

فلسفه زیست‌شناسی

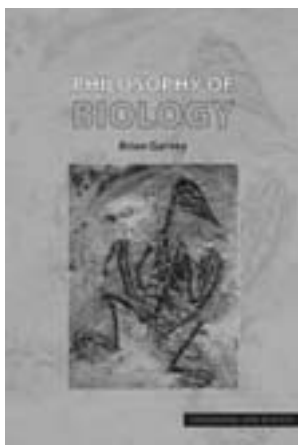


منتقدین: مورین ای. اومالی و دنیل جی. نیکلسون
از دانشگاه اکستر
مترجم: مصطفی امیری

اشاره

آنچه پیش روی شماست نقدی است بر کتاب فلسفه زیست‌شناسی *Philosophy of Biology* نوشته بریان گاروی (Brian Garvey) که در سال ۲۰۰۷ از سوی دانشگاه مک گیل - کوئین در ۲۷۴ صفحه منتشر شده است.

گرچه می‌توان مبدأ مطالعات فلسفی دنیای جانداران را حداقل در زمان ارسطو جستجو کرد، فلسفه زیست‌شناسی در حکم یک رشته دانشگاهی جا افتاده، عمر نسبتاً کوتاهی دارد. خاستگاه این رشته به اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ بازمی‌گردد که فیلسوفانی نظیر دیوید هال^۱ و مایکل روس^۲ با بهره گرفتن از نظریه تلفیق مدرن^۳ شروع به تدوین نظریاتی برای درک فلسفی بهتر از زیست‌شناسی کردند. از آن زمان تا کنون، فلسفه زیست‌شناسی با رشدی سریع به یکی از حوزه‌های اصلی تحقیقات در فلسفه علم مبدل گشته است. در طول دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ میلادی چندین درسنامه فلسفه زیست‌شناسی منتشر شد، و در سال‌های اخیر نیز تعداد زیادی کتاب و مجموعه مقالات در این زمینه به چاپ رسیده است. فلسفه زیست‌شناسی گاروی (۲۰۰۷) نیز در زمره همین آثار اخیر قرار می‌گیرد. شیوه نگارش روان و قابل فهم آن نشان می‌دهد کتاب حکم درآمدی را بر این رشته دارد که برای دانشجویان ناآشنا به فلسفه و یا کاربرد آن در حوزه زیست‌شناسی نگاشته شده است. با وجود این، باید متذکر شد که فلسفه زیست‌شناسی، گاروی بیشتر درسنامه فلسفه تکامل و تطور حیات^۴ است تا فلسفه زیست‌شناسی. گاروی با نصب‌العین قرار دادن شعار دوپشانسکی^۵ که «در زیست‌شناسی هیچ چیز معنا ندارد مگر در پرتو تکامل و تطور حیات» همه مسائل مطرح در زیست‌شناسی را از منظر تکامل می‌نگرد، و





برایان گاروی

همه مفاهیم مشخصاً زیستی را مفاهیمی تکاملی می‌داند. گاروی نظریه خود را در چهارده فصل بسط می‌دهد، که می‌توان آنها را به سه بخش موضوعی تقسیم کرد. بخش اول شامل مباحث زیر است: بنیان فلسفی نظریه تکامل و تطور حیات و استدلال‌های داروین^۶ در کتاب اصل انواع^۷ (فصل اول)، اهمیت ژن‌ها در تکامل و تطور حیات (فصل دو)، مباحث مربوط به واحدهای انتخاب (فصل سوم)، اصل سازش با محیط (فصل چهارم)، و نقش رشد در تکامل و تطور حیات (فصل پنجم). نویسنده در بخش دوم در باب برخی مسائلی فلسفی ناشی از نظریه تکامل و تطور حیات به بحث می‌پردازد که عبارتند از ذاتی بودن (فصل ششم)، کارکرد و نقش (فصل هفتم)، طبقه‌بندی (فصل هشتم)، و گونه‌های مختلف (فصل نهم)، و بالاخره در بخش سوم به بررسی تأثیر گسترده‌تر نظریه تکامل و تطور حیات بر فلسفه علم (فصل دهم)، معرفت‌شناسی (فصل یازدهم)، دین (فصل دوازدهم)، روانشناسی (فصل سیزدهم)، و اخلاق (فصل چهاردهم) می‌پردازد.

