

حسین جرجانی

[/https://hosseinjorjani.com](https://hosseinjorjani.com)

hosseinjorjani2@gmail.com

درباره دیالکتیک (۲): بازبینی دیالکتیک

[این نوشتار بخش اول از یک نوشتار سه بخشی است.]

[درباره دیالکتیک (۱): دیالکتیک چیست]

[درباره دیالکتیک (۳): جایگزین‌های دیالکتیک]

برای مشاهده آخرین نسخه، و همچنین نسخه PDF، لطفاً به لینک زیر رجوع کنید.

[/https://hosseinjorjani.com/dialectic](https://hosseinjorjani.com/dialectic)

Revision history

2025-06-27

2025-07-12

2025-09-10

Copyright © 2025 Hossein Jorjani

This work is licensed under the Creative Commons Attribution–NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

To view a copy of this license, visit: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

You are free to copy, distribute, adapt, and build upon this work for **non-commercial purposes**, provided you give appropriate credit. Please include the following information when citing or redistributing:

- **Author's name:** حسین جرجانی
- **Title of the work:** درباره دیالکتیک (۲): بازیابی دیالکتیک
- **Link to this edition's website:** <https://hosseinjorjani.com/dialectic/>

Commercial use of this edition is not permitted without prior permission from the author.

Contents

.....	درباره دیالکتیک (۲): بازیابی دیالکتیک.....
۱.....	۱ - چکیده.....
۱.....	۲ - مقدمه.....
۴.....	۳ - صورت‌بندی مسئله.....
۶.....	۴ - استانداردهای روش‌شناختی.....
۸.....	۵ - ابطال نمونه‌های شاخص.....
۸.....	۵.۱ - گذار فازی آب.....
۹.....	۵.۲ - درخشش حرارتی در فلزات.....
۱۰.....	۵.۳ - وارونگی قطبیت مغناطیسی.....
۱۱.....	۵.۴ - دگرشکل‌ها (آلوتروپ‌ها).....
۱۲.....	۵.۵ - افزودن هیدروکربن.....
۱۳.....	۵.۶ - جدول تناوبی.....
۱۵.....	پل: از نمونه‌های کلاسیک تا نمونه‌ای تازه.....
۱۶.....	۵.۷ - تعادل گسسته (Punctuated Equilibrium).....
۱۷.....	۵.۸ - نمونه‌های شبه‌دیالکتیکی.....
۱۹.....	۵.۹ - تحلیل تطبیقی: الگوها و واگرایی‌ها.....
۲۰.....	۶ - پیامدهای فلسفی.....
۲۲.....	۷ - نتیجه‌گیری.....
۲۳.....	۸ - خلاصه بخش بعدی.....
۲۳.....	۹ - منابع.....
۲۹.....	پیوست ۱: فهرست اصطلاحات به کار رفته در این مقاله.....
۳۵.....	پیوست ۲: کنترل سوخت‌وساز و توهم جهش‌های فرگشتی.....

توضیح

۱ - این مقاله در ابتدا به انگلیسی نوشته شده، و سپس، برای استفاده فارسی‌زبانان، به فارسی ترجمه شده است. در ترجمه‌ی اصطلاحات فلسفی، گاهی تردید داشتم که مناسب‌ترین واژه‌ی فارسی برای یک اصطلاح فلسفی چه واژه‌ایست. در نتیجه ممکن است در بخش‌های مختلف از واژه‌های مختلف استفاده کرده باشم. در ویراستاری‌های آینده، این خطاها را تصحیح خواهم کرد.

۲ - در مورد بسیاری از مفهومی‌هایی که در این سری از مقاله‌ها بررسی می‌شوند، برداشت‌های بسیار متفاوتی وجود دارند. برخی از این برداشت‌ها، ربط زیادی با مفهوم فلسفی و ابتدایی همان مفهومی‌ها نزد فیلسوفانی که آن مفهومی‌ها را بنیان گذاشتند، ندارند. مفهومی‌هایی مانند "دیالکتیک" یا "گذار از کمیت به کیفیت" یا "تناقض درونی" از جمله چنین مفهومی‌هایی هستند. برداشت‌های ناروا از این مفهومی‌ها، چنان در بخش وسیعی از هم‌نسلان من (اعم از چپ و میانه و راست، اعم از سیاسی و غیر سیاسی، اعم از علمی‌اندیشان و فلسفی‌اندیشان، اعم از ...) جا افتاده‌اند که "بیرون نمی‌توان کرد، الا به روزگاران". تنها چاره‌ای که به ذهن من می‌رسد آن است که هر کدام را با بیان‌های متفاوتی عرضه کنم، تا بلکه یکی از آن‌ها منظور را برساند. این کار، به نوشتن عبارت‌های شبیه هم (و شاید تکراری) انجامیده است. از این تکرارها پوزش نمی‌طلبم، زیرا بر اساس یک اصل آموزشی سعی می‌کنم که "بگویم چه را می‌خواهم بگویم"، بعد "آن چه را که می‌خواهم بگویم، بگویم" و بعد "بگویم که چه را گفته‌ام".

۱ - چکیده

این مقاله به بررسی انتقادی اصل دیالکتیکی می‌پردازد که بر اساس آن انباشت کمی به دگرگونی کیفی منجر می‌شود. اصلی بنیادین در دیالکتیک هگلی [1]، و اعتبار علمی آن را ارزیابی می‌کند. با استفاده از معیارهای روش‌شناختی صریح (پیوستگی در برابر گسستگی، علیت درونی در برابر علیت بیرونی، نوآوری، کفایت پیش‌بینی، و انسجام مفهومی)، این مقاله هفت نمونه پاراجاع از فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی را مورد آزمون قرار می‌دهد؛ از جمله گذارهای حالت‌های آب، درخشندگی [2] فلزات داغ، وارونگی قطبی مغناطیسی، چند شکلی کرین [3]، زنجیره‌های هیدروکربنی، جدول تناوبی، و تعادل گسسته [4]. در هر مورد نشان داده می‌شود که تبیین دقیق‌تر بر پایه فرایندهای پیوسته، با میانجیگری بیرونی، یا احتمالاتی صورت می‌گیرد، نه بر اساس تناقض درونی یا گسست‌های وجودی. تحلیل آشکار می‌سازد که "گذار از کمیت به کیفیت" که غالباً به‌مثابه یک قانون عام فراخوانده می‌شود، هنگامی که در معرض ارزیابی علمی مدرن قرار گیرد، از پשתوانه تجربی و انسجام روش‌شناختی بی‌بهره است. مقاله نتیجه می‌گیرد که هرچند دیالکتیک ممکن است ارزش اکتشافی یا بلاغی خود را حفظ کند، اما گسترش آن به علوم طبیعی (و احتمالاً، علوم اجتماعی) به‌مثابه چارچوبی قانون‌مانند برای تبیین پدیده‌ها، ناموجه است. در معنایی گسترده‌تر، کوشش برای قانون‌گذاری طبیعت از طریق تناقض، در معرض فروکاستن به استعاره قرار دارد؛ تلاشی که به جای روشن‌سازی، تنوع علی فرایندهای طبیعی را پنهان می‌سازد.

۲ - مقدمه

در نخستین مقاله از این مجموعه [5]، تاریخچه‌ی مفهوم دیالکتیک [6] مرور شد و نشان داده شد که دیالکتیک در آغاز به‌مثابه ابزاری نسبتاً ساده (simplicus) برای پژوهش و روشن‌سازی مفهومی به‌کار می‌رفت، برای مثال، در گفت‌وگوی سقراطی [7]. به تدریج "بلوک‌های سازنده" دیگری بر آن افزوده شد تا سرانجام به ساختاری پیچیده (compositum) بدل گردید و در درون چارچوب‌های فلسفی گسترده‌تر جای گرفت [8].

[1] Hegelian dialectics.

[2] Incandescence.

[3] Allotropy.

[4] punctuated equilibrium.

[5] Jorjani (2025).

[6] Dialectic.

[7] Socratic dialogue.

[8] واژه "Simplicus" اصطلاحی فنی و ابداعی است، مشتق از "simplex, simplicis" که در اینجا برای اشاره به ساختاری نظری و غیرترکیبی به‌کار می‌رود. واژه "Compositum" اصطلاح لاتین کلاسیک برای ساختار مرکب

پیش از هگل [1]، دیالکتیک عمدتاً همچون ابزاری روش‌شناختی (متدولوژیک) در درون شناخت‌شناسی (اپیستمولوژی) و بلاغت (رتوریک) عمل می‌کرد. روشی بود برای درگیر شدن با تناقض [2] به منظور آزمودن مواضع و روشن‌سازی مفاهیم [3]. اما با هگل، دیالکتیک به عنوان منطق درون‌ماندگار اندیشه و واقعیت بازتعریف شد: تناقض به عنصری سازنده در خود حرکت بدل گشت، نه صرفاً ویژگی‌ای از گفتمان [4]. این امر گسستی تعیین‌کننده را رقم زد و دیالکتیک را از یک روش به منطقی فراگیر از "شدن" [5] گسترش داد.

از هگل تا مارکس [6] و انگلس [7]، دیالکتیک هم دچار وارونگی شد و هم گسترش یافت: به سوی ماتریالیسم [8] معطوف گردید و ورای منطق، به تاریخ و طبیعت نیز تعمیم داده شد [9]. به ویژه انگلس استدلال کرد که یکی از دعاوی محوری هگل، یعنی "گذار از کمیت به کیفیت" [10] می‌تواند همچون قانونی عام برای حرکت در طبیعت در نظر گرفته شود [11]. ایده این است که انباشت تغییرات کمی به نوآوری کیفی [12] منجر می‌شود، همان‌گونه که "بیشتر از همان چیز" سرانجام چیزی از سنجی کاملاً متفاوت پدید می‌آورد. این صورت‌بندی به‌ویژه در سنت‌های مارکسیستی تأثیرگذار بوده است، که غالباً نه به عنوان ابزاری اکتشافی، بلکه همچون "قانون طبیعت" [13] تلقی می‌شود. کاربردی که بیشتر با علم قرن نوزدهم سازگار است تا با علم امروز [14].

یا ترکیبی است. برای حفظ سازگاری با برخی اسامی انگلیسی و لاتینی مانند "*series, species*"، هر دو واژه‌ی *simplicus* و *compositum* در شکل جمع، تغییرناپذیر در نظر گرفته می‌شوند.

[1] Hegel.

[2] در متن‌های انگلیسی، آن واژه‌ای که برای توصیف ساختار دیالکتیک، چه پیشاهنگی و چه پساهنگی، به کار می‌رود، "*contradiction*" است که ترجمه آن "تناقض" است، و نه چیزی دیگر. در متن‌های فلسفی واژه‌های دیگری وجود دارند که هر کدام جایگاه خود را دارند. به باور من "تضاد" = "*opposition*"، "تعارض" = "*conflict*" و "تنش" = "*tension*" هستند.

[3] Rescher (2006).

[4] Houlgate (2005).

[5] Becoming.

[6] Marx.

[7] Engels.

[8] Materialism.

[9] Ollman (1993).

[10] Quantity-to-quality transformation.

[11] Engels ([1878] 1969); Engels ([1883] 1976).

[12] Qualitative novelty.

[13] Law of nature.

[14] مفهوم "قانون طبیعت" در دوره‌های تاریخی مختلف دلالت‌های متفاوتی داشته است. در سده‌های هفدهم و هجدهم، قوانین اغلب به مثابه احکام جهان‌شمول و حتی الهی که واقعیت را تنظیم می‌کنند فهمیده می‌شدند، همان‌گونه که در گالیله و نیوتن مشاهده می‌شود. تا سده نوزدهم، این معنای متافیزیکی همچنان پایدار بود و همین امر تا حدی اعتماد انگلس به صورت‌بندی "قوانین دیالکتیک" به عنوان اصول علمی-طبیعی را توضیح می‌دهد. در سده بیستم، با این حال، این اصطلاح با نقد بیشتری روبه‌رو شد: فلسفه علم روزافزون قوانین را به مثابه منظمات

پرسش محوری این مقاله آن است که آیا چنین ادعایی از نظر علمی قابل دفاع است یا خیر. برای روشن سازی، مقصود ما از "جهش دیالکتیکی" [1] سه معیار درهم تنیده است:

- (۱) گسست هستی شناختی [2]، که به یک گرادیان پیوسته فروکاستنی نباشد؛
- (۲) نوآوری کیفی [3]، یعنی ظهور گونه ای نو، نه صرفاً دگرگونی یک نوع پیشین؛ و
- (۳) علیت درونی [4]، که از تناقضهای درون نظام برخیزد، نه از محرک های بیرونی.

این معیارها جهش های دیالکتیکی را از پدیده های آستانه ای [5]، که از پیش در علم شناخته شده اند، متمایز می سازند.

