373&viewtype=text&pageseq=1>.
- Darwin, C. (1869). *On the Origin of Species*, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life (5th ed.). John Murray. <https://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F373&viewtype=text&pageseq=1>.
- Darwin, C. (1958). *The autobiography of Charles Darwin 1809-1882 With Original Omissions Restored*. Edited and with appendix and notes by his grand-daughter Nora Barlow (N. Barlow, Ed.). Collins.
- De Klerk, G. J. M. (1979). Mechanism and vitalism. A history of the controversy. *Acta Biotheoretica*, 28, 1–10.
- Gallagher, K. T. (1989). Natural Selection: A Tautology? *International Philosophical Quarterly*, 29(1), 17–31.
- Humphreys, P. (1985). Why Propensities Cannot Be Probabilities. *The Philosophical Review*, 94(4), 557–570.

- Jeler, C. (2024). Trait-centered vs. Fitness-centered definitions of natural selection. *Biology & Philosophy*, 39(5), 27.
- Lewontin, R. C. (1957). The Adaptations of Populations to Varying Environments. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 395-408.
- Lloyd, E. (2021). *Adaptation*. Cambridge University Press.
- Mahner, M., & Bunge, M. (1997). *Foundations of Biophilosophy* (1997th edition). Springer.
- Majerus, M. E. N. (2009). Chapter 132—Industrial Melanism. In V. H. Resh & R. T. Cardé (Eds.). *Encyclopedia of Insects* (Second Edition) (pp. 496–500). Academic Press.
- Manser, A. R. (1965). The Concept of Evolution. *Philosophy*, 40(151), 18–34.
- Mayne, Z. J. (2023). The conceptual foundation of the propensity interpretation of fitness. *Synthese*, 203(1), 10.
- Mayr, E. (1961). Cause and Effect in Biology: Kinds of causes, predictability, and teleology are viewed by a practicing biologist. *Science*, 134(3489), 1501–1506.
- Mayr, E. (1972). Lamarck Revisited. *Journal of the History of Biology*, 5(1), 55–94.
- Mayr, E. (2004). *What Makes Biology Unique? Considerations on the Autonomy of a Scientific Discipline*. Cambridge University Press.
- Mills, S. K., & Beatty, J. H. (1979). The propensity interpretation of fitness. *Philosophy of Science*, 46(2), 263–286.
- Morgan, T. H. (1925). *Evolution and Genetics*. Princeton: Princeton University Press.
- Pence, C. H. (2021). *The causal structure of natural selection*. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/elements/causal-structure-of-natural-selection/0029E1D4DCBBB84589C4404DC6ADFD44>.
- Pence, C. H., & Ramsey, G. (2013). A New Foundation for the Propensity Interpretation of Fitness. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 64(4), 851–881.
- Peters, R. H. (1976). Tautology in Evolution and Ecology. *The American Naturalist*, 110(971), 1–12.
- Pietsch, T. W. (2013). *Trees of Life: A Visual History of Evolution* (Reprint edition). Johns Hopkins University Press.
- Popper, K. (1972). *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach* (Revised edition). Oxford University Press.
- Popper, K. (1978). Natural selection and the emergence of mind- Popper. *Dialectica*, 32(3-4),

339–355.

Popper, K. (1986). *Poverty of Historicism*. Ark.

Popper, K. (2002). *Unended Quest: An Intellectual Autobiography* (2nd edition). Routledge.

Ruse, M. (1982). *Darwinism Defended*. Addison-Wesley.

Smedt, J. D. (2020). *The Challenge of Evolution to Religion*. Cambridge University Press.

Sober, E. (1984). *The Nature of Selection: Evolutionary Theory in Philosophical Focus*. Mit Press.

Sober, E. (2013). Trait fitness is not a propensity, but fitness variation is. *Studies in History and Philosophy of Science, Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44(3), 336–341.

Sober, E. (2024). *The Philosophy of Evolutionary Theory: Concepts, Inferences, and Probabilities*. Cambridge University Press.

Sober, E. (2001). *The two faces of fitness*. In *Thinking about evolution: Historical, philosophical, and political perspectives* (V. 2, p. 309–321). Cambridge University Press Cambridge.

Stamos, D. N. (1996). Popper, falsifiability, and evolutionary biology. *Biology & Philosophy*, 11(2), 161–191.

Wallace, A. (2009). *On the Law Which Has Regulated the Introduction of New Species* (1855). Alfred Russel Wallace Classic Writings, Paper 2.