کتاب با بحثی نوداروینی درباره نظریه تکامل و تطور حیات و برخی اصلاحاتی که از زمان داروین تا کنون در آن صورت گرفته است، آغاز می‌شود. گاروی از همان ابتدا با دفاع از «دیدگاه تکامل‌گرای همیلتن - ویلیامز»^۸ موضعی سخت نوداروینی اتخاذ می‌کند، و نظرات ریچارد داوکینز^۹ و دنیل دنت^{۱۰} را خمیرمایه استدلال‌های خود قرار می‌دهد. به‌رغم محوریت نظریه تکامل و تطور حیات در بحث گاروی، ابعاد مختلف این مسئله مورد بررسی قرار نگرفته است. گاروی - چنانکه از منظر یک نوداروینیست معتقد به اصل سازش‌پذیری با محیط انتظار می‌رود - سخن چندان زیادی در باب رانش ژنتیکی^{۱۱} و تکامل خنثی^{۱۲} ندارد، و تعجب‌انگیزتر اینکه حتی به تحلیل مسائل مربوط به ژنتیک جمعیت^{۱۳} و یا مفهوم صلاحیت^{۱۴} نیز نپرداخته است. با وجود این، به‌رغم بررسی گذرای نظریه تکامل در بُعد زیستی آن، گاروی هم خود را مصروف بحث درباره ابعاد روان‌شناختی و فرهنگی این نظریه کرده است. او به تبعیت از داوکینز و دنت، انتخاب طبیعی را همچون «اسیدی» می‌داند که مفاهیم سنتی را می‌خورد و ما را مجاب می‌سازد تا به «داروینیسمی فراگیر» اعتقاد یابیم که می‌توان آن را در همه وجوه زندگی بشری از جمله مفاهیم فرهنگی، توانایی‌های شناختی، و شمّ اخلاقی به کار بست.

دیدگاه گاروی نسبت به نظریه تکامل و تطور حیات به گونه‌ای است که در مواجهه با چالش‌های انتخاب‌باوری ژنی^{۱۵} نوداروینی می‌تواند به راحتی بر اختلاف نظرهای فایق آید و راه‌حل‌های نسبتاً ساده‌ای برای بسیاری از مسائل بحث‌انگیز زیست‌شناسی تکاملی بیابد. مثلاً، مؤلف در فصل چهارم کتاب نظرات استفن جی. گولد^{۱۶} و ریچارد لوانتین^{۱۷} در نقد بسیار معروفشان بر اصل سازش با محیط^{۱۸} (۱۹۷۹) را مورد بررسی قرار می‌دهد. گاروی معتقد است که هر چند گولد و لوانتین به زعم خود «بینشی متفاوت از ماهیت زیست‌شناسی تکاملی» (ص ۶۲) ارائه می‌دهند، تنها دستاورد مهم آنها (از نظر گاروی) یادآوری این مسئله است که در توضیحات مبتنی بر اصل سازش‌پذیری با محیط^{۱۹} صورت می‌گیرد باید به وجود عوامل غیرسازشی^{۲۰} نظیر محدودیت‌ها، نیز اذعان داشت (ص ۶۲). به‌طور کلی، گاروی نقد گولد و لوانتین را «قدری بی‌محتوا» می‌داند و جایگزین‌های پیشنهادی آنها را برای توضیحات مبتنی بر سازش‌پذیری با محیط به لحاظ تجربی بی‌ثمر می‌شمارد (ص ۳-۶۲). گاروی در فصل پنجم به هنگام بررسی زیست‌شناسی تکاملی رشد^{۲۱} و نظریه نظام‌های رشد^{۲۲} نیز شیوه‌ی مشابهی به کار می‌بندد. او زیست‌شناسی تکاملی رشد را «شعار روز» توصیف می‌کند (ص ۶۵) و نتیجه می‌گیرد که این نظریه به‌طور کامل با دیدگاه ژن‌محور نسبت به تکامل، که در آن ژن‌ها «در حکم نیروی رانش رشد و تکامل هستند» (ص ۷۷) سازگاری دارد. او سپس زیست‌شناسی تکاملی رشد را با نظریه نظام‌های رشد، که آن را «دیدگاه کل‌نگر تکامل» (ص ۸۷) می‌نامد، مقایسه می‌کند، ولی خاطر نشان می‌سازد که نظریه نظام‌های رشد، برخلاف زیست‌شناسی تکاملی رشد، «هنوز از لحاظ یافته‌های تجربی پشتوانه چندان نادارد» (ص ۸۸).