شایان توجه است که نقدی که در اینجا پرورانده می شود، متوجه دیالکتیک به عنوان روشی برای پژوهش، استدلال، یا روشن سازی مفهومی نیست؛ چه در قالب گفت و گوی سقراطی، چه در نقد کانتی [6]، و حتی نه بسیاری از جنبه های نظام فلسفی هگل، بلکه تمرکز دقیقاً بر ادعای سخت گیرانه دیالکتیک است، ادعایی که از سوی هگل بیان شد و توسط انگلس در کتاب "دیالکتیک طبیعت" [7] مدوّن گشت، مبنی بر این که دیالکتیک، از طریق "گذار از کمیت به کیفیت"، قانون عامی را تشکیل می دهد که بر روندهای طبیعی [8] حکم فرماست.

توصیفی، نه ساختارهای ضروری، در نظر گرفت) نگاه کنید به (van Fraassen, 1989; Carroll, 1994) و عمل علمی به سوی مدل ها، سازوکارها و توصیف های آماری گرایش یافت (Cartwright, 1983). این افول گسترده تر در ارجاع به "قانون" تا حدی بازتاب فاصله گرفتن از جهان بینی های جبرگرایانه است.

[1] Dialectical leap.

[2] Ontological discontinuity.

[3] Qualitative novelty.

[4] Immanence = internal causation.

[5] Threshold phenomena.

[6] Kantian critique.

[7] *Dialectics of Nature*.

[8] تفکیک بین "روند" و "فرآیند" در این نوشتار از این قرار است: یک "پروسه طبیعی"، مانند تحول یک فکر را، روند می خوانم و یک "پروسه مصنوعی"، مانند تولید یک اتومبیل را، فرآیند می خوانم.

۳ - صورت‌بندی مسئله

در نخستین مقاله از این مجموعه، بررسی کردم که چگونه اندیشمندان گوناگون سده بیستم، به‌ویژه آدورنو^[1] و ژیزک^[2]، برخی از بلوک‌های ساختاری اساسی دیالکتیک را دگرگون کردند یا کنار گذاشتند، از جمله تناقض^[3]، درون‌ماندگاری، و ضرورت هستی‌شناختی^[4]. در نتیجه، کاربرد آنان از اصطلاح "دیالکتیک" هرچه بیشتر استعاری و از نظر مفهومی بی‌لنگر می‌شود. به همین‌سان، برخی اندیشمندان (برای مثال، لوینس و لیوانتین^[5]) زبانی با طنین دیالکتیکی همچون "تقابل" یا "وابستگی درهم‌تنیده و پویاشگر" را به‌کار می‌گیرند، اما بدون حضور تناقض درونی یا علیت درون‌زاد. این کاربردها ممکن است از حیث بلاغی^[6] یا اکتشافی^[7] جاذبه داشته باشند، اما بیرون از چارچوب سخت‌گیرانه دیالکتیکی قرار می‌گیرند که در اینجا مورد بررسی است. آنچه در پی می‌آید، بنابراین، نقدی است نه بر دیالکتیک در معنای شناخت‌شناسانه آن، بلکه بر یک ادعای سخت‌گیرانه: این که تناقض درونی محرک دگرگونی کیفی در طبیعت است. این ادعا، و نه گونه‌های تضعیف‌شده آن، موضوع بررسی من بر مبنای ملاحظات علمی است.

اصلی "گذار از کمیت به کیفیت" به‌صراحت در کتاب "علم منطق"^[8] هگل صورت‌بندی می‌شود. او تصریح می‌کند که در اثر انباشت کمی تناقض درونی، "کمیت در کیفیت برکشیده می‌شود"^[9] و دگرگونی‌ای بنیادین در نوع به وجود می‌آید^[10]. سپس این ایده توسط انگلس در کتاب "دیالکتیک

[1] Adorno.

[2] Žižek.

[3] Contradiction.

[4] Ontological necessity.

[5] Levins & Lewontin (1985); See also Sheehan (2018).

[6] Rhetorical.

[7] Heuristic.

[8] Hegel ([1812-1816] 2010) *Science of Logic*.

[9] هگل دیالکتیک را همچون اصلی مولد بازتعریف می‌کند که هم در بنیاد نظام‌های فلسفی و هم در گسترش واقعیت تاریخی بالفعل عمل می‌کند. در کتاب "علم منطق"، دیالکتیک دیگر صرفاً روشی برای استدلال نیست؛ بلکه به ساختار درونی همان روندی بدل می‌شود که مفاهیم از رهگذر آن پدیدار می‌شوند. این پدیدارشدن از راه تناقض (contradiction)، نفی (negation)، و برکشیدن (sublation/Aufhebung) که شامل "نفی + حفظ + بالا/والا رفتن" باشد، رخ می‌دهد (Hegel [1812-1816] 2010). در فارسی "برکشیدن" را "رفع" یا "تعالی" هم گفته‌اند.

[10] دو قطعه‌ی کوتاه از هگل چارچوب "گذار از کمیت به کیفیت" را روشن می‌سازند، "علم منطق"، ترجمه‌ی George Di Giovanni (2010)، انتشارات دانشگاه کمبریج (با ترجمه من به فارسی):

۳۶۷-۲۱:

"وقتی دمای یک چیز تغییر می‌کند، صرفاً گرم‌تر یا سردتر نمی‌شود، بلکه از حالت جامد به مایع و سپس به بخار می‌گذرد؛ و این حالت‌های گوناگون به تدریج پدید نمی‌آیند، بلکه برعکس، حتی افزایش تدریجی دما نیز در این نقاط قطع و متوقف می‌شود: ظهور حالت دیگر، یک جهش است. هر تولد و هر مرگی، نه روندی ممتد و تدریجی، بلکه گسست آن روند و جهشی از دگرگونی کتی به دگرگونی کیفی است."

طبیعت" بازسازی شد، و به مثابه یکی از سه "قانون دیالکتیک" انگلس ظاهر گشت. انگلس این قوانین را نه صرفاً بصیرت‌های فلسفی، بلکه قوانین دگرگونی در خود طبیعت معرفی کرد که هم برای علوم طبیعی نظری و هم برای اندیشه معتبرند. برای تبیین، او از نمونه‌هایی در فیزیک و شیمی بهره برد، همچون جوشیدن و یخ‌زدن آب یا تغییر قطب‌های آهنربا، و این گذارها را نمونه‌های مثل‌زدنی از جهش‌های دیالکتیکی تلقی کرد [1].

تفاوتی قابل توجه میان هگل و سنت مارکس-انگلس در مسئله‌ی برگشت‌پذیری وجود دارد. هگل در کتاب "علم منطق" اصل "گذار از کمیت به کیفیت" را به مثابه حرکتی دیالکتیکی مطرح می‌کند که در اصل می‌تواند برگشت‌پذیر باشد: کیفیت‌ها می‌توانند دوباره در تغییرات کمی منحل شوند و روند دیالکتیکی به صورت نوسانی از طریق برکشیدن پیش می‌رود. در مقابل، مارکس و انگلس این اصل را به عنوان قانونی برگشت‌ناپذیر در سیر تحول در نظر گرفتند، به گونه‌ای که با پدید آمدن کیفیتی نو، آن کیفیت مرحله‌ای قطعی را رقم می‌زند که امکان بازگشت به وضعیت پیشین را ندارد. در این میان، اتکای انگلس بر نمونه‌هایی همچون گذارهای فازی آب و گداختگی فلزات امری شگفت‌انگیز است: هر دو پدیده در عمل برگشت‌پذیرند و با تغییر دما یا فشار قابل بازگشت هستند، با این حال انگلس بر برگشت‌ناپذیری به عنوان ویژگی عام دگرگونی‌های دیالکتیکی پافشاری می‌کند. این تنش، تلاش برای به کارگیری یکسان این اصل در حوزه‌های طبیعی و اجتماعی را با دشواری روبه‌رو می‌سازد.

اگر چه اصل "گذار از کمیت به کیفیت" ریشه در تأملات متافیزیکی داشت، انگلس این اصل را به صراحت، همچون قانونی علمی، صورت‌بندی کرد و آن را فراتر از فلسفه به فرایندهای طبیعی تعمیم داد. از آن زمان تاکنون، این اصل در نظریه‌ی مارکسیستی [2] برای تبیین گسست‌های انقلابی در تحول اجتماعی به کار گرفته شده است [3] و در دوره‌های متأخرتر به نظریه‌ی پیچیدگی [4] یا گذارهای سامانه‌ای [5] پیوند خورده است. جاه‌طلبی برای رسیدن به جهان‌شمولی، این اصل را در برابر نقد تجربی آسیب‌پذیر می‌سازد.

۳۶۸-۲۱:

"چنان‌که گفته‌اند، طبیعت جهش نمی‌کند (*natura non facit saltum*)؛ و اندیشه متعارف، هنگامی که با پدید آمدن یا از میان رفتن چیزی روبه‌رو می‌شود، گمان می‌برد که آن را از طریق بازنمایی تدریجی ظهور یا ناپیدی فهم کرده است. اما دیدیم که دگرگونی‌های هستی، نه فقط گذار از یک مقدار به مقدار دیگر، بلکه گذار از کیفیت به کمیت و برعکس‌اند—دگرشدنی که تداوم تدریج را قطع می‌کند و در برابر هستی پیشین، به مثابه چیزی کیفیتاً دیگر، قرار می‌گیرد."

[1] Engels ([1883] 1976).

[2] Marxist theory.

[3] Ollman (1993).

[4] Complexity theory.

[5] Systems transitions.

مسئله‌ی کلیدی این است: آیا گذار در رفتار یا ساختار، چه فیزیکی، چه شیمیایی، یا اجتماعی، الزاماً به معنای جهش دیالکتیکی است که از تناقضی درونی ناشی شده باشد؟ یا شاید بتوان همه‌ی چنین دگرگونی‌هایی را در قالب روندهای پیوسته و کمی توصیف کرد که از پیش در علم مدرن مدل‌سازی شده‌اند؟ برای ارزیابی اعتبار جهش‌های دیالکتیکی، باید نه فقط وقوع دگرگونی‌های کیفی، بلکه سازوکارهای علی محرک آنها را نیز بررسی کنیم.

پرسش درباره تناقض درونی ما را به دومین ویژگی محوری دگرگونی دیالکتیکی رهنمون می‌سازد: درون‌ماندگاری. در منطق دیالکتیکی، به‌ویژه آنگونه که توسط هگل بسط یافته و توسط مارکس ادامه یافته است، گذار از یک حالت به حالت دیگر باید از درون برخیزد^[1] و از تناقضی که در ساختار خود سامانه یا پدیده نهفته است. کافی نیست که صرفاً تغییری رخ دهد؛ علت باید درون‌زاد باشد، یعنی برانگیخته از تناقض‌هایی درونی در همان ابژه‌ی مورد بررسی.

این امر یک چالش روش‌شناختی پیش می‌آورد: چه چیزی می‌تواند به‌راستی به‌عنوان دگرگونی‌ای درون‌ماندگار در جهان طبیعی به حساب آید؟ بخش‌های بعدی (۵.۱-۵.۷) این ادعا را در نمونه‌های برجسته محک می‌زنند. اگر همه‌ی دگرگونی‌های شناخته‌شده بتوانند از رهگذر داده‌های بیرونی، نوسانات تصادفی، یا آستانه‌های ساختاری، بدون نیاز به استناد به تناقض، تبیین شوند، آنگاه درون‌ماندگاری به‌عنوان مقوله‌ای علمی تضعیف خواهد شد.

مسئله‌ای که در اینجا تحت بررسی است این است که آیا دگرگونی‌های طبیعی واقعاً از تناقض‌های درونی (درون‌ماندگاری) برخاسته و بنابراین شایسته‌ی تفسیر دیالکتیکی‌اند، یا آنکه می‌توان آنها را بی‌نیاز از ارجاع به جهش‌های دیالکتیکی به‌طور کامل تبیین کرد.

۴ - استانداردهای روش‌شناختی

در سنجش دعاوی دیالکتیکی^[2] در برابر پدیده‌های علمی، ما از معیارهای روش‌شناختی زیر بهره می‌بریم. این استانداردها سه معیار جهش دیالکتیکی (گسست، نوآوری، درون‌ماندگاری) را به آزمون‌های عملیاتی مناسب برای ارزیابی علمی بدل می‌سازند:

- پیوستگی در برابر گسستگی^[3]: آیا دگرگونی هموار و تدریجی است، یا ناگهانی و گسسته؟

[1] Engels ([1878] 1969); Ollman (1993); Houlgate (2005).

[2] Dialectical claims.

[3] Continuity vs. Discontinuity.

- علیّت درونی در برابر علیّت بیرونی [1]: آیا دگرگونی به دلیل تناقض درونی به وجود می‌آید، یا بر اثر تأثیرات بیرونی؟
- نوآوری [2]: آیا دگرگونی به حالت کیفی تازه‌ای می‌انجامد که به حالت‌های پیشین فروکاستنی نباشد؟
- الگوهای پیش‌بینی [3]: آیا این فرایند را می‌توان در چارچوب مدل‌های علمی تثبیت‌شده (کمی یا مکانیکی) تبیین کرد؟
- انسجام مفهومی [4]: آیا توصیف مبتنی بر مفاهیمی روشن و آزمون‌پذیر است یا بر استعاره‌ای مبهم تکیه دارد؟

این معیارها به ما امکان می‌دهند بیازماییم که آیا اصول دیالکتیکی ارزش تبیینی واقعی می‌افزایند، یا آن‌که دگرگونی‌های مشاهده‌شده را می‌توان به‌طور کامل در درون چارچوب‌های علمی موجود دریافت [5].

