فلسفهٔ علم، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
سال هفتم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۶، ۱۳۷–۱۶۱

فرا استقرای بدبینانه و واقع‌گرایی ساختاری

سعید معصومی*

چکیده

فرا استقرای بدبینانه مهم‌ترین استدلال علیه واقع‌گرایی علمی است، به همین دلیل از وظایف اصلی واقع‌گرایان (احتمالا مهم‌ترین وظیفه آن‌ها) پاسخ دادن به این برهان است. در این مقاله صورت‌بندی ای از این برهان ارائه می گردد و پاسخ‌های مختلف واقع‌گرایان در مورد آن اجمالاً بیان می شود. در میان این پاسخ‌ها پاسخ واقع‌گرایان ساختاری به عنوان پاسخ قابل قبول‌تر پذیرفته می‌شود. نکته مهم در مورد پاسخ واقع‌گرایان بـه اسـتدلال فـرا استقرای بدبینانه این است که واقع‌گرایان ساختاری باید با مطالعه مورد به مورد نظریه‌های علمی نشان دهند که ادعای آن‌ها مبنی بر حفظ ساختارها محقق شده است.

کلیدواژه‌ها: فرا استقرای بدبینانه، واقع‌گرایی علمی، واقع‌گرایی ساختاری، نسبیت خاص، مکانیک نیوتنی.

۱. مقدمه

فرا استقرای بدبینانه و تعین ناقص دو برهان اصلی علیه واقع‌گرایی علمی‌اند. به نظر می‌رسد که یکی از وظایف اصلی واقع‌گرایان علمی پاسخ‌گویی به این دو برهان باشد. از میـان ایـن دو برهان، فرا استقرای بدبینانه اهمیت بیشتری دارد، زیرا می توان فرض کرد که در برهـان تعین ناقص، بررسی‌های پیشینی، به صورت‌بندی برهـان علیـه واقـع گرایـی علمـی منجـر می‌شود در حالی که، در فرا استقرای بدبینانه به نظر می رسد که کفایت تجربی واقع‌گرایـی علمی با مشکل مواجه می‌شـود (Ladyman,Ross, et al., 2007: 83).در واقـع، اغلـب چنـین فرض شده است که این برهان خطرناکترین (Wray, 2010) یا «بزرگ‌تـرین چـالش یگانـه»

* استادیار پژوهشکده مطالعات بنیادین علم وفناوری، دانشگاه شهید بهشتی، s_masoumi@sbu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۱۸

(Lewis, 2001) پیش روی واقع گرایی علمـی اسـت (Worrall 1982: 216)، (Kitcher 1993: 136)،(Leplin 1997: 136)، (Worrall,1989: 99)،(Papineau 1996)،(Stanford 2006).

دو مساله در مورد استنتاج بـر اسـاس بهتـرین تبیـین و تعـین نـاقص وجـود دارد کـه ملاحظات در مورد آنها با ملاحظات در مورد فرا استقرای بدبینانه تفاوت دارد:

> نخست اینکه دو مورد اول، چالش هایی هستند که علی الاصول در هر نوع واقع گرایی با آن مواجه می شویم؛ زیرا استنتاج های ابداکتیو در بسـیاری از زمینـه هـای اسـتدلال علمی نقشی انکارناپذیر بازی می کنند و اگر تعین ناقص یک مساله اصیل باشد چالش آن را می توان در ارتباط با برداشـت واقـع گرایانـه از نظریـه هـا یـا ادعاهـای علمـی صورت‌بندی کرد. از سوی دیگر، فرا استقرای بدبینانه ممکن است در مورد اشکالی از واقع گرایی بکار نرود؛ این به اختلاف دوم میان ایـن اسـتدلالهای ضـد واقـع گرایانـه مربوط می شود. با فرض خصوصیت عمومی ملاحظات استنتاج بر اساس بهترین تبیین و تعین ناقص، مباحث مربوط به این چالش ها تاثیر کمی بر تحـول واقـع گرایـی، بـه عنوان موضعی فلسفی، داشته است. اما از آنجایی که میزان نگرانی هایی که فرا استقرای بدبینانه ایجاد می کند، می تواند بسته به مشخصات دقیق تعهـدات واقـع گرایانـه یـک شخص تفاوت کند، این امر و ملاحظات مربوط به آن دارای نقشی قوی در شکل دادن به وجهه جدید واقع گرایی هستند (Chakravartty, 2007: 28) .

در این مقاله تمرکز من بر فرا استقرای بدبینانه است. بعد از ارائه توضیحات فوق و بیان اهمیت موضوع، در بخش دوم صورت بندی برهان ارائه می شود؛ این کار برای ارائه پاسخ مناسب ضروری است.

«بخش سوم پاسخ های مهم به این برهان بیان می شود کـه نهایتـاً پاسـخ واقـع گرایـان ساختاری به عنوان پاسخ قابل قبول تر پذیرفته می شود. در بخش چهارم، بـه ارائـه برخـی تعاریف مورد نیاز برای بیان رابطه ساختاری میان نظریه های علمی پرداخته شده؛ همچنین رابطه میان نظریه های مکانیک نیـوتنی و نسـبیت خـاص بـر اسـاس جبرهـای حـاکم بـر سینماتیک آنها بیان خواهد شد» در بخـش پـنجم، رابطـه سـاختاری حفـظ سـاختار بـرای جبرهای پایدارتر و ناپایـدارتر نشـان داده مـی شـود و بخـش ششـم هـم جمـع بنـدی و نتیجه‌گیری مباحث خواهد بود.

۲. صورت‌بندی برهان

یکی از مشخصه های اساسی موضع واقع گرایانه مناسب، پاسخ معقولی است که این موضع به براهین علیه واقع گرایی علمی می دهد. همان طور که پیش از این گفته شد احتمالاً مهمترین استدلال علیه واقع گرایی علمی استدلال فرا استقرای بدبینانه است. بنابراین، برای ارزیابی پاسخ یا پاسخ های واقع گرایان به این برهان ابتدا باید صورت بندی مناسبی از این برهان داشته باشیم. در این بخش، به ارائه صورت بندی برهان فرا استقر ای بدبینانه می پردازیم.

به نظر می رسد که مهمترین فرد در ارائه برهان فرا استقر ای بدبینانه لری لائودن باشد. لائودن می کوشد که دیدگاه واقع گرایانه ای را ابطال کند که دارای پنج مشخصه زیراست و آن را واقع گرایی همگرا می نامد:

«R1 – نظریه‌های علمی(حداقل در علوم بالغ) نوعا به طور تقریبی صادق اند و نظریه‌های جدیدتر از نظریه‌های قدیمیتر، درحوزه یکسان، به حقیقت (صدق) نزدیکترند.

R2 – عبارات مشاهدتی و نظری، در نظریه‌های یک علم بالغ، به صورت واقعی ارجاع دهنده هستند (به طور تقریبی ذواتی در جهان متناظر با هویاتی که در بهترین نظریه های ما فرض شده وجود دارد).

R3 – نظریه های متوالی در هر علم بالغ، به گونه‌ای هستند که روابط نظری آنها ومرجع‌های نظریه‌های پیشین را حفظ می کنند؛ یعنی نظریه‌های پیشین به صورت موارد حدی نظریه های بعدی میباشند.