گاروی هر دو بحث مزبور را شتابزده و بر اساس یافته‌های تحقیقاتی محدود پیش می‌برد. مثلاً نه ذکر از دامنه تلفیق‌های متفاوت زیست‌شناسی تکاملی رشد در ارتباط با نظریه تکامل (مثلاً رابرت^{۲۳} ۲۰۰۲؛ گیلبرت^{۲۴} ۲۰۰۳) شده است، و نه از ارتباط بین زیست‌شناسی تکاملی رشد و نظریه نظام‌های رشد، و بین نظریه نظام‌های رشد و تحقیقات زیست‌شناختی (مثلاً اوایاما^{۲۵} و همکاران ۲۰۰۱؛ گریفیث^{۲۶} و گری^{۲۷} ۲۰۰۵). با وجود این، آنچه از ارزیابی گاروی روشن می‌شود، دو راهبرد او برای حل چالش‌های پیش روی نوداروینیسم، ناب است. راهبرد اول مقید کردن مواضع مخالف به نظریه تکاملی ژن‌محور (مثلاً زیست‌شناسی تکاملی رشد، و عوامل غیر سازشی مطرح شده از سوی گولد و لوانتین) و راهبرد دوم - در صورت شکست راهبرد اول - ردّ مواضع جدید به بهانه آنکه یک برنامه تحقیقاتی تجربی موفق را تشکیل نمی‌دهد (مثلاً نظریه نظام‌های رشد، و «جایگزین‌های پیشنهادی گولد و لوانتین برای اصل سازش‌پذیری با محیط»).

بررسی‌های
فلسفی گاروی،
به‌طور عمده
بسیار ابتدایی
است.

چنانچه خواننده
با ادبیات فلسفه
زیست‌شناسی
آشنا باشد،
احتمالاً مطلب
چندان مفید
یا جدیدی
در کتاب گاروی
نخواهد یافت.



چارلز داروین

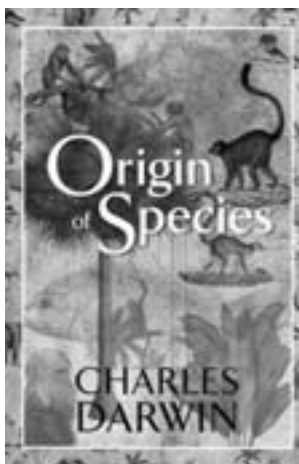
گاروی تعدادی از استدلال‌های فلسفی دیگری را نیز که در کتابش مورد بررسی قرار داده است با این معیار که آیا از لحاظ علمی موفق بوده‌اند، که البته منظورش «سازگاری با حقایق علمی» است. در واقع، حقایق علمی از طبیعت سرچشمه می‌گیرند و نقش دانشمندان و فلاسفه شناسایی این حقایق است. تنها زمانی که به این «حقایق صحیح» دست بیابیم، می‌توانیم اختلافات موجود بین علم و فلسفه علم را حل کنیم. نمونه‌ای از این موضع معرفت‌شناختی را می‌توان در جایی یافت که گاروی علت موفقیت علمی نظریه تکامل و تطور حیات داروین و عدم موفقیت نظریه‌های لوکرتیوس^{۲۸} و لامارک^{۲۹} را توضیح می‌دهد: «هر دو نظریه لوکرتیوس و لامارک به این سبب مردودند که به عواملی توسل می‌جویند که شواهدی برای آنها در دست نداریم. نظریه داروین به سبب توسل به عواملی که واقعاً وجود آنها را می‌بینیم موفق است» (ص ۴). گاروی در ارتباط با مفاهیمی نظیر کانالیزه شدن^{۳۰}، میزان مقاومت سیستم‌های پیچیده‌تر در مقابل تغییرات تکاملی^{۳۱}، و تپیک بودن جمعیتی^{۳۲} نیز از استدلال مشابهی استفاده می‌کند. او می‌گوید که موفقیت زیست‌شناختی این مفاهیم به سبب آن است که واقعاً وجود دارند (ص ۱۰۵).