[1] Internal vs. External Causation.

[2] Novelty.

[3] Predictive Models.

[4] Conceptual Coherence.

[5] انتخاب استانداردهای روش‌شناسانه (methodological) بازتاب‌دهنده‌ی مباحث در فلسفه‌ی علم است. اندیشمندانی چون پوپر (Popper)، همپل (Hempel)، و کارت‌رایت (Cartwright) بر معیارهای تئوری‌های سیمپلیکوس (simplicus)، یعنی واحدهای سازنده‌ی منفرد، تمرکز کرده‌اند، مانند ابطال‌پذیری، تبیین مبتنی بر قانون، یا مدل‌ها. در مقابل، لاکاتوش (Lakatos) چارچوبی برای تئوریهای کامپوزیتوم (compositum) عرضه می‌کند. او در نظریه‌ی "برنامه‌های پژوهشی"، عناصر گوناگون (هسته‌ی سخت، کمربند حفاظتی، رهنمودها، پیشرفت تاریخی) را درهم می‌تند. از آن‌جا که شش نمونه از هفت مثال علمی بررسی‌شده در بخش ۵ شامل معیارهای منفرد و مجزا (سیمپلیکوس) هستند، ما عمدتاً همان معیارهای متناظر را در اینجا به کار می‌گیریم، در حالی که استثنای لاکاتوش را به رسمیت می‌شناسیم.

کوهن (Kuhn)، هرچند غالباً در بحث‌های دگرگونی علمی مورد استناد قرار می‌گیرد، در اینجا به دو دلیل کنار گذاشته می‌شود. نخست، صورت‌بندی او از دگرگونی پارادایم‌ها (paradigm shifts) جامعه‌شناختی و تاریخی است، نه روش‌شناختی یا هستی‌شناختی، و بنابراین بیرون از قلمرو این مقاله قرار می‌گیرد. دوم، هرچند برخی اندیشمندان به‌ویژه استیون جی. گولد (Stephen Jay Gould)، کوهن را از رهگذر دریافتی مارکسیستی یا دیالکتیکی تفسیر کرده‌اند، این خوانش‌ها بیش از آن‌که علمی باشند، خصلتی استعاری به "جهش‌های دیالکتیکی" می‌بخشند. برای نمونه، "تعادل گسسته" (punctuated equilibrium) گولد (بنگرید به بخش ۵.۷) از موتیف‌های دیالکتیکی گسست و نوآوری وام می‌گیرد، اما کاربرد تجربی آن همچنان فرضیه‌ای زیست‌شناختی باقی می‌ماند، نه معیاری روش‌شناختی. از این رو، کوهن و پیروان جامعه‌شناختی او بیشتر جذابیت بلاغی (rhetorical appeal) تصویرپردازی دیالکتیکی را برجسته می‌کنند تا این‌که معیارهایی روش‌شناختی برای ارزیابی دعاوی علمی-طبیعی عرضه کنند.

۵- ابطال نمونه‌های شاخص

در این بخش، هفت نمونه‌ی برجسته که غالباً برای پشتیبانی از گذار دیالکتیکی [1] از کمیت به کیفیت مورد استناد قرار می‌گیرند، بررسی می‌شوند. این تحلیل بر آثار هگل، انگلس، و دیرین‌زیست‌شناسان گولد و الدرچ تکیه دارد.

این موارد در سه گروه جای می‌گیرند:

- نمونه‌های هگل: گذارهای فازی [2] در آب؛ درخشش در فلزات [3]؛
- نمونه‌های انگلس: وارونگی قطبیت مغناطیسی [4]؛ آلوتروپی [5]؛ گسترش زنجیره‌های هیدروکربنی [6]؛ جدول تناوبی [7]؛
- نمونه گولد و الدرچ [8] از زیست‌شناسی فرگشتی: تعادل گسسته [9].

با نمونه‌های بالا نشان داده می‌شود که این موارد یا موهومی‌اند، یا با میانجی بیرونی روبرو هستند، یا قابل فروکاست به روندهای پیوسته و مکانیکی که مدل دیالکتیکی را تضعیف می‌کنند. نمونه‌های کلاسیکی که برای دفاع از جهش دیالکتیکی به کار رفته‌اند، در برابر سنجش علمی ناکام می‌مانند و در عوض روندهایی پیوسته و بیرونی را آشکار می‌سازند.

۵.۱ - گذار فازی آب

گذار فازی آب، جوشیدن یا یخ‌زدن، غالباً به عنوان نمونه‌ای درسی از "جهش کیفی" [10] مورد استناد قرار گرفته است. هگل به چنین دگرگونی‌های فازی به مثابه نقاط گرهی در طبیعت اشاره می‌کرد، و انگلس آنها را تأییدی بر این اصل می‌دانست که انباشت کمی، ناگزیر به دگرگونی کیفی می‌انجامد. با این حال، این نمونه با اصل مورد ادعا ناسازگار است. عامل تعیین‌کننده نه انباشت کمیت آب، بلکه کاربرد گرمایش یا سرمایش بیرونی است. اگر دیالکتیکی‌ها مدعی شوند که انباشت صرف آب می‌تواند در نهایت گرما را پدید آورد و از این رهگذر به تبخیر منجر شود، آنگاه پرسش متقابل در پی می‌آید: آیا کاستن از مقدار آب نیز می‌تواند به یخ‌بستن و تبدیل آن به یخ بینجامد؟ چنین ادعایی

[1] Dialectical transition.

[2] Phase transitions.

[3] Incandescence.

[4] Magnetic polarity reversal.

[5] Allotropy.

[6] Hydrocarbon chain extension.

[7] Periodic table.

[8] Eldredge & Gould (1972).

[9] Punctuated equilibrium.

[10] Qualitative leap.

مهمل خواهد بود. افزون بر این، حتی این فرض که آب انباشته می‌تواند خودبه‌خود گرما تولید کند، نیازمند عوامل بیرونی پنهان است (مانند تراکم یا اصطکاک)، که بار دیگر خوانش دیالکتیکی را تضعیف می‌کند.

علم مدرن این نکته را روشن‌تر می‌سازد. یک تک‌مولکول H_2O شناور در فضا، فارغ از آنکه چه مقدار گرما جذب کند [1]، هرگز گذار فازی نخواهد داشت. گذار فازی در خود آب نهفته نیست، بلکه پدیده‌ای جمعی است که تنها زمانی پدید می‌آید که مولکول‌های بسیار در شرایط بیرونی خاصی همچون چگالی، فشار، یا محصورشدگی با یکدیگر تعامل کنند. آنچه به‌صورت جهشی ناگهانی به‌نظر می‌رسد، در واقع فرایندی وابسته به آستانه [2] است، با میانجیگری بیرونی و تابع قوانین آماری.

گذار فازی آب به عوامل بیرونی و شرایط جمعی وابسته است، نه به جهشی دیالکتیکی درونی.

۵.۲ - درخشش حرارتی در فلزات

درخشش [3] فلزات اغلب به‌عنوان نمونه‌ای از "گذار از کمیت به کیفیت" عرضه شده است. هنگامی که سیمی گرم می‌شود، به‌نظر می‌رسد که از تاریکی به سرخی، نارنجی، و سرانجام به سفیدی گذر می‌کند. انگلس این پدیده را تأییدی طبیعی بر منطق دیالکتیکی تلقی کرد: انباشت انرژی گرمایی (کمیت) که به‌ظاهر ویژگی دیداری تازه‌ای (کیفیت) پدید می‌آورد.

با این حال، این نمونه برپایه توضیح خود هگل و انگلس ناکام می‌ماند. عامل تعیین‌کننده نه انباشت درونی، بلکه کاربرد بیرونی گرماست. جهش‌های ظاهری میان سرخ، نارنجی و سفید گسست‌هایی در خود فلز نیستند، بلکه آستانه‌های ادراک دیداری انسان‌اند. یک طیف‌سنج ساده نشان می‌دهد که نور ساطع شده از فلز با افزایش دما به‌طور پیوسته تغییر می‌کند. هگل و انگلس نکته‌ای آشکار را از نظر دور داشتند: جهش ادعاشده بر یک خطای ادراکی استوار است، نه بر تناقض درونی [4].

[1] راه دیگری برای دیدن این مسئله، تصور تجمع مولکولی در فضای میان کهکشانی است. چنین تجمعی نیازمند نیروهای بیرونی مانند جاذبه‌ی سیاره‌ای است که در نزدیکی باشد. در شرایط خلاء نسبتاً کامل و در حرارت نزدیک صفر مطلق، توده‌ی یخی حاصل به‌طور کامل بی‌اثر باقی می‌ماند و خودبه‌خود گرما تولید نمی‌کند. تنها اگر این توده به اندازه‌های بسیار عظیم (۱۰۰ تا ۴۰۰ کیلومتر در قطر) برسد، تراکم می‌تواند آغاز به بالا بردن دما کند. حتی در اینجا نیز، میانجی‌گری بیرونی تعیین‌کننده است، نه تناقض درونی.

[2] Threshold-dependent.

[3] Incandescence.

[4] فیزیولوژی بینایی این نکته را تقویت می‌کند. چشم انسان رنگ را به‌صورت مقوله‌ای طبقه‌بندی شده (categorical perception) درک می‌کند و "سرخ" را از "نارنجی" متمایز می‌سازد، حتی اگر طیف تابشی زیربنایی پیوسته تغییر کند (Lynch & Livingston, 2001). این ادراک مقوله‌ی توهم‌گذارهای ناگهانی را ایجاد می‌کند.

فیزیک مدرن این نکته را صریح می‌سازد. طبق قانون تابش پلانک [1] [2]، طیف ساتی جسم داغ به‌طور هموار با افزایش دما گسترده می‌شود و به‌سوی طول‌موج‌های کوتاه‌تر جابه‌جا می‌گردد. دیگر روابط ترمودینامیکی، همچون قانون استفان-بولتسمان [3] و قانون وین [4]، همان الگوی پیوسته را تأیید می‌کنند. ساختار الکترونیکی فلز ثابت می‌ماند؛ تنها توزیع فوتون‌های گسیل‌شده با ارتعاشات شبکه [5] تغییر می‌کند. آنچه برای چشم غیرمسلح ناگهانی می‌نماید، در طیف‌سنجی آشکار می‌شود که فرایندی تابشی پیوسته است.

تغییر رنگ در فلزات داغ بازتاب تابش پیوسته و آستانه‌های ادراکی است، نه جهشی دیالکتیکی.

۵.۳ - وارونگی قطبیت مغناطیسی

انگلس به پدیده‌ی وارونگی قطبیت مغناطیسی [6] به‌عنوان نمونه‌ای از "گذار از کمیت به کیفیت" اشاره کرد. هنگامی که دما یا شدت میدان مغناطیسی از حدی فراتر می‌رود، جهت‌گیری آهن‌ریا به‌ظاهر، ناگهان واژگون می‌شود. او استدلال کرد که این امر جهشی دیالکتیکی را نشان می‌دهد: انباشت تغییرات کمی که به دگرگونی کیفی منجر می‌شود.

با این حال، عامل تعیین‌کننده در اینجا نیز بیرونی است. گرما از محیط یا میدان مغناطیسی تحمیل‌شده تغییر را برمی‌انگیزد؛ در خود آهن‌ریا چیزی انباشته نمی‌شود که تناقضی درونی به‌طور خودجوش فوران کند. آنچه به‌صورت جهشی جلوه می‌کند صرفاً پاسخ سامانه به شرایط بیرونی است که به‌دقت توسط پارامترهای آزمایشگاهی تنظیم شده‌اند. انگلس در این‌جا ناسازگاری آشکار تلقی چنین رفتاری با میانجی بیرونی را به‌مثابه ضرورتی دیالکتیکی درون‌ماندگار نادیده گرفت [7].

منحنی‌های تابش جسم سیاه نشان می‌دهند که این جابه‌جایی در واقع به‌طور پیوسته در سراسر طول‌موج‌ها رخ می‌دهد.

[1] Planck's radiation law.

[2] Planck (1901).

[3] Stefan-Boltzmann law.

[4] Wien's law.

[5] lattice vibration

[6] Magnetic polarity reversal.

[7] راه دوم برای ابطال خوانش دیالکتیکی این است که به خصلت احتمالاتی (probabilistic nature) بازآرایی حوزه‌ها توجه کنیم. حوزه‌های میکروسکوپی، تنها هنگامی که در مقیاس کلان تجمیع می‌شوند، به‌طور تصادفی در برابر تأثیرات بیرونی واکنش نشان می‌دهند؛ و بدین سان توهم یک وارونگی ناگهانی پدید می‌آید. بنابراین "جهش" صرفاً ادراکی تصادفی از رفتار جمعی مولکول‌ها است، نه فوران تناقضی درونی.