R4 –پذیرش نظریه های جدید تبیین کننده این مطلب است و باید باشد که چرا نظریه‌های پیشین به این میزان موفق بوده اند»(Leplin, 1984: 219-220) .

این چهار عبارت بیان کننده فرضیه‌های (تزهای) معرفت‌شناختی، روش شناختی ومعناشناختی‌اند و هر گاه با عبارت پنجمی، که ادعای متافیزیکی مهمی است، لحاظ شود، آنچه را که لائودن واقعگرایی معرفت شناختی همگرا می نامد، تشکیل میدهند (وی آنرا باCER مشخص می‌کند، که مخففconvergent epistemological realismاست).

در واقع می توان گفت آنچه لائودن به عنوان واقع گرایی همگرا می نامد، برنهاده واقع‌گرایی است که صورت استاندارد آن را می توان بر اساس مولفه های معنا شناختی، معرفت‌شناختی و هستی شناختی به صورت زیر بیان کرد:

واقع‌گرایی علمی دیدگاهی است که بر اساس آن هویات موجود در نظریه های علمی مستقل از ذهن وجود دارند (مولفه متافیزیکی)، گزاره های بیان کننده نظریه ها علمی صد ق وکذب پذیرند(مولفه معناشناختی) و نظریه های علمی با لغ وموفق تقریباً صادق هستند (مولفه معرفت شناختی) (Psillos, 1999: xvii).

بر این اساس، واقع گرایان برهانی از نوع استدلال بر اساس بهترین تبیین، صورت بندی می کنند. بیانی از این برهان به قرار زیر است:

R5 – فرضیه‌های R1تاR4 متضمن این مطلب‌اندکه نظریه‌های علمی (بالغ) باید موفق باشند. فرضیه های فوق، اگر نگوییم تنها تبیین، حداقل میتوانیم بگوییم، بهترین تبیین را برای موفقیت علم تشکیل میدهند، بنابراین موفقیت تجربی علم (به معنی ارائه تبیین‌های تفضیلی و پیش‌بینی دقیق) تأییدتجربی چشمگیری برای واقعگرایی فرآهم می‌آورد (ibid).

برهان بهترین تبیینی که واقع گرایان، معمولاً از آن استفاده می کنند، برهان «معجزه نبودن» نام دارد. این برهان بر اساس اندیشه ای قدیمی است که نام « معجزه نبودن» یا « معجزه بودن» بعد از بیان پاتنم (Putnam)، مبنی بر اینکه«واقع گرایی تنها فلسفه ای است که موفقیت علم را به صورت معجزه در نمی آورد» (Putnam,1975: 73)، به آن داده شده است (Chakravartty, 2017).پیش از ارائه صورت بندی دقیق تر برهان « معجزه نبودن» لازم است که دو نوع توسل به «استدلال بر اساس بهترین تبیین» را از هم بازشناسی کنیم. توسل موضعی (local) به استدلال بر اساس بهترین تبیین و توسل کلی (global) به استدلال بر اساس بهترین تبیین؛تمایزی که لیدیمن معرفی می کند(Ladyman, 2002,ch. 7). مطلبی شبیه این را سیلوس(Psillos)،بیان کرده است، البته وی از اصطلاح استدلال بر اساس بهترین تبیین مرتبه اول (first order) و استدلال بر اساس بهترین تبیین مرتبه دوم (second order) استفاده کرده است(Psillos, 1999)، «یک دفاع موضعی از واقع گرایی به مجموعه ای ویژه از واقعیات تجربی و تبیین آنها به صورت هویات مشاهده ناپذیر ویژه متوسل می‌شود. مخالفان واقع گرایی علمی نظیر ون فراسن الزام آور بودن دفاع موضعی از واقع گرایی را در مورد مشاهده ناپذیر های ویژه رد می کنند و استدلال می کنند که می توان آنها را [مشاهده پذیرهای ویژه را] در هر مورد به صورت عملگرایانه بازتعبیر کرد؛ یعنی به عنوان استنتاج به کفایت تجربی تبیین مورد بحث، به علاوه تعهد به نظریه پردازی مداوم با منابع نظریه، درنظر گرفت(van Fraassen, 1980). بنابراین بحث به سطح کلی انتقال می یابد؛ جایی که

واقع گرایان علمی استدلال می کنند که فلسفه علم آنها برای توضیح علم و تاریخ موفقیت آن به عنوان یک کل لازم است» (Ladyman, Ross, et al., 2007: 69).

۱. به این ترتیب برهان معجزه نبودنرا که نوعی استدلال بر اساس بهترین تبیین است[۱] می توان به صورت زیر صورت بندی کرد:

۲. نظریه های علمی بالغ به طور تجربی موفق اند (یعنی، هم به لحاظ ارائه پیش بینی های بدیع و هم از نظر ارائه تبیین موفق اند) .

۳. موفقیت علم تجربی(نظریه های علمی) نیازمند تبیین است.

۴. اگر نظریه های علمی صادق نباشند یا تقریباً صادق نباشند، موفقیت تجربی نظریه های بالغ چیزی همانند معجزه است.

۵. آنچه ما را از پذیرش معجزه رها می سازد قبول صدق آنها یا صدق تقریبی آنها است و این بهترین تبیین موفقیت نظریه های علمی است.

۶. پس نظریه های علمی بالغ، که به طور تجربی موفق هستند، صادق اند یا تقریباً صادق هستند.

ملاحظه می شود که در اینجا میان صدق یا صدق تقریبی و موفقیت ارتباط برقرار شده است و در واقع موفقیت نظریه های بالغ به عنوان توجیه قبول صدق نظریه های علمی بالغ در نظر گرفته شده است. همچنین باید توجه داشت که صدق تقریبی مستلزم این است که امر مشترکی در فرآیند گذار نظریه های علمی باقی بماند، بنابراین هویاتی که در موفقیت نظریه های علمی موثرند دارای مرجع هستند و مستقل از ما وجود دارند.

لائودن با ارائه موارد متعدد از تاریخ علم می کوشد نشان دهد که ارتباطی که واقع گرایان قائل هستند که بین موفقیت یک نظریه و صدق آن (صادق بودن گزاره های آن و ارجاع دهنده بودن هویات مندرج در نظریه های علمی) وجود دارد، برقرار نیست. راهبرد وی در این امر، ارائه سیاهه‌ای از نظریه های علمی است (Laudan, 1984: 157) که به درستی می توان آنها را هم به لحاظ تجربی موفق دانست و هم به لحاظ عملی مفید تلقی کرد و این سیاهه «به طور آزار دهنده ای(nauseam ad) می تواند توسعه یابد»، بنابراین «تاریخ علم نمی تواند باور واقع گرایان را در مورد ارتباط تبیینی میان موفقیت تجربی و صدق موجه سازد» (Psillos, 1996).

صورت بندی ای از فرا استقرای بدبینانه را (که استدلال لائودن هم نوعی از آن است) می توان به صورت زیر بیان کرد:

۱. نظریه های علمی بسیاری در تاریخ علم وجود داشته اند که بالغ و موفق بوده اند.

۲. این نظریه ها با نظریه هایی که اکنون مقبول جامعه علمی است در صورت بندی و در ارائه هویاتی که به جهان اسناد می کنند،متفاوت هستند.