یکی از نمونه‌های گویای این استدلال را می‌توان در بحث گاروی در مورد مقوله‌های زیست‌شناختی در فصل هشتم یافت. گاروی درخت جهان‌شمول زندگی^{۳۳} را یکی از همین «حقایق» می‌داند که توسط علم آشکار گشته است. او در این باره متذکر می‌شود «یکی از حقایق خاموش زیست‌شناسی که تکامل برای ما روشن ساخته است همانا وجود یک درخت زندگی پرشاخه است، یعنی مجموعه‌ای از مقولات که هر ارگانیسمی مقام مناسب خود را در آن می‌یابد... که این مقام توسط حقایق مرتبط با خود ارگانیسم‌ها معین می‌شود» (ص ۱۲۷). برای نشان دادن

روابط بی‌شمار تکاملی، یک درخت پرشاخه از گونه‌های دارای خویشاوندی^{۳۴} مشترک به کار

می‌رود که هم روند و هم الگوی تکامل را در بر می‌گیرد. چنین فرض‌هایی با فیلوژنی‌های مولکولی میکروبی^{۳۵} که در آنها خویشاوندی عمودی غالباً با اکتساب افقی مواد ژنتیکی از بین می‌رود، دچار مشکل می‌شود. ادعای گاروی مبنی بر اینکه «هر چه عمیق‌تر به ساختار یک جاندار برویم» (ص ۱۳۴) قابلیت اطمینان طبقه‌بندی بالاتر می‌رود، در ارتباط با فیلوژنی میکروبی^{۳۶} که از داده‌های «زرف ساخت» استفاده می‌کند، صادق نیست. هر چه در مورد ساختار ژنوم بیشتر بدانیم، طبقه‌بندی میکروب‌ها (بدین معنا که توضیح واحدی در مورد آنها داشته باشیم) غیرقابل اطمینان‌تر می‌شود. حداقل برای برخی از فیلوژنیست‌های مولکولی درخت زندگی در بهترین وجه خود یک فرضیه است، که البته غالباً آن را یک اشتباه بازنمایی می‌دانند (مثلاً دولیتل^{۳۷} و باتیست^{۳۸} ۲۰۰۷)، تا یک «حقیقت»، برآمده از طبیعت. اگرچه درخت سلولی در کتاب تاریخ طبیعت وجود دارد، ولی این درخت، به‌طور عمده از حوزه دانش بشری دور بوده است. البته این امر بدان معنی نیست که درخت‌های تکاملی^{۳۹} را نباید ساخت، بلکه بدان معنی است که «درخت درست» علت (چنانکه گاروی می‌پندارد) و یا معلول بازسازی‌های فیلوژنتیک نیست.