فیزیک مدرن این را تأیید می‌کند. در نزدیکی دمای کوری^[1]، افزایش انرژی گرمایی به تدریج هم‌ترازی اسپین‌ها را مختل می‌کند تا جایی که فرومغناطیس^[2] از میان می‌رود^[3]. به همین‌سان، در میدان‌های اعمال‌شده، دیواره‌های حوزه‌ای^[4] به صورت تدریجی جابه‌جا می‌شوند و بازآرایی با جوانه‌زنی^[5] و انتشار ادامه می‌یابد^[6]. وارونگی به‌ظاهر ناگهانی در واقع پیامد ماکروسکوپی بسیاری از تعدیلات میکروسکوپی است که به‌طور کامل در چارچوب مدل‌هایی همچون مدل ایزینگ^[7] و معادلات لاندائو-لیفشیتس-گیلبرت^[8]، توصیف می‌شوند.

وارونگی قطبیت مغناطیسی تنها به‌صورت ناگهانی جلوه می‌کند؛ در واقع فرایندی پیوسته و با میانجیگری بیرونی است و بنابراین به‌عنوان نمونه‌ای از جهش دیالکتیکی ناکام می‌ماند.

۵.۴ - دگرشکل‌ها (آلوتروپ‌ها)

انگلس آلوتروپ‌ها^[10] را به‌عنوان نمونه‌ای از "گذار از کمیت به کیفیت" ذکر کرد. برای مثال، کربن در شکل‌های به‌غایت متفاوتی ظاهر می‌شود. گرافیت، الماس، گرافن، و انگلس این دگرگونی‌ها را شاهدهی بر این می‌دانست که صرف تغییر در ساختار، گونه‌ای کیفی تازه از ماده پدید می‌آورد.

با این حال، این نمونه از همان ناسازگاری‌های موارد پیشین رنج می‌برد. عامل تعیین‌کننده نه تناقض درونی در خود کربن، بلکه شرایط بیرونی همچون فشار، دما، و محیط شیمیایی است. الماس از گرافیت بر پایه‌ی ضرورتی درونی پدید نمی‌آید؛ بلکه نیازمند فشارها و دماهای بسیار بالا است، چه در گوشته‌ی زمین و چه در شرایط کنترل‌شده‌ی آزمایشگاهی. انگلس از این نکته غفلت ورزید که این دگرگونی‌ها به‌تمامی به میانجی‌گری بیرونی وابسته‌اند، نه به گسترش درون‌ماندگار کمیت در کیفیت.

[1] Curie temperature.

[2] Ferromagnetism.

[3] Kittel (2005); Ashcroft & Mermin (1976).

[4] Domain walls.

[5] جوانه زنی یا "nucleation" پدیده‌ی شروع یک روند در سطح میکروسکوپی است. یک مثال، حرکت دیواره‌های بلورهای آهنربایی است، که به گسترده شدن دیواره‌های دامنه مغناطیسی می‌انجامد. پدیده‌ی جوانه زنی در آغاز روند ذوب شدن یخ، و یا آغاز بخار شدن آب نیز دیده می‌شود. به عبارت دیگر تبدیل آب مایع به آب بخار به صورت تدریجی از "حباب‌های" میکروسکوپی شروع می‌شود و به تدریج گسترش می‌یابد. همین پدیده را روند افزایش زنجیرهای هیدروکربنی (بخش ۵.۵) خواهیم دید.

[6] Bertotti (1998).

[7] Ising framework.

[8] Landau-Lifshitz-Gilbert equations.

[9] Brush (1967); Landau & Lifshitz (1935); Gilbert (2004).

[10] Allotropes.

شیمی مدرن این را تأیید می‌کند. تبدیل گرافیت به الماس شامل بازآرایی در هندسه‌ی پیوندهاست: از هیبریداسیون سطح sp^2 به هیبریداسیون چهاروجهی sp^3 [1]. این جابه‌جایی مستلزم مداخله‌ی بیرونی برای غلبه بر سدهای بزرگ انرژی فعال‌سازی است و به‌طور کامل از رهگذر نظریه‌ی اوربیتال‌های مولکولی و نظریه‌ی میدان بلوری [2] تبیین می‌شود [3]. افزون بر این، بسیاری از دگرگونی‌های آلوتروپی برگشت‌پذیرند. چنان‌که در مورد اوزون و دی‌اکسیژن رخ می‌دهد. که این خود ایده‌ی جهشی دیالکتیکی یک‌سویه به‌سوی "مرحله‌ای بالاتر" را تضعیف می‌کند [4].

آلوتروپی نشانگر دگرگونی‌های ساختاری وابسته به شرایط بیرونی است، نه جهشی دیالکتیکی برخاسته از تناقض درونی.

۵.۵ - افزودن هیدروکربن

انگلس زنجیره‌ی هیدروکربنی [5] را به‌عنوان نمونه‌ای تجربی از "گذار از کمیت به کیفیت" ذکر کرد. با افزودن تدریجی گروه‌های CH_2 ، هیدروکربن‌ها از گازها (متان، اتان) به مایعات (پنتان، هگزان) و به جامدات مومی (پارافین‌ها) گذر می‌کنند. انگلس این را به‌مثابه نمونه‌ای روشن از آن می‌دانست که کمیت مولکولی، جهشی کیفی در فاز (حالت) ایجاد می‌کند.

اما این منطق پایدار نمی‌ماند. عامل تعیین‌کننده در این گذارها تناقض درونی در مولکول هیدروکربن نیست، بلکه شرایط بیرونی دما و فشار است. یک مولکول صرفاً به‌دلیل "افزوده‌شدن بیشتر همان واحد" به مایع یا جامد بدل نمی‌شود. بلکه چه متان، چه پنتان یا پارافین، فاز آنها به پارامترهای محیطی وابسته است. انگلس این نکته را نادیده گرفت که آنچه به‌صورت جهش جلوه می‌کند، در واقع تعدیل تدریجی‌ای است که به‌وسیله‌ی میانجی‌گری بیرونی سامان می‌یابد.

[1] نمادهای " sp^2 " و " sp^3 " به هیبریداسیون اوربیتال‌های s و p در اتم کربن اشاره دارند. اوربیتال‌ها نواحی ابری پیرامون اتم‌ها هستند که احتمال یافتن الکترون در آنها بیشینه است (نگاه کنید نیز به یادداشت شخصی درباره‌ی اوربیتال‌ها در بخش ۵.۶).

[2] Molecular orbital and crystal field theory.

[3] Atkins & Friedman (2010); Ballhausen (1962).

[4] در اینجا می‌توان به تفاوت میان دیالکتیک هگلی (Hegelian dialectics) و دیالکتیک انگلسی (Engelsian dialectics) اشاره کرد. هگل حتی رابطه‌ی میان "تولد و مرگ" را برگشت‌پذیر می‌دانست (نگاه کنید به بخش ۳، پاورقی مربوط به نقل‌قول هگل). این امر بازتاب آن است که دیالکتیک هگلی به‌وسیله‌ی میانجی‌گری مفهومی شکل گرفته است، در حالی که انگلس آن را به دعاوی تجربی درباره‌ی طبیعت گره می‌زند.

[5] Hydrocarbon series.

شیمی معاصر این نکته را تأیید می‌کند. گذار از گاز به مایع و به جامد در زنجیره‌های همولوگ هیدروکربنی به‌وسیله‌ی نیروهای پراکنش لندن [1] تبیین می‌شود [2] [3]. این نیروها به‌طور هموار با اندازه‌ی مولکولی و سطح مؤثر افزایش می‌یابند. با انباشت واحدهای CH_2 ، نقطه‌های جوش و ذوب به تدریج بالا می‌روند و فازهای متفاوتی در شرایط استاندارد پدیدار می‌گردند. آنچه به‌ظاهر دگرگونی‌ای ناگهانی می‌نماید، صرفاً پیامد تغییری پیوسته در اندرکنش‌های میان‌مولکولی است که به‌طور کامل در مکانیک آماری [4] و ترمودینامیک [5] تبیین می‌شود [6].

گذارهای فازی هیدروکربن‌ها ناشی از مقیاس‌گذاری پیوسته‌ی میان‌مولکولی در شرایط بیرونی‌اند، نه جهشی دیالکتیکی برخاسته از درونیت.

۵.۶ - جدول تناوبی

انگلس جدول تناوبی [7] را همچون شاهی بر "گذار از کمیت به کیفیت" در نظر گرفت. او استدلال کرد که با افزایش وزن اتمی، ویژگی‌های شیمیایی تازه‌ای پدیدار می‌شوند، و پیش‌بینی موفق مندلیف [8] درباره‌ی عناصر کشف‌نشده به‌ظاهر اصل دیالکتیکی دگرگونی گریه را تأیید می‌کرد.

اما این تفسیر نکته‌ی تعیین‌کننده را نادیده می‌گیرد: ظهور ویژگی‌های شیمیایی جهشی درون‌ماندگار در ماده نیست، بلکه پیامد قیود ساختاری بیرونی است. هر عنصر دقیقاً با یک پروتون و یک الکترون بیش‌تر از عنصر پیشین تفاوت دارد، و رفتار آنها به چگونگی اشغال اوربیتال‌های در دسترس توسط الکترون‌ها بستگی دارد. از این‌رو جدول تناوبی بازتاب نظم ریاضی است، نه فوران تناقض

[1] London dispersion forces.

[2] نیروهای پراکنش لندی جاذبه‌های میان‌مولکولی ضعیفی هستند که از نوسانات هم‌بسته (خوشه‌ای) در توزیع الکترون‌ها ناشی می‌شوند. این نیروها با سطح مولکولی و قطب‌پذیری افزایش می‌یابند و توضیح می‌دهند که چرا هیدروکربن‌های بزرگ‌تر آسان‌تر از کوچک‌ترها متراکم می‌شوند. چشم‌اندازی تکمیلی در این باره از نظریه‌ی جوانه‌زنی به‌دست می‌آید: در تراکم هیدروکربنی (برای مثال در ابرهای هیدروکربنی)، گذار فاز در ریزناحیه‌های محلی آغاز می‌شود، نه در یک تغییر ناگهانی منفرد. خوشه‌های کوچک مولکولی به تدریج شکل می‌گیرند، به‌وسیله‌ی فشار محیط یا سرمایش پایدار می‌شوند، و تنها هنگامی که هم‌بسته (خوشه‌ای) می‌گردند به‌صورت ماکروسکوپی قابل مشاهده می‌شوند. این نکته نشان می‌دهد که "جهش" ادعا شده در واقع اثری آستانه‌ای (threshold effect) از تجمع است.

[3] Israelachvili (2011).

[4] Statistical mechanics.

[5] Thermodynamics.

[6] McQuarrie & Simon (1997).

[7] Periodic table.

[8] Mendeleev.

درونی. انگلس آنچه را در واقع الگویی نظام‌مند کوانتومی بود به اشتباه همچون گسستی دیالکتیکی خواند.

علم مدرن این را آشکار می‌سازد. ویژگی‌های عناصر از پیکربندی الکترونی ناشی می‌شوند که بر پایه‌ی اصل طرد پاولی [۱] [۲] [۳]، قاعده‌ی هوند [۴] [۵]، و معادله‌ی شرودینگر [۶] [۷] تعیین می‌شود. تناوب در واکنش‌پذیری، انرژی یونیزاسیون، و پیوند نتیجه‌ی پرشدن اوربیتال‌هاست. فرایندی که به‌طور پیوسته مقیاس‌گذاری می‌شود و هیچ گسست ناگهانی ندارد. در مقیاس کیهانی نیز منشأ عناصر همین نکته را تأیید می‌کند: پس از آنکه مه‌بانگ [۸] هیدروژن و هلیوم را پدید آورد، هسته‌های سنگین‌تر به تدریج در ستارگان از راه گداخت هسته‌ای ساخته شدند، تا آهن [۹]، و فراتر از آهن از رهگذر ابرنواخترها و برخورد ستارگان نوترونی، جایی که شرایط به‌غایت شدید امکان ربایش سریع نوترون را فراهم کرد [۱۰]. این فرایندها به‌تمامی به محیط‌های اخترفیزیکی شامل گرانش، فشار، دما وابسته‌اند، نه به هیچ نیروی درونی متناقض در درون اتم‌های هیدروژن یا هلیوم.

"قانون" تناوبی و منشأ کیهانی عناصر به‌طور کامل از رهگذر مکانیک کوانتومی [۱۱] و اخترفیزیک [۱۲] تبیین می‌شوند؛ آنها پیوستگی الگومند شکل‌گرفته توسط شرایط بیرونی را آشکار می‌سازند، نه جهش‌های دیالکتیکی از کمیت به کیفیت.

[1] Pauli exclusion principle.

[2] Pauli (1925).