۳. این تفاوت هم در ارائه توصیفات متفاوت برای هویات پیشین است(که در برخی موارد به میزانی متفاوت با توصیفات پیشین است که نمی توان هر دوی آنها را نزدیک به صدق دانست) هم در انکار هویات موجود در نظریه های پیشین است و هم در پیشنهاد هویات جدید است.

۴. اگر نظریه ای بالغ و موفق از نظریه های پیشین مانند نظریه T هویاتی پیشنهاد کرده باشد که یا در نظریه کنونی متناظر با آن (که آن را با ′T مشخص می کنیم) انکار شده باشند و یا اکنون توصیفاتی یافته اند که به میزان زیادی متفاوت با توصیفات پیشین هستند، T و ′T هر دو با هم نمی توانند صادق باشند یا تقریباً صادق باشند.

۵. اگر ادعای واقع گرایان مبنی بر ارتباط موفقیت و صدق به صورتی که موفقیت توجیه صدق باشد، صادق باشد، باید T و ′T هر دو با هم صادق باشند.

۶. (۴) و (۵) در تناقض هستند. (۴) کاذب نیست، پس (۵) کاذب است.

یعنی ادعای واقع گرایان مبنی بر اینکه موفقیت توجیه صدق است کاذب است. اکنون به بیان پاسخ های مختلف به این استدلال می پردازیم، با ذکر این نکته که تمرکز اصلی مقاله بر پاسخ واقع گرایان ساختاری است.

۳. پاسخ‌ها

در ادبیات فلسفی واقع گرایی علمی دو رویکرد کلی در مواجهه با فرا استقرای بدبینانه وجود دارد. در رویکرد اول خدشه ای به اعتبار این استدلال به لحاظ صوری وارد نمی کنند بلکه مقدمات استدلال و ماده آن را مورد مناقشه قرار می دهند. در این رویکرد، دو پاسخ عمده از جانب واقع گرایی استاندارد ارائه شده است که برخی مانند سیلوس این دو پاسخ را با هم ترکیب کرده اند تا پاسخی معقول تر به برهان فرا استقرای بدبینانه بدهند.

در پاسخ اول(I)، تبیینی از مرجع برای هویات صورت بندی می شود که در آن مرجع هویات در تغییر نظریه های علمی با وجود تغییر مفهوم همچنان باقی می ماند. در اینجا آنچه وجود هویات مندرج در نظریه های علمی را، در نظریه های متوالی، تداوم می بخشد

توسل به وجود مرجع، علاوه بر معنی، برای یک لفظ است. توضیح اینکه برون گرایـان در فلسفه زبان برای محتوای یک لفظ یا مفهوم، علاوه بر معنای آن، عنصر دیگری به نام مرجع یا مصداق نیز قائل‌اند. این فیلسوفان به جزء معنای یک لفظ، اصطلاح معنای اولیه وبه جزء مصداق یا مرجع آن، اصطلاح معنای ثانویه را اطـلاق مـی کننـد. آنچـه کـه در جـایگزینی پارادایم‌ها تغییر می یابد آن جزئی از معنای واژه است که در ارتباط استنتاجی با سایر مفاهیم قرار دارد و به علت تغییر پارادایم و تغییر این ارتباط، تغییر خواهد کرد، کـه همـان معنـای اولیه آن واژه است، اما در اینجا بجایی پارادایمها معنای ثانویه یا مصداق لفظ ثابت خواهـد ماند. به این طریق این فیلسوفان پیوستگی میان نظریه ها را تأمین می کنند که برای دیـدگاه واقع‌گرایانه ضروری است.

شاید شاخص‌ترین فرد در ارائه این برهان پاتن مباشد. اومعتقد است که یکسانی مرجع (مصداق) مفاهیم قیاس ناپذیر، امکان مقایسه نظریه ها در دو پارادایم را با توجـه بـه ایـن عنصر مشترک (حداقل دارای هم‌پوشانی) فرآهم مـی‌آورد(Esfeld, 2006).بـه ایـن طریـق می‌توان ملاحظه کرد که عنصر مشترکی که همان مرجع است میان نظریه ها متـوالی حفـظ شده است.

برهانی شـبیه ایـن را هـاردین (Hardin)و روزنبـرگ (Rosenberg) نیـز آورده انـد. آنهـا معتقدند که تا وقتی که نظریه ارجاع در فلسفه علم بسط نیافته است، واقع گرایان می توانند از دیدگاه‌های مختلـف و بـدیلی کـه در مـورد ارجـاع وجـود دارد اسـتفاده کننـد (Hardin, Rosenberg, 1982). آنها این ادعا را مطرح می کنند که بر اساس نظریه علی ارجاع، می‌توان عبارت هایی را که اکنون به نظر نمی رسد که عبارات ارجاع دهنده باشـند، ارجـاع دهنـده دانست. به عنوان مثال، اتر اکنون نیز ارجاع دهنده است اما نه به محیطی مادی بلکه به میدان الکترومغناطیسی ارجاع می دهد.

> اگر مرجع عبارات نظری آن چیزهایی باشند که علل پدیـدارهایی هسـتند کـه موجـب معرفی این عبارات اند، در آن صورت، از آنجایی که اکنون باور براین است که پدیـده های نوری نوسان هایی در میدان الکترومغناطیسی است، آنچه اکنون عبارت اتر بـه آن ارجاع می دهد میدان الکترومغناطیسی است (Ladyman, Ross, et al. ,2007: 86).

دو اشکال براین دیدگاه وارد است: یکی اینکه «همان طـور کـه لائـودن (۱۹۸۴) اشـاره کرده است، این تلقی، ارجاع عبارات نظری را به امری بی اهمیت(trivial) تبدیل می سـازد؛ زیرا تا آنجایی که پدیده هایی معرفی یک عبارت را بر مـی انگیزنـد، آن عبـارت بـه طـور

خودکار و موفق، به آنچه علت (یا علتهای) مربوط آن است ارجاع می دهـد»، دیگـر اینکـه «این نظریه به طور افراطی میان آنچه نظریه پرداز در مورد آن سخن مـی گویـد و آنچـه او تصور می کند که در مورد آن سخن می گوید گسست ایجاد می کند» (ibid).

اما اشکال سومی هم بر این دیدگاه وارد است. این اشکال را می توان به نحو زیر تقریر کرد: اگر تلقی فوق را در مورد تمایز و به نوعی عدم ارتباط میان توصیفات نظری در مـورد یک شیء و مرجع یک شیء بپذیریم، این پرسش پیش می آید که چـرا بایـد نظریـه هـای کنونی را بپذیریم؟ مسأله این است که نظریه های پیشین توصـیفاتی در مـورد هویـاتی کـه خود پیشنهاد کرده بودند یا هویاتی که نظریه های پیش از آنها پیشنهاد کرده بودند می دادند که در زمان خود موفق بوده اند؛ یعنی، پیش بینی ها و تبیین های موفقی از این هویات مـی دادند، در حالی که اکنون این توصیفات مقبول نیستند. بنـابراین، لزومـی نـدارد کـه کـذب توصیفات کنونی هم در آینده مکشوف نشود (در واقع، در اینجا نوعی استقرای بدبینانـه در مورد توصیفات نظری صورت گرفته است). به نظر می رسد که هـاردین و روزنبـرگ ایـن استقرای بدبینانه را در مورد توصیفات نظری بپذیرند و اگر نتیجه ایـن اسـتقرای بدبینانـه را درمورد توصیفات نظری بپذیریم این پرسش دوم مطرح می گردد کـه اصـولاً چـرا چنـین هویاتی را فرض کرده ایم، اگر این هویات کاملاً مستقل از توصیفات باشند تـوجیهی بـرای پذیرش این هویات نداریم. در اینجا توصیفات نظری، کـه نظریـه ارائـه مـی دهـد، توجیـه متافیزیکی برای پذیرش این هویات است و اگر تعهدی به ایـن توصـیفات نداشـته باشـیم هویات فوق توجیه متافیزیکی خود را از دست خواهند داد. به عبارت دیگر، توجیهی برای پذیرش آنها در هستی شناسی وجود نخواهد داشت.