معرفت‌شناسی ساده‌انگارانه گاروی در عدم حساسیت تاریخی و تاریخ‌نگارانه^{۴۰} او در مطرح ساختن ادعاهای علمی نیز مشهود است. از نظر ما، تاریخ علم بافت لازم برای درک مناسب معنا، تکامل و بجا بودن بحث‌ها





مایکل روس

و مسایل فلسفی ناشی از آنها را فراهم می‌آورد. برخورد فلسفی گاروی با مسایل زیست‌شناختی بیشتر بدیهی پنداشتن نظرات نوداروینی است، البته به استثنای مواردی که درک‌های امروزی قرائت‌های ضد نوداروینی تکامل را تأیید نمی‌کند. برای نمونه رفتار او با داروین و گولد و لوانتین را با یکدیگر مقایسه کنید. او موضع گولد و لوانتین را مردود و بی‌اهمیت و نادرست اعلام می‌کند، هر چند گاروی بعداً مجبور می‌شود به اهمیت نظرات آنها را در بافت معاصر زیست‌شناسی تکاملی رشد اذعان کند.

سایر بحث‌های مربوط به تکامل و تطور حیات در پرتوی درخشان نوداروینیسم معتقد به اصل سازش با محیط محو می‌شوند و بنا به آنچه گاروی اجماع علمی بر سر این مسئله می‌داند، حل می‌گردند. برای نمونه، گاروی از درک معاصر از تکامل ژنوم یوکاریوت‌ها، که پیامدهای بسزایی برای سازش‌باوری نوداروینی مبتنی بر اصل انتخاب ژنی^{۴۱} دارد به‌طور کامل غفلت می‌کند. چنان‌که مایکل لینچ^{۴۲}، مؤلف خاستگاه‌های ساختار ژنومی^{۴۳} (۲۰۰۷)، می‌نویسد: «بسیاری از ابعاد تکامل در سطح ژنوم را نمی‌توان به‌طور کامل با نظریه مبتنی بر سازش‌پذیری با محیط توضیح و شرح داد... بسیاری از مشخصه‌های ژنومی نمی‌توانست بدون انفکاک کامل از قدرت انتخاب طبیعی ظهور یابد» (ص ۱۴). از آنجایی که مطالب بسیار اندکی در ارتباط با زیست‌شناسی معاصر در این کتاب گنجانده شده است، «اجماعی» که گاروی در آخر به آن توسل می‌جوید حداقل اجماعی نیست که در حال حاضر بین زیست‌شناسان وجود دارد.

البته فقط نظریات زیست‌شناختی مطرح شده در این کتاب کهنه و منسوخ نیست، بلکه بخش اعظمی از فلسفه علمی که گاروی در کتابش ارائه می‌کند نیز کهنه و بدون اطلاع از پیشرفت‌های جدید است. مثلاً گاروی در فصل دهم کتاب استدلال می‌کند که تدوین قوانین «چیزی است که باید هدف هر علمی باشد» با این فرض که «انتظار ما از توضیحات علمی آن است که با استفاده از قوانین پدیده‌ها را شرح دهند» (ص ۱۶۰-۱۶۱). این گفته نشان می‌دهد که گاروی از تحولی که اخیراً با نظریات ماکامر^{۴۴}، کریور^{۴۵} و داردن^{۴۶} در فلسفه علم صورت گرفته، بی‌خبر است. آنها معتقدند که دانشمندان برای توضیح پدیده‌ها اصولاً به مکانیسم‌ها توسل می‌جویند و نه قوانین. حتی اگر این مورد قابل اغماض باشد، بحث گاروی درباره قوانین زیست‌شناسی احتمالاً برای بسیاری از خوانندگان بحث پرمحتوایی نخواهد بود، چرا که بحث مفصلی درباره مفهوم قانون علمی صورت نگرفته، و هیچ اشاره‌ای به «نظریه امکان تکامل^{۴۷}» جان بیٹی (۱۹۹۵) نشده است. این نظریه به‌طور تقریبی به نقطه شروع استاندارد برای همه بحث‌های معاصر در این زمینه تبدیل شده است. هدف اصلی گاروی در بحث بر سر قوانین زیست‌شناسی دفاع از این ادعای داو کینز است که «زیست‌شناسی علم یکپارچه‌تری نسبت به فیزیک است» (ص ۱۵۷) زیرا هر چند فاقد قوانین است، نظریه تکامل و تطور حیات آن را یکپارچه ساخته است (ص ۱۷۵). به بیان دیگر، نظریه تکامل برای گاروی حکم «یکپارچه‌سازی هستی‌شناختی زیست‌شناسی» را دارد، که در واقع توجیهی برای اعتقادات تکامل‌گرایانه او و نمودش در همه جای کتاب است.