[۳] برخی چیزها هستند که هنگامی در ذهن جای گیرند، هرگز از ذهن بیرون نمی‌روند. در دبیرستان، معلم شیمی ما اصل طرد پاولی را توضیح می‌داد. آنچه گفت (می‌بایست حوالی ۱۹۶۹ یا ۱۹۷۰ بوده باشد) این بود: اگر یک تراز انرژی اتمی (مدار) بیش از یک اوربیتال داشته باشد، آنگاه هیچ اوربیتالی نمی‌تواند دو الکترون داشته باشد مگر آنکه همه‌ی اوربیتال‌های دیگر دست‌کم یک الکترون داشته باشند. در همان لحظه دریافتم که من سوسیالیست هستم. صورت‌بندی مدرن این است: "هیچ دو الکترونی نمی‌توانند در یک حالت کوانتومی واحد قرار گیرند." از این تعریف حتی می‌توان استعاره‌ای از تنوع در مسیر دموکراسی ترسیم کرد. بار دوم که دریافتم سوسیالیست هستم، هنگامی بود که معلم زمین‌شناسی ما گفت: "هدف نهایی همه‌ی آب‌های روان، هموار کردن کامل سطح زمین است." درود بر همه‌ی آموزگاران! بی‌گمان قوانین علمی آموزه‌های سیاسی نیستند، اما می‌توانند به‌مثابه استعاره‌هایی عمل کنند که شهودهای اخلاقی را روشن می‌سازند.

[4] Hund's rule.

[5] Hund (1927).

[6] Schrödinger equation.

[7] Schrödinger (1926).

[8] Big Bang.

[9] Burbidge et al. (1957).

[10] Kratz et al. (2007).

[11] Quantum mechanics.

[12] Astrophysics.

پل: از نمونه‌های کلاسیک تا نمونه‌ای تازه

با توجه به ناکامی آشکار نمونه‌های کلاسیک (بخش‌های ۵.۱ تا ۵.۶)، شاید انتظار برود که ایده‌ی جهش یا گسست دیالکتیکی^[1] مدت‌ها پیش به‌عنوان ادعایی بی‌پایه کنار گذاشته شده باشد و تنها در سنتی‌ترین محافل مارکسیستی^[2] باقی مانده باشد. با این همه، این انگاشت^[3] همچنان جذابیتی شگفت‌انگیز حفظ کرده است. در واقع، برخی از اندیشمندان معاصر همچنان کوشیده‌اند نظریه‌های تازه‌ای، مانند "تعادل گسسته"^[4] را بر الگوی جهش دیالکتیکی بسازند.

شگفت‌آورتر این که تصویرپردازی گسست ناگهانی، به فراتر از فلسفه و علوم طبیعی نیز راه یافته است. گونه‌های از الگوی "تعادل گسسته" در نظریه‌ی اجتماعی^[5] و سیاست‌گذاری عمومی^[6] ظاهر می‌شوند (برای مثال، روایت‌هایی از رکود طولانی که ناگهان با اصلاحات قطع می‌شوند)؛ در اقتصاد فرگشتی^[7] دیده می‌شوند (برای مثال تعادل‌ها و گسستگی‌ها برای صورت‌بندی پویایی‌های بازار به کار می‌روند)؛ و در مدل‌سازی نظری به‌طور کلی (برای مثال سامانه‌های پیچیده گاه در قالب اصطلاحات وام‌گرفته از تصویرپردازی دیالکتیکی یا شبه‌دیالکتیکی توصیف می‌شوند)^[8].

با توجه به فقدان دقت و ابطال‌های مکرر، آن چیزی که هرگز نباید الهام‌بخش ساختارهای نظری تازه می‌شد، کوششی تازه برای بازریزی جهش دیالکتیکی پدید آورده است. شاخص‌ترین این کوشش‌ها نظریه‌ی سده بیستمی تعادل گسسته است که اکنون بدان می‌پردازیم.

[1] Dialectical leap/rupture.

[2] Marxist circles.

[3] Notion.

[4] Punctuated equilibrium.

[5] Social theory.

[6] Public policy.

[7] Evolutionary economics

[8] برای مثال، در علوم سیاسی، بامگارتنر و جونز (Baumgartner & Jones, 1993) مدلی از "تعادل گسسته" در سیاست عمومی عرضه کردند که بر دوره‌های طولانی ثبات تأکید داشت که با جهش‌های ناگهانی تغییر قطع می‌شوند. صورت‌بندی‌های مشابهی در اقتصاد فرگشتی دیده می‌شود، جایی که مفاهیمی همچون تعادل‌های چندگانه (multiple equilibria) و جابه‌جایی‌های گسسته (discontinuous shifts) برای توصیف پویایی‌های بازار فراخوانده می‌شوند.

۵.۷ - تعادل گسسته (Punctuated Equilibrium)

نظریه‌ی تعادل گسسته که در دهه‌ی ۱۹۷۰ توسط استیون جی. گولد [1] و نایلز الدرِج [2] مطرح شد، تصویر داروینی [3] از تغییر کند و تدریجی را به چالش کشید. بر اساس مدل آنان، گونه‌ها در دوره‌های طولانی سکون نسبی، پایدار می‌مانند و سپس با دوره‌های نسبتاً کوتاهی از تغییر سریع قطع می‌شوند که در آنها گونه‌های تازه پدیدار می‌شوند [4]. شواهد فسیلی، با گسست‌ها و گذارهای ناگهانی مکرر، به‌عنوان تأییدی بر این دیدگاه تلقی شد. گولد بعدها این موضوع را به صراحت با اصطلاحات دیالکتیکی [5] صورت‌بندی کرد و "گسست‌ها" را همچون جهش‌های فرگشتی [6] تفسیر نمود [7].

با این حال، این تفسیر فرایندهای واقعی را به خطا بازنمایی می‌کند. از منظر فلسفی، تعادل گسسته شامل تناقض درونی درون گونه‌ها که ناگهان به نوپدیداری بینجامد نیست. بلکه به شرایط بیرونی و تصادفی بستگی دارد: جمعیت‌های کوچک و منزوی، فشارهای بوم‌شناختی خاص، و انباشت احتمالاتی تغییرات ژنتیکی. آنچه در رکورد فسیلی به‌صورت گسست جلوه می‌کند، محصولی مصنوعی از مقیاس و دقت است، نه جهشی دیالکتیکی.

ژنتیک مدرن و زیست‌شناسی سامانه‌ای [8] این را تأیید می‌کنند. جهش‌ها به تدریج در جایگاه‌های ژنی متعدد انباشته می‌شوند و اغلب به‌تنهایی اثر اندکی دارند. تنها در موارد نادر است که جهش دیگری توازن را برهم می‌زند و ویژگی آشکاری پدید می‌آورد که اگر شرایط محیطی اجازه دهد می‌تواند گسترش یابد. در جمعیت‌های کوچک، چنین تغییراتی می‌توانند از رهگذر رانش و گزینش برجسته شوند، اما این همچنان فرایندی انباشتی است که در طول زمان رخ می‌دهد. رکورد فسیلی، با گسست‌هایش، این منشأهای تدریجی را نامرئی می‌سازد و توهم ناگهانی بودن را پدید می‌آورد. گزارش‌های دقیق از تحلیل کنترل سوخت‌وساز [9] [10] این خصلت احتمالاتی و توزیع‌شده‌ی تغییر زیستی را تقویت می‌کنند [11].

[1] Stephen Jay Gould.

[2] Niles Eldredge.

[3] Darwinian picture.

[4] Eldredge & Gould (1972).

[5] Dialectical terms.

[6] Evolutionary leaps.

[7] Gould (2002).

[8] Systems biology.

[9] Metabolic Control Analysis, MCA.

[10] Kacser & Burns (1973); Heinrich & Rapoport (1974).

[11] برای بحثی گسترده درباره‌ی اینکه چگونه "تحلیل کنترل سوخت‌وساز" (MCA) خصلت تدریجی و توزیع‌شده‌ی تغییر زیستی را نشان می‌دهد. همراه با قیاس‌ها و شواهد تجربی. به پیوست ۲ مراجعه کنید.

از این رو، تعادل گسسته، اصل هگلی یا انگلسی [1] درباره‌ی "گذار از کمیت به کیفیت" را تأیید نمی‌کند. این نظریه نشان می‌دهد که چگونه فرایندهای پیچیده و تدریجی می‌توانند در مقیاس‌های کلان مشاهده، گسسته به نظر آیند. "گسست‌ها" محصول پویایی‌های جمعیتی و ناتمامی رکوردها هستند، نه گسست‌های دیالکتیکی.

۵.۸ - نمونه‌های شبه‌دیالکتیکی

دسته‌ی نهایی به اندیشمندانی مربوط می‌شود که زبان دیالکتیک را به کار می‌گیرند، اما به شیوه‌هایی که دیگر با معیارهای مفهومی مورد بحث در اینجا سازگار نیست. از جمله ریچارد لوینس [2] و ریچارد لیوانتین [3] هستند که کتاب "زیست‌شناس دیالکتیکی" [4] آنان به سنگ بنای "زیست‌شناسی دیالکتیکی" بدل شد، و نیز نویسندگان متأخری همچون شیهان [5] که موتیف‌های دیالکتیکی را با علم پیچیدگی [6] پیوند می‌زنند. هرچند این دستاوردها در حوزه‌های خود تأثیرگذار بوده‌اند، بر معنایی بسط‌یافته و استعاری از دیالکتیک متکی‌اند که از معیارهای تناقض [7]، درون‌ماندگاری [8]، و جهش کیفی [9]، که راهنمای نقد حاضرند، فاصله دارد.

تعریف لوینس و لیوانتین از "سامانه" [10] چنان گسترده است که عملاً هر روند و فرایندی می‌تواند "درونی" به‌شمار رود. این حرکت بلاغی [11] مفهوم تناقض درونی را از نظر تحلیلی تهی می‌سازد: اگر همه‌ی عوامل بیرونی بتوانند به‌عنوان روابط درونی بازتوصیف شوند، تمایز میان پویایی درونی و میانجی‌گری بیرونی فرو می‌ریزد. به همین‌سان، با همسان‌سازی هر روند دینامیک یا با اثر متقابل

[1] Hegelian/Engelsian principle.

[2] Richard Levins.

[3] Richard Lewontin.

[4] The Dialectical Biologist (1985).

[5] Sheehan (2018).

[6] Complexity science.

[7] Contradiction.

[8] Immanence.

[9] Qualitative leap.

[10] System.

[11] Rhetorical move.

با دیالکتیک، آنان در عمل دیالکتیک را با نظریه‌ی سامانه‌ها^[1] یا بازخورد سایبرنتیکی^[2] یکی می‌گیرند. هرچند چنین مدل‌هایی سودمندند، اما دیالکتیکی به معنای هگلی یا انگلسی نیستند^[3].

علاوه بر این، چارچوب آنان گزارشی از جهش‌های کیفی در معنای سخت‌گیرانه‌ی آن فراهم نمی‌کند. صورت‌بندی آنان از دگرگونی زیستی بر هم‌تعیین‌کنندگی، تعامل متقابل، و تصادف تاریخی تأکید دارد. همه مفاهیمی علمی و معتبر. اما هیچ‌یک به اصل دیالکتیکی "گذار از کمیت به کیفیت" از رهگذر تناقض نمی‌انجامند. آنچه می‌یابیم روندهای انطباقی پیوسته است که بی‌نیاز از توسل به مقولات دیالکتیکی تبیین‌پذیرند.

شیهان (۲۰۱۸)^[4] این گرایش را گامی فراتر می‌برد و دیالکتیک را با علم پیچیدگی هم‌ساز می‌سازد. در اینجا "دیالکتیک" مترادف با نوپدیداری^[5]، غیرخطی بودن^[6]، یا علیت چندسطحی^[7] می‌شود. این انگاشت‌ها، هرچند در جای خود ارزشمند هستند، در درون چارچوب‌های روش‌شناختی زیست‌شناسی سامانه‌ای^[8]، نظریه‌ی شبکه‌ها^[9]، و دینامیک‌های غیرخطی^[10] به‌طور کامل قابل‌تبیین‌اند. آنها نه به منطق دیالکتیکی تناقض و جهش نیاز دارند و نه آن را مجسم می‌کنند.

مقصود این نیست که دستاوردهای فکری این اندیشمندان کوچک شمرده شود. لوینس و لیوانتین، برای مثال، بصیرت‌هایی پایدار درباره‌ی مدل‌سازی بوم‌شناختی، نقد تقلیل‌گرایی، و نقش علیت متقابل در فرگشت عرضه کردند. اما این بصیرت‌ها بهتر است به‌مثابه پیشرفت‌هایی در

[1] Systems theory.

[2] Cybernetic feedback..

[3] برخی مفسران مارکسیست از این کاربرد بسط‌یافته دفاع می‌کنند و استدلال می‌آورند که "دیالکتیک" باید به‌مثابه هستی‌شناسی عام رابطه‌ها یا روندها فهمیده شود. از این دیدگاه، همسان‌سازی عوامل بیرونی با "روابط درونی" از سوی لوینس و لیوانتین تحریف نیست، بلکه گسترش است. اما دشواری این دفاع در این است که ویژگی خاص تناقض دیالکتیکی را محو می‌کند. اگر هر چیز دینامیکی دیالکتیکی باشد، آنگاه اصطلاح از "سامانه‌ای" یا "برهم‌کنشی" غیرقابل‌تشخیص می‌شود و لبه‌ی فلسفی خود را از دست می‌دهد.