پاسخ دوم رویکرد اول به فـرا اسـتقرای بدبینانه(کـه آن را بـا (II) نشـان مـی دهیم)،بـر اساسروشی استکه در آن، باور تنها به بخش هایی از نظریه تعلق می گیرد که به طور اساسی در پیش بینی های موفق و تبیین های موفق دخیل هستند. در این صورت، آن بخشـهایی را که در موفقیت تبیینی و ارائه پیش بینی های بدیع کارایی ندارنـد و بـه عنـوان اجـزای بـی استفاده در نظر گرفته می شوند کنار می گذاریم و به عنوان یک واقع گرا تعهدی به باور به گزاره‌هایی که مبین وجود آنها هستند نـداریم. چـاکراوارتی ایـن رویکـرد را شـک گرایـی انتخابی (selective scepticism) می نامـد(Chakravartty, 2007: 29) اسـتدلالی مشـابه ایـن را سیلوس(Psillos) و برخی فلاسفه دیگر نیز مطرح می کننـد ودر آن موفقیـت نظریـه هـای پیشین را به عناصری از نظریه نسبت می دهند که در نظریه های کنونی نیز وجود دارند و ما

به آنها باور داریم. سیلوس معتقد است «کافی است تا نشان دهیم که موفقیت نظریه های گذشته به آنچه ما اکنون باور داریم که به طور بنیادین نادرست است، بستگی ندارد» (Psillos, 1996).به عبارت دیگر، «کافی است تا نشان دهیم مکانیسم هایی که موفقیت نظریه های پیشین را تولید کرده در تصویر علمی کنونی ما باقی مانده است» (ibid).سیلوس این را «حرکت تقسیم بر اساس ادله» (divide et impera move) می نامد. مطلب فوق «مبتنی بر این ادعا است که وقتی یک نظریه کنار گذاشته می شود، اجزای نظری آن یعنی مکانیسم های نظری و قوانینی که آن نظریه ارائه کرده نباید به طور یک پارچه (en bloc) رد شود» (ibid).

در رابطه با این موضوع، کیچر(Kitcher) مثالی می زند از یک تیم بسکتبال که تیم موفقی است. موفقیت این تیم به این معنی نیست که تمام بازیکن های تیم بلند قد هستند و در موفقیت تیم سهیم اند. این امکان وجود دارد که بازیکن کوتاه قدی هم باشد که در موفقیت تیم سهم چندانی نداشته باشد یا اصلا سهیم نباشد(Kitcher, 1993: 143).

لپلاین (Leplin)، کیچر (و البته خود سیلوس) پیشنهادهایی شبیه به این راهبرد داده اند ولی تفصیلی‌ترین و موثرترین بحث متعلق به سیلوس است (Ladyman, Ross, et al., 2007: 87). او پیشنهاد (I) را با (II) ترکیب می کند.

> در راهبرد (I) مقدمه دوم [استدلال لائودن] پذیرفته می شود اما سیلوس اجازه می دهد که برخی مواقع این امکان وجود داشته باشد که یک نظریه تقریباً صادق، ارجاع ندهد. او سپس با این استدلال که عبارات نظری که ارجاع نمی دهند مثل کالریک، در بخشهایی از نظریه ها بودند که شاهد آن زمان، آن را حمایت نمی کرد؛ زیرا موفقیت تجربی نظریه های کالریک مستقل از هر فرضیه ای در مورد ماهیت کالریک بود، استدلال لائودن را می شکند. عبارات کنار گذاشته شده که در بخشهایی از نظریه ها استفاده می شوند که شاهد آن زمان، آنها را حمایت می کرد، همواره ارجاع می هند؛ اتر به میدان الکترومغناطیسی ارجاع می دهد (ibid).

مهمترین اشکاالیکه لیدیمن و راس در مورد دیدگاه سیلوس وارد می کنند این است که مفهوم اساسی (essential) که فوقاً به آن اشاره شد «مبهم‌تر از آن است که تمایزی اصولی میان گرایش های معرفتی (epistemic attitude) ما به بخش های مختلف نظریه ها برقرار سازد»(ibid).

همچنین، به نظر آنها مشکل راهبرد (II) این است که این راهبرد خلق الساعه (ad hoc) است. «به علاوه به نظر می رسد جداسازی موفقیت تجربی از الزامات هستی شناختی

مشروح به صورتی که نظریه توصیف می کرده، به جای اینکه از واقع گرایی حمایت کند آن را تضعیف می سازد» مساله دیگری که آنها به آن اشاره می کنند این است که طرح سیلوس واجد این معنا است که « فرضیه مورد بحث نمی تواند با جایگزین های بالقوه تبیینی واجد انگیزه های مستقل و غیر خلق الساعه تعویض گردد» (ibid).

اما رویکرد دوم در پاسخ به فرا استقرای بدبینانه، رویکرد فیلسوفانی چون لوئیس(Lewis, 2001) و مارک لنگ (Lange, 2002)است که استدلال لائودن را به لحاظ صوری دچار مشکل می بینند و آن را نوعی «مغالطه نرخ پایه» (base rate fallacy) می دانند.

به همین دلیل، در اینجا صورت بندی دیگری از این برهان را که به شکل استقرایی نیست بیان می کنیم. این صورت بندی نشان می دهد که حتی اگر اشکالات لوئیس و لنگ را بپذیریم[۲] صرفاً به روش فوق (رویکرد لوئیس و لنگ) نمی توان از واقع گرایی در مقابل برهان مبتنی بر تغییر نظریه (گونه غیر استقرایی آن) دفاع کرد. نسخه غیر استقرایی فوق الذکر به صورت زیر است:

« الف) ارجاع موفق عبارات نظری محوری نظریه، شرطی ضروری برای صدق تقریبی آن است.

ب) مثال هایی از نظریه ها وجود دارد که بالغ اند و واجد موفقیت پیش بینی بدیع (novel predictive success) هستند، اما عبارات نظری آنها ارجاع نمی دهند.

ج) صدق تقریبی و موفقیت ارجاعی عبارات نظری محوری شرطی ضروری برایموفقیت پیش بینی بدیع نظریه های علمی نیست» (Ladyman, Ross, et al., 2007: 84).