به‌طور کلی، فلسفه زیست‌شناسی گاروی بیشتر بررسی ادبیات کهنه فلسفه زیست‌شناسی است تا تلاشی تازه برای ارائه تفکری فلسفی درباره مسائل آشنای زیست‌شناختی با توجه به پیشرفت‌های علمی اخیر. این امر، مضاف بر اینکه بررسی‌های فلسفی گاروی، به‌طور عمده بسیار ابتدایی است، ما را به این نتیجه می‌رساند که چنانچه خواننده با ادبیات فلسفه زیست‌شناسی آشنا باشد، احتمالاً مطلب چندان مفید یا جدیدی در کتاب گاروی نخواهد یافت. دامنه وسیعی از بحث‌های زیست‌شناختی که به‌طور مستقیم با تکامل ارتباط ندارند حتی در این کتاب ذکر نشده‌اند، مثلاً زیست‌شناسی سلولی، بوم‌شناسی، فیزیولوژی، ایمنی‌شناسی، نورویولوژی و میکروبیولوژی، و همچنین حوزه‌های جدیدتری نظیر نظام‌ها و زیست‌شناسی تلفیقی. علاوه بر اینکه مباحث زیست‌شناختی کافی در این کتاب نیست، بررسی کافی نیز از بحث‌های نظری زیست‌شناسی تکاملی در آن صورت نگرفته است (مثلاً ویلسن و ویلسن^{۴۸} ۲۰۰۷؛ پیگلیوچی^{۴۹} ۲۰۰۷؛ وست - ابرهارد^{۵۰} ۲۰۰۵؛ رُز و اوکلی^{۵۱} ۲۰۰۷؛ میلستاین^{۵۲} ۲۰۰۶؛ پلوتینسکی^{۵۳} ۲۰۰۷) تا کتاب را به مأخذ خوبی برای زیست‌شناسان (تکامل‌گرایی) تبدیل کند که تمایلات فلسفی نیز دارند.

غافل ماندن از مخاطبانی که تمایلات فلسفی و علمی دارند، دانشجویانی را که هنوز با این مبحث آشنا نیستند و مایلند مقدمات فلسفه زیست‌شناسی را بیاموزند به تنها مخاطبان کتاب تبدیل کرده است. با وجود این، با توجه به چارچوب محدودی که گاروی برای بحث خود انتخاب کرده است، فایده کتاب در حکم یک منبع آموزشی زیر سؤال می‌رود. از نظر ما مفیدتر آن است که متون مقدماتی به توصیف بحث‌های پیچیده فلسفی به

فلسفه زیست‌شناسی
با رشدی سریع
به یکی از
حوزه‌های اصلی
تحقیقات در
فلسفه علم
مبدل گشته
است.

کتاب
حکم در آمدی را
بر این رشته دارد
که برای دانشجویان
ناآشنا به فلسفه
و یا کاربرد آن
در حوزه
زیست‌شناسی
نگاشته شده است.