[4] بحث شیهان درباره‌ی نظریه‌ی پیچیدگی غالباً بر ویژگی‌هایی چون برآمدگی، علیت چندسطحی، و حساسیت به شرایط آغازین تأکید دارد. هرچند اینها ویژگی‌های واقعی سامانه‌های ناخطی‌اند، اما می‌توانند به‌طور کامل با ابزارهای ریاضی و محاسباتی موجود مدل‌سازی شوند بی‌آنکه نیازی به فراخوانی دیالکتیک باشد. از این حیث، "دیالکتیک" بیش‌تر به‌مثابه آرایه‌ای استعاری عمل می‌کند تا اصلی تبیینی ضروری.

[5] Emergence.

[6] Nonlinearity.

[7] Multi-level causation.

[8] Systems biology.

[9] Network theory.

[10] Nonlinear dynamics.

نظریه‌ی سامانه‌ها و زیست‌شناسی فرگشتی فهمیده شوند تا نمونه‌هایی از منطق دیالکتیکی. خلط این دو، تمایزهای مقوله‌ای را محو کرده و هر دو سنت را به خطا می‌کشاند.

به‌اختصار، این رویکردهای "شبه‌دیالکتیکی" بیرون از حوزه‌ی نقد حاضر قرار می‌گیرند، نه بدان سبب که دیالکتیکی‌اند، بلکه درست به این علت که چنین نیستند. آنها نمونه‌گرایشی هستند که به گسترش "دیالکتیک" به مثابه استعاره‌ای برای پویایی یا پیچیدگی انجامیده، و بدین‌سان دقت مفهومی‌ای را که منطق دیالکتیکی را به موضعی فلسفی متمایز بدل می‌سازد از دست می‌دهند.

رویکردهایی همچون زیست‌شناسی دیالکتیکی [1] و "دیالکتیک" مبتنی بر پیچیدگی از حیث علمی ارزشمند اما از حیث فلسفی گمراه‌کننده‌اند؛ آنها پویایی‌های سامانه‌ای را با تناقض دیالکتیکی اشتباه می‌گیرند و بنابراین واجد صلاحیت مدلهای دیالکتیکی اصیل نیستند.

۵.۹ - تحلیل تطبیقی: الگوها و واگرایی‌ها

پس از بررسی هفت نمونه‌ی برجسته که به‌طور سنتی در پشتیبانی از گذار دیالکتیکی [2] از کمیت به کیفیت ذکر شده‌اند، اکنون می‌توانیم الگوهای کلی‌تری را شناسایی کنیم که نشان می‌دهند هر یک چگونه از برآوردن معیارهای دیالکتیکی بازمی‌مانند.

در سامانه‌های فیزیکی (برای مثال، گذارهای فازي آب، درخشش فلزات، تغییر قطب‌های مغناطیس)، دگرگونی‌ها به‌طور کامل توسط پارامترهای بیرونی همچون فشار، دما، یا شدت میدان تعیین می‌شوند. رفتار، آستانه‌ای واقعی است، اما بازتابی از تجمیع آماری یا حدود ادراک است، نه تناقض یا گسست درون‌ماندگار.

در سامانه‌های شیمیایی (برای مثال، آلوتروپی، زنجیره‌های هیدروکربن)، دگرگونی در ساختار و ویژگی‌ها حاصل از بازآرایی‌های هندسه‌ی پیوند و نیروهای میان‌مولکولی است که خود به شرایط محیطی وابسته‌اند. این فرایندها از اصول انرژی‌مند روشن پیروی می‌کنند و نیازمند مداخله‌ی بیرونی‌اند. آنها برگشت‌پذیری و پیوستگی نشان می‌دهند، نه جهش‌های دیالکتیکی یک‌سویه.

در سامانه‌های زیستی، به‌ویژه در مورد تعادل گسسته [3]، گسست‌های ظاهری در رکورد فسیلی از نمونه‌برداری ناقص و محدودیت‌های دقت ناشی می‌شوند. سازوکارهای زیربنایی شامل جهش،

[1] Dialectical biology.

[2] Dialectical transition.

[3] Punctuated equilibrium.

رانش ژنتیکی [1]، و گزینش، به‌طور تدریجی و احتمالاتی در بافت‌های بوم‌شناختی عمل می‌کنند. آنچه همچون دگرگونی ناگهانی می‌نماید، تجلی به تأخیر افتاده‌ی روندهای انباشتی در جمعیت‌های کوچک است، نه تناقض درونی.

با هم‌نهادن این موارد، آشکار می‌شود که آنچه یافت می‌شود نه اصلی دیالکتیکی مشترک، بلکه تنوعی چشمگیر از سازوکارهاست. هیچ "قانون" واحدی گذارهای فازی، انتشار دیواره‌های حوزه‌ای [2]، بازآرایی‌های اتمی، یا ژنتیک جمعیت را متحد نمی‌سازد. اشتراک ادعا شده صرفاً نگاهی گذشته‌گرایانه و به‌مثابه استعاره‌ای تحمیل شده است [3]. اگر "گذار از کمیت به کیفیت" بتواند آن‌قدر کش بیاید که پدیده‌هایی به این اندازه ناهمگون را دربرگیرد، قدرت تبیینی خود را از دست می‌دهد و به تکرار (حشو قبیح) [4] فرو می‌غلطد.

تنوع دگرگونی‌های فیزیکی، شیمیایی، و زیستی نشان می‌دهد که جهش‌های ظاهری پیامد میانجی‌گری بیرونی، انباشت تدریجی، و آستانه‌های احتمالاتی‌اند، و نه تناقض‌های دیالکتیکی. بنابراین اصل "گذار از کمیت به کیفیت" همچون قانونی عام برای طبیعت ناکام می‌ماند.

۶ - پیامدهای فلسفی

در سراسر حوزه‌های بررسی‌شده، "جهش‌های دیالکتیکی" [5] ادعا شده، در تحلیل دقیق‌تر، به فرایندهایی پیوسته و چندمتغیره فروکاسته می‌شوند. چه در گذارهای فازی، چه در درخشش، وارونگی‌های مغناطیسی، آلوتروپی، زنجیره‌های هیدروکربنی، جدول تناوبی، یا گونه‌زایی [6]، دگرگونی‌ها از میانجی‌گری بیرونی، تجمیع احتمالاتی، یا آستانه‌های قابلیت تشخیص برمی‌خیزند. نه از تناقض درونی یا ضرورت منطقی. روایت دیالکتیکی بدین‌سان تفسیر متافیزیکی‌ای را بر روندهایی تحمیل می‌کند که علم از پیش می‌تواند آنها را در قالب‌های مکانیکی و ناهمگون تبیین کند.

[1] Genetic drift.

[2] Domain wall propagation.

[3] بسط بیش‌ازحد مقولات دیالکتیکی خطر آن را دارد که آنها را به زبانی استعاری فروبکاهد. هنگامی که هر تغییری به‌مثابه "جهش" تلقی شود، دیالکتیک کارکرد خود را به‌عنوان چارچوبی تبیینی از دست می‌دهد و به پوششی تفسیری بدل می‌گردد که همه‌جا قابل اعمال است اما چیز اندکی را روشن می‌سازد.

[4] Tautology.

[5] Dialectical leaps.

[6] Speciation.

این ناکامی انباشتی پیامدهایی فراتر از نمونه‌های منفرد دارد. اگر پرتکرارترین مثال‌ها در برابر سنجش معاصر فروبریزند، اعتبار اصل "گذار از کمیت به کیفیت" به خودی خود تضعیف می‌شود. مسئله این نیست که انگلس یا هگل نمونه‌های نادرست برگزیدند؛ بلکه این است که اصل مذکور فاقد دقت تبیینی است. سامانه‌های طبیعی علّیت توزیع‌شده، گذارهای تدریجی، و قیود بیرونی نشان می‌دهند، نه گسست‌های ناگهانی ناشی از تناقض درون‌ماندگار.

در همان حال، ممکن است استدلال شود که مقولات دیالکتیکی قرار نیست با سازوکارهای علمی رقابت کنند، بلکه باید همچون استعاره‌های اکتشافی [1] برای پیچیدگی و دگرگونی خدمت کنند. این خوانش نرم‌تر دیالکتیک را به مثابه ابزاری بلاغی [2] یا آموزشی حفظ می‌کند، اما به بهای چشم‌پوشی از دعوی آن در شناسایی "قوانین عام حرکت." اگر دیالکتیک بخواهد ارزش فلسفی خود را حفظ کند، باید به مثابه سبکی از اندیشه به رسمیت شناخته شود، نه همچون هستی‌شناسی الزام‌آور.

از منظر فلسفه‌ی علم [3] [4]، این موضع بیش‌تر با عقلانیت انتقادی [5] [6] و روش‌شناسی‌های برنامه‌های پژوهشی [7] [8] هم‌خوان است: چارچوب‌های تبیینی به استقامت و انسجام تجربی بسته‌اند و نه به طنین مابعدالطبیعی. از این دیدگاه، جهش دیالکتیکی چیز اندکی به تبیین علمی می‌افزاید: نقش تناقض را بزرگ‌نمایی می‌کند و نقش تصادف، محیط، و احتمال را دست‌کم می‌گیرد. بار اثبات نه بر دوش کسانی است که جهش را انکار می‌کنند، بلکه بر دوش کسانی است که همچنان بر آن اصرار می‌ورزند.

[1] Heuristic metaphors.

[2] Rhetorical device.

[3] Philosophy of science.

[4] موضع گسترده‌تر من درباره‌ی فلسفه‌ی علم در جای دیگری شرح داده شده است (بنگرید: به پیوستی که در پایان این پانویس می‌آید). به اختصار: من نظریه‌های علمی را یا سیمپلیکوس (simplicus) یا کامپوزیتوم (compositum) می‌دانم (همان‌گونه که پیش‌تر تعریف شد: سیمپلیکوس ساختاری نظری نامرکب را نشان می‌دهد؛ کامپوزیتوم ساختاری مرکب را؛ هر دو در جمع بی‌تغییر به کار می‌روند). درباره‌ی نظریه‌های سیمپلیکوس، موضع من عموماً هم‌سو با سنت‌های عقلانیت انتقادی است، که در آن کارل پوپر (Karl Popper) چهره‌ای برجسته است (با تأکید بر آزمون‌پذیری و ابطال‌پذیری). درباره‌ی نظریه‌های کامپوزیتوم، من خویشاوندی بیشتری با چارچوب‌های متأثر از توماس کوهن (Thomas Kuhn) می‌یابم، که بر وابستگی به پارادایم و تصادف تاریخی تأکید دارند. نخ مشترک این است که ارزش تبیینی از ضرورت متافیزیکی ناشی نمی‌شود، بلکه از استقامت تجربی، انسجام، و گشودگی به بازنگری برمی‌خیزد.

<https://hosseinjorjani.com/philosophy-history-and-methods-of-sciences-1/>

[5] Critical rationalism.

[6] Popper (1959; 1963).

[7] Research-program methodologies.

[8] Lakatos (1978).

۷ - نتیجه گیری

ناکامی انباشتی موارد بررسی شده کاستی عمیق تری را در خود چارچوب دیالکتیکی [1] آشکار می سازد. دعوی محوری آن، اینکه انباشت کمی از رهگذر تناقض درونی به دگرگونی کیفی می انجامد، در سنجش فرو می ریزد، نه صرفاً از آن رو که انگلس یا هگل نمونه های ضعیفی برگزیدند، بلکه بدان علت که هیچ سازوکار سازگار و یگانه ای آنها را متحد نمی سازد. آنچه روایت دیالکتیکی به مثابه ضرورتی منطقی عرضه می کند، در اصطلاح علمی چیزی بیش از اثرهای آستانه ای [2]، جابه جایی های زمینه ای، یا حدود ادراکی نیست.

"جهش" ادعا شده بیش تر می پوشاند تا آنکه روشن سازد. سامانه های فیزیکی، شیمیایی و زیستی بازسازمان دهی، آستانه ها و گسست ها را نشان می دهند، اما اینها از میانجی گری بیرونی، علیت احتمالاتی و تعاملات توزیع شده پدید می آیند. تفسیر دیالکتیکی این پیچیدگی را به خطا بازنمایی می کند، زیرا تنوع علی را در قالبی متافیزیکی و یکدست فرو می کاهد. جایی که علم به دقت تبیینی نیاز دارد، دیالکتیک وحدت روایی عرضه می کند.

این ناکامی پیامدهای گسترده تری دارد. دفاع از دیالکتیک در فلسفه، سیاست یا نظریه ای اجتماعی اغلب بر قیاس با طبیعت استوار است: گفته می شود دیالکتیک بازتاب واقعیت است زیرا خود واقعیت دیالکتیکی است. اما اگر جهان طبیعی نمونه های واقعی از جهش های دیالکتیکی فراهم نیاورد، این قیاس بنیادی فرو می ریزد. بدتر آنکه استدلال اغلب دایره ای می شود: طبیعت دیالکتیکی خوانده می شود تا دیالکتیک اعتبار یابد، و سپس دیالکتیک برای تفسیر طبیعت و جامعه به کار می رود، که به نوبه ی خود ظاهراً روش را تأیید می کند. هنگامی که این چرخه شکسته شود، دیالکتیک پایگاه مبنی بر مدرک و دلیل خود را از دست می دهد.