همچنین باید توجه داشت که ممکن است نسخه لائودن از این برهان دارای اشکال باشد ولی بتوان نسخه های دیگری از برهان را صورت بندی کرد که در آنها این اشکالات وجود نداشته باشد. بنابراین به نظر می رسد که گزینه مناسب تر ارائه تقریری ازواقع گرایی است که در آن هویات(ساختاری) نظریه های پیشین در نظریه های بعدی حفظ شود.به این ترتیب، با اینکه واقع گرایان استاندارد(غیر ساختارگرا) پاسخ هایی به فرا استقرای بدبینانه داده اند ولی این پاسخ ها اشکالاتی دارد که به عمده آنها در بالا اشاره شد.

آنچه لازم است این است که تبیینی از تغییر نظریه ها بدهیم که در آن اولاً به نحوی هویات نظریه های پیشین ارجاع دهند و البته این ارجاع به صورتی نباشد که همچون تبیین هاردین و روزنبرگ ارجاع را امری بی اهمیت سازد همچنین همچون مفهوم اساسی

سیلوس ابهام نداشته باشد و نهایتاً اینکه تبیینی خلق الساعه ارائه ندهد. به نظر می رسد که واقع گرایی ساختاری بتواند این موارد را برآورده سازد.

واقع گرایان ساختاری معتقد هستند که آنچه موجب تعهد واقع گرایانه ما به نظریه های علمی می گردد، حفظ ساختار های مشترک در نظریه های متوالی است. «پیوستگی یا انباشت در تغییر [نظریه ها]، وجود داشته اما این پیوستگی به شکل صورت یا ساختار بوده است نه محتوا» (Worrall, 1989: 117).

این باوری است که هم واقع گرایان ساختاری معرفتی (epistemic structural realism) به آن باور دارند و هم واقع گرایان ساختاری هستی شناختی (ontic structural realism). به طور غیر دقیق می توان گفت که در واقع گرایی ساختاری معرفتی باور بر این است که ما تنها به ساختار جهان معرفت داریم (Worrall,1989)، در حالی که در واقع گرایی ساختاری هستی شناختی باور بر این است که آنچه وجود دارد ساختار است (برای ملاحظه چیستی این رویکرد و برخی پاسخ ها به اشکالات وارد شده به آن به (French, Ladyman, 2011) مراجعه کنید).

می توان گفت (به طور کلی و نه چندان دقیق) ادعای واقع گرایان ساختاری این است که نظریه های علمی ساختار های جهان را برای ما بازنمایی می کنند و این ساختارها (آنچه در بازنمایی ارائه می شود) در نظریه های متوالی توسعه می یابد. به این ترتیب، به عنوان مثال، وقتی که نظریه ای (بالغ و موفق) هویتی مانند اتر پیشنهاد می کند، تعهد واقع گرایانه (تعهد معرفتی برای واقع گرای ساختاری معرفتی و تعهد معرفتی به علاوه تعهد هستی شناختی برای واقع گرای ساختاری هستی شناختی) به ساختاری است که در نظریه از آن به عنوان اتر تعبیر می شود. این ساختار، در نظریه های بعدی باقی می ماند، بنابراین پس از صورت بندی مناسب نظریه ها ساختارهای اصلی نظریه که موجب موفقیت نظریه هستند مشخص می شود و می توان نشان دادکه این ساختارها در نظریه های بعدی حفظ شده‌اند.

۴. واقع‌گرایی ساختاری

در مورد واقع گرایی ساختاری نکته مهم این است که ساختاری که در تغییر نظریه های علمی حفظ می شود و باقی می ماند چه خصوصیتی دارد. این پرسش را می توان هم از منظر چیستی نوع خود ساختار مطرح کرد و هم از منظر چگونگی بقا و حفظ آن.

از منظر چگونگی بقا و حفظ ساختار دو تلقی را می توان از هم بازشناسی کرد: نخست تلقی ای که در آن باور بر این است که ساختار مشترکی که در گذار از نظریه ای بـه نظریـه دیگر، باقی می ماند در گذار از نظریه کنونی به نظریه بعدینیز، باقی مـی مانـد و بـه عـلاوه ساختار آن توسعه می یابد(یا در بدترین حالت ثابت می ماند). فـرض کنیـد سـاختارA کـه متعلق به نظریه T_1 است درگذاراز نظریه علمی T_1 به T_2 باقی بمانـد، در ایـن صـورت، در فرآیند پیشرفت علمی که در آن نظریه علمـی، از T_2 بـه T_3 تغییـر مـی یابـد، Bدر T_3 بـاقی می‌ماند که A را دربر دارد(A زیر ساختاری از آن است)یا حداقل معادل آن است.

در این میان، می توان تلقی دومی هم داشت و آن اینکه خود این ساختار مشـترک هـم می تواند تغییر کند و طی فرآیند تحول علمی متحول خواهد بود. به نظر نگارنده این قسـم دوم قادر نیست که با دلایل واقع گرایان برای اتخاذ رویکـرد واقـع گرایانـه همسـاز شـود. بنابراین، به نظر می رسد که واقع گرای ساختاری بایـد تلقـی اول را بپـذیرد (تبیـین دقیـق چرایی این مطلب خود نیازمند نوشته ای جداگانه است که هدف اصلی این مقاله نیست).

اما در حالت اول، واقع گرایان باید معین کنند که به چه نوع ساختاری متعهد می شـوند و همچنین باید در نظریه های مختلف این ساختار مشترک را معین کننـد. بنـابراین، پـروژه بزرگ واقع گرایی ساختاری این است که به صورت مورد به مورد و با مطالعه موردی نشان دهد که در دو تحول علمی عمده (دو تغییر پارادایم) ساختاری حفظ شده و بـر آن افـزوده شده (یا حداقل ثابت مانده) است.

برای اینکه این امر به درستی تحقق پذیرد اغلب نیاز است که صورت بندی مناسـبی از نظریه علمی داشته باشیم تا بتوانیم ساختارهای مشابه و یکسان نظریه های مختلف را با هم مقایسه کنیم؛ زیرا در برخی موارد صورت بندی استاندارد نظریه های علمـی بـرای روشـن شدن این موضوع مناسب نیست.

به عنوان مثال، صورت بندی معمولی مکانیک نیـوتنی در فضـای سـه بعـدی اقلیدسـی صورت می گیرد، که در آن مختصات سه بعدی برای بیان مکان این ذرات استفاده می شود و سرعت و شتاب (مطلق) آنها هم بر اساس عمل مشتق گیری از توابع مکان نسبت به زمان معین می شوند. رفتار دینامیکی ذرات را قوانین نیوتن معین می کننـد کـه معادلـه حرکـت ذرات را نتیجه می دهد. این معادلات، تنها در چارچوبهای لخت صادق هستند؛ به عبـارت دیگر،قوانین نیوتن، در چارچوبهای شتاب دار صادق نیستند و این معادلات تحت تبدیلات مختصات هموردا (covariance) نیستند. به این ترتیب، این معادلات را نمی توان بـه شـکل مستقل از مختصات نوشت.