شیوه‌ای متوازن و باز بپردازند تا دانشجو تشویق شود خود به تعمق در آن موضوعات بپردازد و مستقلاً در ارتباط با آنها استدلال کند. شیوه پیش‌دستانه‌ای که گاروی در کتابش اتخاذ کرده است دیگر هیچ مسئله مهمی را در فلسفه زیست‌شناسی «حل نشده» باقی نمی‌گذارد، و به اعتقاد ما استفاده از این کتاب در کلاس درس به دانشجو چنین القا می‌کند که موضع نوداروینستی داوکینزی برخی از بحث‌های جاری در این زمینه را بدون در دسر حل کرده است. اگر قرار باشد کتاب گاروی مقدمه مفیدی برای فلسفه زیست‌شناسی برای دانشجویان جدید باشد، باید دامنه وسیع‌تری از مباحث مربوط به فلسفه تکامل و زیست‌شناسی را در بر بگیرد.

اگرچه رویکرد گاروی به فلسفه زیست‌شناسی برای بسیاری از خوانندگان بالقوه چارچوبی بسیار محدود دارد، بررسی محدودیت‌های آن می‌تواند راهنمایی سازنده در تدوین کتاب‌های درسی در زمینه فلسفه زیست‌شناسی باشد. به‌رغم چاپ کتاب‌های درسی متعدد در زمینه فلسفه زیست‌شناسی در سال‌های اخیر، قابل توجه است که هیچ‌یک از آنها تا به حال شرح مناسبی از ماهیت فلسفه زیست‌شناسی ارائه نداده است. آیا اگر فلسفه زیست‌شناسی همان فلسفه تکامل نباشد، می‌توان آن را فلسفه حیات دانست، و یا فلسفه علم زیست‌شناسی آنگونه که با آن آشنا هستیم؟ آیا فلسفه زیست‌شناسی باید خود را محدود به توصیف مسائل مفهومی که زیست‌شناسان با آن مواجهند سازد، و یا باید سعی کند بر شیوه تفکر درباره این مسایل و مشکلات تأثیر بگذارد و آن را متحول سازد؟ به اعتقاد ما این رشته علاوه بر ترکیب مباحث اصلی در این زمینه، باید نحوه پیکربندی آن را نیز مورد بررسی قرار دهد، اهداف اصلی برنامه‌ریزی‌ها به‌طور کامل مورد بررسی قرار گیرد، رابطه معرفت‌شناختی آن با علم زیست‌شناسی، تاریخ و فلسفه علم، و حتی درک عموم از علم مشخص شود. از نظر ما، این نوع مسایل می‌تواند نقاط شروع مفیدی برای هر کتاب جدیدی باشد که در زمینه فلسفه زیست‌شناسی نوشته می‌شود، و می‌تواند عاملی مفید برای تصحیح بازیافت بدون تحلیل و تفکر، مباحث کهنه و محدود باشد.

پی‌نوشت‌ها

1. David Hull.
2. Michael Ruse.
3. Modern Synthesis.
4. Evolution.
5. Dobzhansky.
6. Darwin.
7. *Origin of Species*.
8. Hamilton-Williams.
9. Richard Dawkins.
10. Daniel Dennett.
11. Genetic drift.
12. Neutral evolution.
13. Population genetics.
14. Fitness.
15. Gene-selectionism.
16. Stephen Jay Gould.
17. Richard Lowontin.
18. Adaptation.
19. Adaptationist.
20. Non-adaptive.
21. Evolutionary developmental biology.
22. Developmental systems theory.
23. Robert.
24. Gilbert.
25. Oyama.
26. Griffiths.
27. Gray.
28. Lucretius.
29. Lamarck.
30. Canalization.
31. Generative entrenchment.
32. Population typicality.
33. Tree of life.
34. Descent.
35. Microbial molecular phylogenies.
36. Microbial phylogeny.
37. Doolittle.
38. Bapteste.
39. Evolutionary trees.
40. Historiographical.
41. Gene-selectionist neo-Darwinian adaptationism.
42. Michael Lynch.
43. *The Origins of Genome Architecture*.
44. Machamer.
45. Craver.
46. Darden.
47. Evolutionary contingency theory.
48. Wilson.
49. Pigliucci.
50. West-Eberhard.
51. Rose and Oakley.
52. Millstein.
53. Plutynski.