رد جهش به معنای ردّ دگرگونی، تناقض، یا تحلیل سامانه ای نیست. معنایش ردّ این ادعاست که تغییر از نفی درون ماندگار [3] برانگیخته می شود، نه از سازوکارها، شرایط و تصادف ها. تبیین علمی امروز نیازمند مدل هایی دقیق و مبتنی بر شواهد است، نه الزامات متافیزیکی ای که پیشاپیش تحمیل شوند.

[1] Dialectical framework.

[2] Threshold effects.

[3] Immanent negation.

اگر دیالکتیک بخواهد همچنان مرتبط بماند، باید جاه‌طلبی خود را برای قانون‌گذاری بر طبیعت از درون کنار گذارد و نقشی فروتن‌تر بپذیرد: نه به‌مثابه قانونی برای دگرگونی، بلکه همچون استعاره‌ای در میان دیگر استعاره‌ها، چشم‌اندازی گشوده به بازنگری همچون هر چیز دیگر، طبیعت از تناقض پیروی نمی‌کند؛ از سازوکارها پیروی می‌کند.

۸ - خلاصه بخش بعدی

بخش سوم این سلسله‌مقالات بر آن است که همه‌ی دگرگونی‌های سامانه‌ای دیالکتیکی نیستند، و بسیاری از آنهایی که چنین به‌نظر می‌رسند در واقع دگرگونی‌های شبه‌دیالکتیکی^[1] هستند که با مفاهیم دیگری بهتر توضیح داده می‌شوند؛ یکی از آنها آستانه‌های وابسته به مقیاس^[2] است. برای چشم‌های آموزش‌نندیده، دگرگونی‌های شبه‌دیالکتیکی شباهتی ابتدایی با دیالکتیک هگل-انگلس دارند، در حالی که الزامات آن را برآورده نمی‌کنند.

با بهره‌گیری از حوزه‌هایی متنوع همچون طراحی شهری^[3]، پایداری زیستی^[4]، هوش مصنوعی، و سامانه‌های آنزیمی^[5]، مقاله سوم شش نمونه از دگرگونی شبه‌دیالکتیکی را معرفی می‌کند. این گذارها، گسست‌های تیز و بازسازمان‌دهی سامانه‌ای را نشان می‌دهند، اما همچنان بدون توسل به متافیزیکی دیالکتیکی قابل فهم باقی می‌مانند.

مقاله در پایان با بررسی نقش "استنتاج به بهترین تبیین"^[6] به‌عنوان مدلی برای ارزیابی چارچوب‌های رقیب استدلال می‌آورد و نتیجه می‌گیرد که دیالکتیک باید نه به‌مثابه روشی عام، بلکه همچون یکی از راهبردهای تبیینی در میان دیگر راهبردها بازاندیشی شود.

۹ - منابع

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). *Molecular biology of the cell* (5th ed.). Garland Science.

[1] Quasi-dialectical transformations.

[2] Scale-dependent thresholds.

[3] Urban design.

[4] Biological stability.

[5] Enzymatic systems.

[6] Inference to the Best Explanation, IBE.

- Allison, H. E. (2004). *Kant's Transcendental Idealism* (Rev. ed.). Yale University Press.
- Armstrong, A. H. (Trans.). (1966–1988). *Plotinus* (7 vols.). Loeb Classical Library.
- Atkins, P., & de Paula, J. (2014). *Physical Chemistry* (10th ed.). Oxford University Press.
- Atkins, P. W., & Friedman, R. S. (2010). *Molecular quantum mechanics* (5th ed.). Oxford University Press.
- Ashcroft, N. W., & Mermin, N. D. (1976). *Solid state physics*. Holt, Rinehart and Winston.
- Ballhausen, C. J. (1962). *Introduction to ligand field theory*. McGraw-Hill.
- Bertotti, G. (1998). *Hysteresis in magnetism: For physicists, materials scientists, and engineers*. Academic Press.
- Bohren, C. F., & Huffman, D. R. (2008). *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*. Wiley.
- Brush, S. G. (1967). History of the Lenz-Ising model. *Reviews of Modern Physics*, 39(4), 883-893.
- Bundy, F. P., Bassett, W. A., Weathers, M. S., Hemley, R. J., Mao, H. K., & Goncharov, A. F. (1996). The pressure-temperature phase and transformation diagram for carbon; updated through 1994. *Carbon*, 34(2), 141-153.
- Burbidge, E. M., Burbidge, G. R., Fowler, W. A., & Hoyle, F. (1957). Synthesis of the elements in stars. *Reviews of Modern Physics*, 29(4), 547-650.
- Buseck, P. R., & Huang, B. J. (1985). "Conversion of carbonaceous material to graphite during metamorphism." *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49(10), 2003–2016.
- Butterworth, C. E. (2007). *Averroes' Middle Commentary on Aristotle's Topics*. SUNY Press.
- Carroll, B. W., & Ostlie, D. A. (2017). *An Introduction to Modern Astrophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Chandler, D. (1987). *Introduction to Modern Statistical Mechanics*. Oxford University Press.
- Chikazumi, S. (2009). *Physics of Ferromagnetism* (2nd ed.). Oxford University Press.

- Cowan, J. J., Sneden, C., Lawler, J. E., et al. (2021). Origin of the heaviest elements: The rapid neutron-capture process. *Reviews of Modern Physics*, 93(1), 015002.
- Cullity, B. D., & Graham, C. D. (2011). *Introduction to Magnetic Materials* (2nd ed.). Wiley-IEEE Press.
- Dash, J. G., Rempel, A. W., & Wettlaufer, J. S. (2006). The physics of premelted ice. *Reviews of Modern Physics*, 78(3), 695–741.
- Debenedetti, P. G. (1996). *Metastable Liquids: Concepts and Principles*. Princeton University Press.
- Eldredge, N., & Gould, S. J. (1972). Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism. In T. J. M. Schopf (Ed.), *Models in paleobiology* (pp. 82-115). Freeman, Cooper and Company.
- Engels, F. ([1878] 1969). *Anti-Dühring: Herr Eugen Dühring's Revolution in Science* (E. Burns, Trans.). Progress Publishers.
- Engels, F. ([1883] 1976). *Dialects of Nature*. (In complete works; e.g., Marx & Engels, *Collected Works*, Vol. 27). International Publishers.
- Eyre-Walker, A., & Keightley, P. D. (2007). The distribution of fitness effects of new mutations. *Nature Reviews Genetics*, 8(8), 610-618.
- Frenkel, D., & Smit, B. (2002). *Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications*. Academic Press.
- Gaukroger, S. (1995). *Descartes: An Intellectual Biography*. Clarendon Press.
- Gaukroger, S. (2006). *The Emergence of a Scientific Culture: Science and the Shaping of Modernity 1210–1685*. Oxford University Press.
- Gilbert, T. L. (2004). A phenomenological theory of damping in ferromagnetic materials. *IEEE Transactions on Magnetics*, 40(6), 3443-3449.
- Gould, S. J., & Eldredge, N. (1977). Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered. *Paleobiology*, 3(2), 115–151.
- Gould, S. J. (2002). *The structure of evolutionary theory*. Belknap Press of Harvard University Press.
- Gutas, D. (2001). *Avicenna and the Aristotelian Tradition*. Brill.
- Hegel, G. W. F. ([1812–1816] 2010). *Science of Logic*. (Trans. George Di Giovanni). Cambridge University Press.

- Heinrich, R., & Rapoport, T. A. (1974). A linear steady-state treatment of enzymatic chains. *European Journal of Biochemistry*, 42(1), 89-95.
- Hemley, R. J., & Mao, H. K. (1991). "High-pressure chemistry of the Earth's interior." *Science*, 253(5022), 746–751.
- Houlgate, S. (2005). *An Introduction to Hegel*. Blackwell.
- Howell, J. R., Siegel, R., & Mengüç, M. P. (2015). *Thermal Radiation Heat Transfer* (6th ed.). CRC Press.
- Hund, F. (1927). Zur Deutung der Molekelspektren. *Zeitschrift für Physik*, 40(10), 742-764.
- Israelachvili, J. N. (2011). *Intermolecular and Surface Forces* (3rd ed.). Academic Press.
- Kacser, H., & Burns, J. A. (1973). The control of flux. *Symposia of the Society for Experimental Biology*, 27, 65-104.
- Kacser, H., & Burns, J. A. (1979). Molecular Democracy: Who Shares the Controls? *Biochemical Society Transactions*, 7(5), 1149–1160.
<https://doi.org/10.1042/bst0071149>
- Kacser, H., & Burns, J. A. (1981). The molecular basis of dominance. *Genetics*, 97(3-4), 639–666.
- Kant, I. ([1781/1787] 1998). *Critique of Pure Reason*. Cambridge University Press.
- Kashchiev, D. (2000). *Nucleation: Basic Theory with Applications*. Butterworth-Heinemann.
- Kittel, C. (2005). *Introduction to solid state physics* (8th ed.). John Wiley & Sons.
- Klein, M. L., & Shinoda, W. (2008). Large-scale molecular dynamics simulations of self-assembling systems. *Science*, 321(5890), 798-800.
- Kragh, H. (2002). *Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century*. Princeton University Press.
- Kratz, K. L., Farouqi, K., & Pfeiffer, B. (2007). Global microscopic calculations of r-process abundances. *New Astronomy Reviews*, 51(1-2), 80-86.
- Ladyman, J. (2002). *Understanding Philosophy of Science*. Routledge.
- Ladyman, J., & Ross, D. (2007). *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized*. Oxford University Press.

- Lakatos, I. (1978). *Philosophical Papers, Vol. 1: The Methodology of Scientific Research Programmes*. Cambridge University Press.
- Landau, L. D., & Lifshitz, E. M. (1935). On the theory of the dispersion of magnetic permeability in ferromagnetic bodies. *Physikalische Zeitschrift der Sowjetunion*, 8, 153-169.
- Landau, L. D., & Lifshitz, E. M. (1980). *Statistical Physics, Part 1* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Levine, N. (1983). The Engelsian inversion. *Studies in Soviet Thought*, 25(4), 307–321. <https://doi.org/10.1007/BF00838321>
- Levine, I. N. (2013). *Quantum Chemistry* (7th ed.). Pearson.
- Levins, R., & Lewontin, R. (1985). *The Dialectical Biologist*. Harvard University Press.
- Lynch, D. K., & Livingston, W. C. (2001). *Color and light in nature*. Cambridge University Press.
- Marenbon, J. (1997). *The Philosophy of Peter Abelard*. Cambridge University Press.
- Marx, K., & Engels, F. ([1867] 1976). *Capital, Vol. 1*. Penguin Classics.
- McQuarrie, D. A., & Simon, J. D. (1997). *Physical chemistry: A molecular approach*. University Science Books.
- Mitri, G., & Showman, A. P. (2005). Convective-conductive transitions in icy shells. *Icarus*, 177(2), 447–460.
- Morris, J. R., Wang, C. Z., Ho, K. M., & Chan, C. T. (1994). “Melting line of aluminum from simulations of coexisting phases.” *Physical Review B*, 49(5), 3109–3115.
- Ollman, B. (1993). *Dialectical Investigations*. Routledge.
- Ong, W. J. (1958). *Ramus, Method, and the Decay of Dialogue*. Harvard University Press.
- Pauli, W. (1925). Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen im Atom mit der Komplexstruktur der Spektren. *Zeitschrift für Physik*, 31(1), 765-783.
- Pigliucci, M. (2008). Is evolvability evolvable? *Nature Reviews Genetics*, 9(1), 75–82.
- Planck, M. (1901). “On the Law of Distribution of Energy in the Normal Spectrum.” *Annalen der Physik*, 309(3), 553–563.

- Planck, M. (1914). *The Theory of Heat Radiation*. Blakiston's Son & Co.
- Popper, K. R. ([1934] 1959). *The Logic of Scientific Discovery*. Hutchinson.
- Popper, K. R. (1963). *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. Routledge.
- Reif, F. (1965). *Fundamentals of statistical and thermal physics*. McGraw-Hill.
- Rohlf, J. W. (1994). *Modern Physics from α to Z^0* . John Wiley & Sons.
- Rowlinson, J. S., & Widom, B. (2002). *Molecular Theory of Capillarity*. Dover.
- Scerri, E. R. (2007). *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. Oxford University Press.
- Schrödinger, E. (1926). An undulatory theory of the mechanics of atoms and molecules. *Physical Review*, 28(6), 1049-1070.
- Seul, M., & Andelman, D. (1995). "Domain shapes and patterns: The phenomenology of modulated phases." *Science*, 267(5197), 476–483.
- Sheehan, H. (2018). *Marxism and the Philosophy of Science: A Critical History*. Verso.
- Smith, R. (1997). Aristotle on the Dialectical Method. *Phronesis*, 42(2), 147–166.
- Spohn, T., & Schubert, G. (2003). Oceans in icy Galilean satellites. *Icarus*, 161(2), 456–467.
- Stauffer, A. D., et al. (2014). "Thermal emission and radiation thermometry: evolution of principles and practices." *Metrologia*, 51(5), S122–S132.
- Stump, E. (2003). *Aquinas*. Routledge.
- Suppe, F. (Ed.). (1977). *The Structure of Scientific Theories* (2nd ed.). University of Illinois Press.
- Vlastos, G. (1994). *Socratic Studies*. Cambridge University Press.
- Wagner, A. (2005). *Robustness and Evolvability in Living Systems*. Princeton University Press.
- White, N. P. (1971). Plato's Metaphysics of Education. *Philosophy and Phenomenological Research*, 32(1), 30–44.
- Wright, S. (1931). Evolution in Mendelian populations. *Genetics*, 16(2), 97–159.