آنچه این مطلب را اهمیت می بخشد این است که، معادلات نسبیت عام که در فضـا – زمان چهار بعدی صورت بندی می شود دارای این ویژگی هستند که می تـوان آنهـا را بـه صـورت مسـتقل از مختصـات نوشـت؛ یعنـی، ایـن معـادلات همـوردای عـام (general covariance) هستند و اعتقاد بر این بوده است که تمایز نسبیت عام بـا نظریـه هـایی چـون مکانیک نیوتنی و نسبیت خاص در این ویژگی است. به این ترتیب، برای یک واقـع گـرای ساختاری این پرسش مطرح می شود که آیا مشخصه ساختارهایی که از مکانیک نیوتنی در نسبیت عام باقی مانده اند هموردای عام آنها است؟

اما کافی است که از صورت بندی چهار بعدی این معـادلات در فضـا – زمـان چهـار بعدی (که آن را با یک منیفلد یا خمینه نشان می دهند) استفاده کنیم و معادلات را در فضـا – زمان چهار بعدی صورت بندی کنیم تا معلوم شود که معادلات مکانیـک نیـوتنی را نیـز می‌توان به شکل مستقل از مختصات نوشت. در واقع، این امر در مـورد تمـام نظریـه هـای فیزیکی بالغ (مکانیک نیوتنی، الکترومغناطیس ماکسـول، نسـبیت خـاص و نسـبیت عـام) صادق است؛ یعنی، می توان آنها را، به یک معنا، به صورت هموردای عام نوشـت؛ و همـه این نظریه ها به طور بی اهمیتی واجد نوعی تقارن پیمانه ای (gauge symmetry) هستند. در مباحث فلسفی و بنیادین مربوط به نظریه های فضا –زمانی و علی الخصوص نسبیت عـام در مورد اینکه،هم وردایی عام، دقیقاً به چه معنا است اختلاف نظر زیاد است، با این حال بر سر دو موضوع توافق گسترده ای وجود دارد که ۱– هموردایی عام نسبیت عام را از نظریـه های پیشین متمایز نمی کند، به شرط اینکه نظریه های پیش از نسبیت عام به طریق مناسبی صورت بندی شده باشند و ۲– هم وردایی عام، به خودی خود دارای هیچ محتوای فیزیکی ای نیست (Suarez et al., 2010: 197) به این ترتیب، می توان چنین تصور کرد که هر نظریه ای که در فرآیند تحول علمی شکل خواهد گرفت ایـن نـوع تقـارن پیمانـه ای را خواهـد داشت و باید بتوان آن را به صورت مستقل از مختصات نوشت.

در واقع، این نوع از هم وردایی عام،یک نوع شرط ساختاری بی اهمیت روی معـادلات و همچنین مشاهده پذیرهایی است که نظریه های فیزیکی آن را برآورده می کنند(احتمـالاً تنها نظریه هایی که نتوان صورت بندی فضا – زمانی برای آنها در نظر گرفت قـادر نیسـتند این شرط را برآورده سازند مانند فیزیک ارسطویی). در این صورت، به عنوان مثـال، بـرای یافتن تمایز میان نظریه های نسبیت عام و مکانیک نیوتنی باید شرطی غیر از این نوع از هم وردایی عام برآورده شود، مثلاً شرطی که ارمن (Earman, 2006: 4) آن را شرط همـوردایی

عام جوهری (substantive general covariance)می نامد یا اینکه این تمایز با تعریف مفهوم شیء مطلق، که می توان آن را رویکرد اندرسون - فریدمن نامید،-56 :Friedman, 1983) (61مشخص شود. هنگامی کهمفهوم شیء مطلق تعریف شد می توان با معرفی رابطه ای هم ارزی به نام هم ارزیD،(ibid: 57-59)که مشخص کننده اشیای مطلق نظریه است، تمایز نسبیت عام را با نظریه های دیگر معین کرد. به این طریق که چون نسبیت عام هیچ شیء مطلقی ندارد(البته در این امر مناقشه شده است، با این حال، فرض کنید که این وضعیت برقرار است) ولی در نظریه های دیگر نظیر مکانیک نیوتنی و نسبیت خاص شیء مطلق وجود دارد؛ مثل متریک مینکوفسکی در نسبیت خاص، نسبیت عام با این نظریه ها به این معنی متمایز است و توسعه ساختار در جهت حذف اشیای مطلق پیش رفته است. به این ترتیب، مشخص می شود که برای بررسی روابط ساختاری، صورت بندی مناسب نظریه ها بسیار اهمیت دارد.

در ادامه مقاله ابتدا معنای دقیق توسعه یک ساختار را معرفی می کنیم،پس از آن به بررسی مثالی مهم از فیزیک نظری، یعنی رابطه میان فیزیک نیوتنی و نظریه نسبیت خاص، می پردازیم. می کوشیم نشان دهیم شروطی که در تعریف توسعه یک ساختار ارائه داده ایم، در این مورد برقرار است. البته باید توجه داشت که در اینجا تنهابه رابطه میان جبر های نظریه ها، که مبین سینماتیک نظریه ها است، پرداخته خواهد شد و بررسی رابطه میان دینامیک نظریه ها مقاله ای جداگانه می طلبد. همچنین عمده مطالب به بیان حفظ ساختارها تعلق خواهد داشت. بررسی توسعه ساختارها نیز، که نیازمند بررسی حداقل سه نظریه است، مجال دیگری می طلبد.

۱.۴ تعریف توسعه یک ساختار

ساختار $\mathcal{A} = \langle A, R_i\rangle_{i\in I}$ را توسعه ساختار $\mathcal{B} = \langle B, R_j'\rangle_{j\in J}$ می نامیم هر گاه شروط زیر برقرار باشد:

۱. تابعی چون $F: B \to F(B) \subseteq A$ وجود داشته باشد که دوسویی باشد.

۲. به ازای هر R_j iایعضو Iوجود داشته باشد، به طوری که تابع زیر یکسانی (isomorphism) باشد[۳]:

$$f_j: R_j' \to f_j(R_j') \subset R_i$$
$$f_j((x,y)) = (F(x), F(y))$$

$$\text{so if } (x, y) \in R_j' \text{ then} (F(x), F(y)) \in R_i$$

به عنوان مثال، در نظریه نسبیت خاص گروه تبدیلاتی که تحت آنها قوانین نظریه صادق هستند؛ یعنی گروه تقارنی نظریه (symmetry group) گروه پوانکاره(Poincare group)است. این گروه، که خود یک گروه لی (Lie group)است، دارای یک نمایش یکانی (unitary representation) است؛ یعنی این گروه را با عملگرهای یکانی که روی فضای هیلبرت حالات سیستم اثر می کنند، نمایش می دهند[۴].عملگرهای این نمایش را می توان به صورت بسط مولدهای گروه لی، که خود عملگرهای هرمیتی و یکانی هستند، به صورت زیر نشان داد[۵]:

$$U(I + \omega, \epsilon) = I + \frac{1}{2} i\omega_{\mu\nu} J^{\mu\nu} - i\epsilon_{\mu} P^{\mu} + \ldots \quad (1)$$

$J^{\mu\nu}$ ها و P^{μ} ها مولد های گروه هستند، که خود عملگرهای هرمیتی و یکانی اند. این مولدها روابط جابجایی زیر را برآورده می کنند:

$$i[J^{\mu\nu}, J^{\rho\sigma}] = \eta^{\nu\rho} J^{\mu\sigma} - \eta^{\mu\rho} J^{\nu\sigma} - \eta^{\sigma\mu} J^{\rho\nu} + \eta^{\sigma\nu} J^{\rho\mu} \quad (2)$$

$$[P^{\mu}, J^{\rho\sigma}] = \eta^{\mu\rho} P^{\sigma} - \eta^{\mu\sigma} P^{\rho} (3)$$

$$[P^{\mu}, P^{\rho}] = 0 \quad (4)$$

این جبر لی گروه پوانکاره است. این جبر را می توان به صورت زیر نوشت:

$$[J_i, J_j] = i\epsilon_{ijk} J_k \quad (6)$$

$$[J_i, K_j] = i\epsilon_{ijk} K_k \quad (7)$$

$$[K_i, K_j] = -i\epsilon_{ijk} J_k \quad (8)$$

$$[J_i, P_j] = i\epsilon_{ijk} P_k \quad (9)$$

$$[K_i, P_j] = iH\delta_{ij} \quad (10)$$

$$[J_i, H] = [P_i, H] = [H, H] = 0 \quad (11)$$

$$[K_i, H] = iP_i \quad (12)$$

با داشتن این روابط، به روشی که آن را ادغام اینونو–ویگنر (Inonu – Wigner contraction) می نامند، نشان می دهیم که جبر گالیله ای حالت خاصی از جبر پوانکاره است؛ یعنی،جبر پوانکاره پایدار شده (stabilized) جبر گالیله ای است. «ادغام» و «تغییر شکل» فرآیندهای عکس یکدیگرند در ادغام شما از یک جبر پایدارتر شده به جبر ناپایدارتر می رسید و درتغییر شکل از جبر ناپایدارتر به جبر پایدارتر می رسید.

> به طور کلی، یک ساختار ریاضی را به ازای رده ای از تغییر شکل ها (deformations) پایدار(stable) (یا صلب) می گویند، اگر هر تغییر شکلی در این رده به یک ساختار معادل (یکریخت) منتهی شود. اندیشه پایداری ساختارها یک اصل راهنما برای آزمون اعتبار یا نیاز برای تعمیم یک نظریه فیزیکی است. یعنی، اگر ساختار ریاضی یک نظریه داده شده پایدار نباشد، در آن صورت باید تلاش شود تا آن را تغییر شکل دهند تا در یک ساختار پایدار قرار گیرد (Mendes, 1994).

در روابط جابجایی اگر ثابت ساختاری صفر شود نشانه ناپایداری جبر است و در تغییر شکل تلاش می شود این ثوابت ساختارها را به ثوابت غیر صفر تبدیل کنند. به عنوان مثال در جبر گالیله ای که در زیر آورده شده است، ثابت ساختار در رابطه (۱۶) صفر است که می توان با فرآیند تغییر شکل آن را به صورت رابطه (۸) درآورد که ثابت ساختار غیر صفر دارد. به این معنا می توان ملاحظه کرد که برخی روابط ساختاری که در جبر گالیله ای وجود دارد در جبر پوانکاره حفظ شده است، مثل روابط (۱۴) و (۱۵). اینها ساختارهایی را معین می کنند که از نظریه پیشین (مکانیک نیوتنی) در نظریه بعدی (نسبیت خاص) حفظ شده است و بنا به آنچه پیش از این گفتیم در نظریه ای که بعد از نسبیت خاص مورد قبول واقع می شود هم باید حفظ شوند.

اگر بخواهیم با فرآیند ادغام از جبر پوانکاره جبر گالیله ای را نتیجه بگیریم می توان نشان داد که روابط(6) و (۷) به همان شکل باقی می مانند ولی در مورد روابط بعدی با در نظر گرفتن اینکه برای سیستمی از ذرات با جرم نوعی m و سرعت نوعی v عملگرهای اندازه حرکت و اندازه حرکت زاویه ای از مرتبه های$J\sim 1$و $P\sim mv$هستند وهمچنین اینکه عملگر انرژی هم به صورت $H = M + W$ است که در آنM نشان دهنده انرژی جرمی است و W نشان دهنده انرزی غیر جرمی (جنبشی و پتانسیل) است که مرتبه های آنها هم به صورت زیر است:

$M\sim m$ (13) و$W\sim mv^2$

می توان به روابط زیر رسید.

اگر $v \ll 1$باشد آنگاه

$$[J_i, J_j] = i\epsilon_{ijk}J_k \qquad (14)$$
$$[J_i, K_j] = i\epsilon_{ijk}K_k \qquad (15)$$
$$[K_i, K_j] = 0 \qquad (16)$$
$$[J_i, P_j] = i\epsilon_{ijk}P_k \qquad (17)$$

$$[K_i, P_j] = iM\delta_{ij} \qquad (18)$$

$$[J_i, W] = [P_i, W] = 0 \qquad (19)$$

$$[J_i, M] = [P_i, M] = [K_i, W] = [W, M] = 0 \qquad (20)$$

$$[K_i, W] = iP_i \qquad (21)$$

به عنوان مثال، رابطه (10) را در نظر بگیرید. در این صورت داریم:

$$[K_i, P_j] = iH\delta_{ij} = i(M + W)\delta_{ij}$$

با در نظر گرفتن $v \ll 1$ نتیجه خواهد شد که $mv^2 \ll m$ بنابراین $W \ll M$ پس

$$(M + W) \approx M \Rightarrow [K_i, P_j] = iM\delta_{ij}$$

از طرف دیگر از رابطه (11) داریم:

$$[J_i, H] = [J_i, M] + [J_i, W] = 0$$

اما $M = MI$ بنابراین با J_i جابجا می شود پس $[J_i, M] = 0$ و این یعنی:

$$[J_i, H] = [J_i, W] = 0$$

به همین ترتیب، می توان نشان داد که سایر روابط فوق هم از جبر پوانکاره برای حالت حدی ذکر شده قابل استخراج است و جبر گالیله ای نتیجه خواهد شد. اما این روش دقیقی برای بیان رابطه ساختاری جبر گالیله ای بـا جبـر پوانکـاره نیسـت. در بخـش (5)بـه طـور دقیقنشان می دهیم که چگونه زیر ساختاری[۶] ازجبـری چـون L_1(مـثلاً جبـر گالیلـه ای)در ساختار جبر لی دیگری چون L_2 (مثلاً جبر پوانکاره)حفظ می شود، به این معنـی کـه جبـر لی L_2پایدار شده(stabilized) جبر L_1است.

۵. رابطهٔ ساختاری جبرهای لی پایدارتر و ناپایدارتر

تعریف۱[۷]: یک جبر لی حقیقی یا مختلط با بعد متناهی چون L،فضایی بـرداری حقیقـی یـا مختلطاست به همراه نگاشتی چون [,]از $L \times L$ بهLکه دارای خواص زیر باشد:

۱- [,]دو خطی (bilinear) باشد.

۲- [,] پادمتقارن است؛ یعنی به ازای I و J عضوLباشد، آنگاه $[I, J] = -[J, I]$

۳- تساوی ژاکوبی برقرار باشد:

$$[I,[J,K]]+[K,[I,J]]+[J,[K,I]]=0$$

تعریف۲: یک زیر جبر از جبر لی حقیقی یا مختلطی چون L، زیر فضایی چون H از L است به طوری که به ازای هر I_1 و I_2 که عضو H باشند رابطه $[I_1,I_2]\in H$ برقرار باشد.