پیوست ۱: فهرست اصطلاحات به کار رفته در این مقاله

Allotrope	دگرشکل
Allotropy	دگرشکی
Ambition	بلندهمتی
Aufhebung = sublation	برکشدن، رفع، تعالی
Becoming	شدن
Big bang	مهبانگ
Biological stability	ثبات بیولوژیک
Building block	تکه‌های ساختاری
Categorical perception	ادراک طبقه‌بندی شده
Classical nucleation theory	نظریه کلاسیک جوانه‌زنی
Complexity theory / science	تئوری / علم پیچیدگی
Complexity	پیچیدگی
Compositum	کامپوزیتوم
Conceptual coherence	انسجام مفهومی
Conceptual mediation	میانجی‌گری مفهومی
Continuity vs. Discontinuity	پیوستگی در مقابل ناپیوستگی
Contradiction	تناقض
Critical rationalism	رئالیسم انتقادی
Crystal field theory	نظریه میدان بلوری
Curie temperature	دمای کورری
Cybernetic feedback	بازخورد سیرننتیک
Darwinian picture	تصویر داروینی
Dialectic	دیالکتیک
Dialectical biology	زیست‌شناسی دیالکتیکی
Dialectical claims	ادعای دیالکتیکی
Dialectical framework	چارچوب دیالکتیکی
Dialectical leap / rupture	جهش / گسست دیالکتیکی
Dialectical transition	گذار دیالکتیکی
Discontinuous shifts	شیفت دیالکتیکی
Domain walls	دیوار دامنه

Dynamic interdependence	وابستگی پویا
Dynamic systems	نظام‌های پویا
Emergence	نوپدیداری
Engelsian dialectics	دیالکتیک انگلسی
Enzymatic systems	سیستم‌های آنزیمی
Epistemology	شناخت‌شناسی
Evolutionary economics	اقتصاد فرگشتی
Evolutionary leaps	جهش فرگشتی
Ferromagnetism	آهن-مغناطیسی
Genetic drift	رانش ژنتیکی
Hegelian dialectics	دیالکتیک هگلی
Hegelian/Engelsian principle	اصل هگلی/انگلسی
Heuristic	اکتشافی
Heuristic metaphors	تمثیل اکتشافی
Hund's rule.	قاعده هُند
Hydrocarbon chains	زنجیره هیدروکربنی
Immanence	درون‌ماندگاری
Immanence = internal causation	علیت درونی
Immanent negation	نفی درونی
Incandescence	درخشش
Inference to the Best Explanation, IBE	استدلال تبیینی
Internal causation	علیت درونی
Internal vs. External Causation	علیت درونی در مقابل علیت بیرونی
Ising framework	چارچوب آیزینگ
Ising model	مدل آیزینگ
Kantian critique	نقد کانتی
Kind	نوع
Landau–lifshitz–gilbert	معادلات لاندائو-لیفشیتز-گیلبرت
Lattice vibration	ارتعاشات شبکه‌ای
Law of nature	"قانون" طبیعت
London dispersion forces	نیروهای پخشیده لوندن
Magnetic polarity reversal	وارونگی قطب‌های مغناطیس
Mantle	گوشته زمین

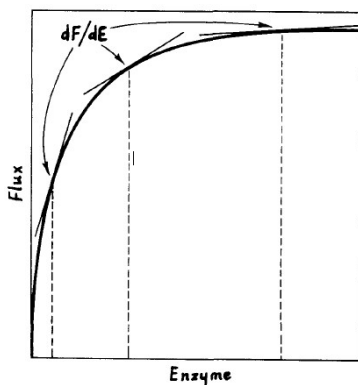
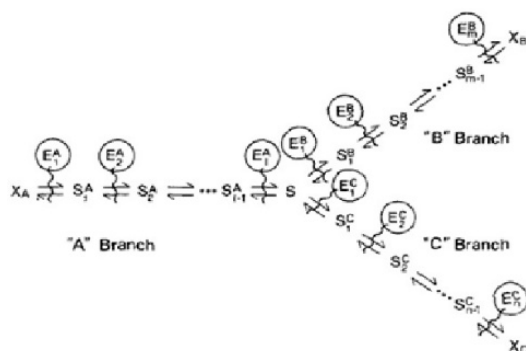
Marxist circles / theory	حلقه/محفل یا تئوری مارکسیستی
Materialism	ماتریالیسم
Metabolic control analysis	تحلیل کنترل متابولیکی
Methodological	متدشناسی
Multi-level causation	علیت چندسطحی
Multiple equilibria	تعداد چندگانه
Narrative overlay	پوشش روایی
Natura non facit saltum	طبیعت جهش نمی کند
Negation	نفی
Network theory	تئوری شبکه
Nodal transformations	دگرگونی های گرهی
Nonlinear dynamics	دینامیک غیرخطی
Nonlinearity	غیرخطی
Notion	انگاشت
Novelty	نوآوری
Nucleation theory	نظریه جوانه زنی
Ontological discontinuity	گسست هستی شناختی
Ontological necessity	بایستگی/ضرورت هستی شناختی
Pauli exclusion principle	اصل طرد پائولی
Periodic table	جدول تناوبی
Phase	فاز
Phase transitions	گذار فازی
Philosophy of science	فلسفه علم
Physical chemistry	شیمی فیزیکی
Planck's radiation law	قانون تابش پلانک
Predictive models	مدل پیش بینی کننده
Probabilistic aggregation	انباشت احتمالاتی
Probabilistic nature	طبیعت احتمالاتی
Public policy	سیاست عمومی
Punctuated equilibrium	تعداد گسسته
Qualitative leap	جهش کیفی
Qualitative novelty	نوآوری کیفی
Quantitative-to-qualitative transformation	گذار از کمیت به کیفیت

Quantity-to-quality transformation	گذار کمی به کیفی
Quantum mechanics	مکانیک کوانتومی
Quasi-dialectical transformations	گذار شبه‌دیالکتیکی
Radiant	گرادیان
Rationalist	خردگرایانه
Reciprocal causation	علیت دوسویه
Reciprocity	بازخورد دوسویه
Reconfiguration	بازپیکربندی
Relational	رابطه‌محور
Research program	برنامه پژوهشی
Rhetoric	بلاغت / رتوریک
Rhetorical	بلاغی
Rhetorical appeal	جذابیت بلاغی
Rhetorical device	ابزار بلاغی
Rhetorical move	حرکت بلاغی
Robabilistic aggregation	انباشت احتمالاتی
Saturated system	سیستم اشباعی
Scalable	مقیاس‌پذیر
Scale-dependent thresholds	آستانه وابسته به مقیاس
Schrödinger equation	معادل شرودینگر
Shift from quantity to quality	گذار از کمیت به کیفیت
Simple	بسیط
Simplicus	سیمپلیکوس
Social theory	تئوری اجتماعی
Socratic dialogue	دیالوگ سقراطی
Speciation	گونه‌زایی
Spectrometer	طیف‌سنج
Statistical mechanics	مکانیک آماری
Stefan–Boltzmann law	قانون استفان-بولتسمان
Sublation/Aufhebung	برکشیدن، رفع، تعالی
System	سامانه
System flux	محصول نهایی سامانه
Systems biology	بیولوژی/زیست‌شناسی سامانه‌ای

Systems theory	تئوری سامانه‌ای
Systems transitions	گذار سامانه‌ای
Systems-theoretical	نظریه‌سامانه‌محور
Tautology	تکرار، حشو قبیح
Thermodynamics	ترمودینامیک
Threshold effects	اثر آستانه‌ای
Threshold phenomena	پدیده آستانه‌ای
Threshold-dependent	وابستگی آستانه‌ای
Urban design	طراحی شهری
Wien's displacement law	قانون جابجایی وین

پیوست ۲: کنترل سوخت‌وساز و توهم جهش‌های فرگشتی

تبیین دقیق‌تر این پدیده‌ی "تعادل گسسته" که از چارچوب "تحلیل کنترل سوخت‌وساز" (Metabolic Control Analysis, MCA) پدیدار می‌شود، این است که در یک سامانه‌ی اشباع با شمار زیادی آنزیم، اثر هر آنزیم بر شار نهایی سامانه عموماً از یک منحنی هذلولوی پیروی می‌کند. این بدان معناست که افزایش فعالیت یک آنزیم منفرد، به‌تنهایی، در بیشتر موارد نمی‌تواند به افزایش چشمگیری در خروجی نهایی بینجامد. مگر آنکه تغییرات مشابهی نیز در فعالیت دیگر آنزیم‌ها رخ دهد.



البته در مدل‌های کلاسیک MCA، ضریب کنترل هر آنزیم در زمان خاص ممکن است کوچک یا بزرگ باشد؛ اما در مقیاس زمانی بلندمدت، تحت شرایط گزینش ضعیف و ثبات محیطی، این ضرایب به‌سوی مقادیر میانگین نسبتاً پایدار همگرا می‌شوند و تقریباً همه‌ی آنزیم‌ها در تعیین رفتار سامانه در طول نسل‌ها نقش ایفا می‌کنند.

این پایداری بلندمدت میانگین‌ها در واقع یکی از بنیان‌های شکل‌گیری ساختارهای پایدار و "تعدیل‌شده‌ی" کنترل آنزیمی در سامانه‌های زیستی است. از قضا، ویکی‌پدیا مقاله‌ای خوب در این موضوع دارد. حتی اگر خواننده در موقعیتی نباشد که کل مقاله را بخواند، بررسی تصاویر ارائه‌شده در مدخل ویکی‌پدیا می‌تواند سودمند باشد:

(https://en.wikipedia.org/wiki/Metabolic_control_analysis).

برای ارائه‌ی یک تصویر شهودی از این پدیده، می‌توان به مثالی ساده از یک کارخانه‌ی خودرو اشاره کرد: افزایش توان یک موتور منفرد، برای مثال، دو برابر کردن خروجی آن، به این معنا نیست که شمار خودروهای تولیدشده نیز دو برابر خواهد شد. این مثال، هرچند شامل ناسازگاری منطقی در نوع کمیت‌های مقایسه‌شده است (توان موتور در برابر شمار خودروها)، عمداً آن عدم‌تقارن را معرفی می‌کند تا اصلی سامانه‌ای و مهم را برجسته سازد: ارتقای ظرفیت یا کارایی یک جزء منفرد در یک سامانه‌ی پیچیده، لزوماً به افزایش متناسب در خروجی کل سامانه نمی‌انجامد. برای دو برابر کردن خروجی نهایی، حتی اجزایی چون آینه‌ها یا چراغ‌های راهنما نیز باید متناسباً افزایش یابند.

این اصل نه‌تنها در سامانه‌های مکانیکی، بلکه در زیست‌شناسی تجربی نیز مشهود است: در یکی از نخستین آزمایش‌های تراریخته (transgenic) که در سال ۱۹۸۲ گزارش شد (Palmiter et al., 1982)، تولید هورمون رشد در موش‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یافت، اما وزن نهایی بدن موش‌ها تنها حدود ۱/۵ برابر بالا رفت. این یافته‌ها نشان می‌دهند که در سامانه‌های زیستی، کارایی اجزای منفرد تحت کنترل چندمتغیره (multivariate control) است، که از رهگذر تعاملات درونی، قیود زیستی بیرونی، و محدودیت‌های ساختاری تنظیم می‌شود.

در سطح شخصی، تا سال ۱۹۹۱، تحت تأثیر درک پیشینیم از دیالکتیک، به "انقلاب" همچون چارچوبی نظری باور داشتم. اما در ۱۹۹۱، پس از خواندن مقاله‌ی گکسر و برنز (Kacser & Burns) (1979) با عنوان "دموکراسی مولکولی: چه کسی کنترل‌ها را تقسیم می‌کند؟" (*Molecular Democracy: Who Shares the Controls?*) که به نقش کارکردی آنزیم‌ها می‌پردازد، در نظریه‌ی انقلاب دچار تردید شدم. در نهایت به این نتیجه رسیدم که تغییر یک‌جانبه و ناگهانی در یک بخش از سامانه به‌سرعت به فروپاشی آن سامانه منجر می‌شود. برعکس، اگر تغییر کوچکی در یک بخش از سامانه به‌تدریج با تغییرات کوچکی در بخش‌های دیگر همراه شود، می‌توان به‌طور معقول به دگرگونی کل سامانه امید بست. در مقاله‌ی بعدی این سلسله، من به "دموکراسی مولکولی" با استفاده از بصیرت‌های گکسر و برنز (۱۹۷۹) ارجاع خواهم داد.