پس اگر ما نشان دهیم که جبر لی نظریه ای چون T زیر جبری از جبر لی نظریه بعدی چون T' است، در واقع حفظ ساختار نظریه پیشین را در نظریه جدید نشان داده ایم چون به روشنی می توان طبق تعرفی که در بالا ارائه شد نشان داد که ساختار نظریه بعدی توسعه ساختار نظریه بعدی است.

اکنون به بیان روشی که در آن از جبر لی پایدارتر می توان جبر لی ناپایدارتر را بدست آورد، می پردازیم. نشان می دهیم که چگونه می توان ساختاری مشترک بین دو جبر یافت. این کار به روش ادغام اینونو–ویگنر انجام می دهیم(Inonu, Wigner, 1953). باید توجه داشت، همان طور که پیش از این گفتیم، در فرآیند ادغام یا فرآند معکوس آن تغییر شکل (deformation) فضای برداری تغییر نمی کند؛ یعنی تعداد مولدها ثابت می ماند و این به معنی آن است که پایه ثابت است و به عنوان ساختار فضای برداری هر دو جبر یک ساختار دارند، و این خود یک نوع حفظ ساختار است.

چون ما در اینجا با گروه های لی سر و کار داریم هر عضو گروه را می توان بر حسب پارامترهای گروه نوشت؛ یعنی اگر $I\epsilon L$ باشد آنگاه:

$$I=g(a^1,\dots,a^n)$$

که در آن a^i پارمترهای گروه لی هستند.

فرض کنید که $I_i\in L$ و $I_j\in L$ بنابراین $[I_i,I_j]\in L$ و این یعنی

$$[I_i,I_j]=C_{ij}^k I_k \quad (22).$$

در این صورت تابع F را به صورت زیر در نظر بگیرید.

$$F: L\longrightarrow L$$
$$J_\mu\equiv F(I_i)=\sum_i I_i U_\mu^i \ ;\ U_\mu^i=u_\mu^i+\epsilon w_\mu^i,\ \ 0<\epsilon<\epsilon_0 \quad (23)$$

ماتریس های u و w را می توان به شکل نرمال نوشت. یعنی، اگر ماتریس های تبدیل α و β باشند به شکل $\beta u\alpha^{-1}$ و $\beta w\alpha^{-1}$ نوشته می شوند. واضح است که این تابع خطی است؛ زیرا:

$$F(\alpha I_i + \beta I'_i) = \sum_i (\alpha I_i + \beta I'_i) U^i_\mu = \alpha \sum_i I_i U^i_\mu + \beta \sum_i I'_i U^i_\mu = \alpha F(I_i) + \beta F(I'_i)$$

که تبدیل متناظر آن برای پارامترهای گروه به صورت زیر است:

$$a^i = \sum_i U^i_\mu b^\mu$$

در اینجا، ماتریس های u و w به صورت زیرند:

$$u = \begin{pmatrix} \mathcal{I} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \text{و} w = \begin{pmatrix} v & 0 \\ 0 & \mathcal{I} \end{pmatrix}$$

که در آن $\mathcal{I}$ ماتریس واحد است[۸].

فرض کنید که رتبه(rank)ماتریس u^i_v،rباشد.در این صورت L را می توان با تبدیل فوق به صورت جمع مستقیم دو زیر جبر L' و بعدی L'' به صورت زیر نوشت:

$$L = L' \oplus L''$$

$$J_\mu = \sum_i I_i U^i_\mu = I_i \begin{pmatrix} \mathcal{I} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}^i_\mu + I_i \begin{pmatrix} v & 0 \\ 0 & \mathcal{I} \end{pmatrix}^i_\mu$$

$$I_i = \begin{pmatrix} I_1 & 0 \\ 0 & I_2 \end{pmatrix}_i \Longrightarrow J_\mu = \begin{pmatrix} I_1 & 0 \\ 0 & I_2 \end{pmatrix}_i \begin{pmatrix} \mathcal{I} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}^i_\mu + \begin{pmatrix} I_1 & 0 \\ 0 & I_2 \end{pmatrix}_i \begin{pmatrix} v & 0 \\ 0 & \mathcal{I} \end{pmatrix}^i_\mu$$
$$= \begin{pmatrix} I_{1i} & 0 \\ 0 & I_{2i} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathcal{I}^i_\mu & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + \epsilon \begin{pmatrix} I_{1i} & 0 \\ 0 & I_{2i} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v^i_\mu & 0 \\ 0 & \mathcal{I}^i_\mu \end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} I_{1i}\mathcal{I}^i_\mu & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon I_{1i} v^i_\mu & 0 \\ 0 & \epsilon I_{2i}\mathcal{I}^i_\mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{1\mu} + \epsilon I_{1i} v^i_\mu & 0 \\ 0 & \epsilon I_{2\mu} \end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} J_{1\mu} & 0 \\ 0 & J_{2\mu} \end{pmatrix}$$

در ماتریس $\begin{pmatrix} I_{1\mu} + \epsilon I_{1i} v^i_\mu & 0 \\ 0 & \epsilon I_{2\mu} \end{pmatrix}$ قسمت بلوک قطری بالا؛ یعنی $I_{1i}\mathcal{I}^i_\mu + \epsilon I_{1i} v^i_\mu$ داری r مولد است و بقیه ماتریس ها در جمع بندی i،که از ۱ تا n است، صفرند به همین ترتیب قسمت بلوک قطری پایین؛ یعنی $\epsilon I_{2\mu}$،دارای n-rمولد در جمع بندی است و بقیه ماتریسها در این جمع بندی صفر است. یعنی، در اینجا شاهد جمع مستقیم ماتریس ها هستیم. پس دو جبر مجزا داریم یکی با r مولد و دیگری با n-r مولد.بنابراین می توانیم بر اساس این دو مجموعه مولد رابطه تبدیل (23) را به صورت زیر بنویسیم:

$$J_{1\mu} = I_{1\mu} + \epsilon \sum_{\upsilon=1}^{r} v_{\nu\mu} I_{1\nu} \quad ; (\mu = 1,2,\dots,r) \quad (24)$$

$$J_{2\mu} = \epsilon I_{2\mu} \qquad ; (\mu = 1,2,\dots,n-r) \quad (25)$$

در این صورت (22) را می توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$\left[I_{\alpha\mu}, I_{\beta\nu}\right] = \sum_{k=1}^{r} C^{1k}_{\alpha\mu,\beta\mu} I_{1k} + \sum_{k=1}^{n-r} C^{2k}_{\alpha\mu,\beta\mu} I_{2k} \quad (26)$$

که در آن α و β اندیسهایی که مقادیرشان یا ۱ است یا ۲.

بنابراین

$$\left[J_{1\mu}, J_{1\nu}\right] = \left[I_{1\mu}, I_{1\nu}\right] + \epsilon\left(v_{\mu\mu'}\delta_{\nu\nu'} + v_{\nu\nu'}\delta_{\mu\mu'} + v_{\mu\mu'}v_{\nu\nu'}\right)\left[I_{1\mu'}, I_{1\nu'}\right] \quad (27)$$

از رابطه (26) می توانیم جملات سمت راست رابطه فوق را بدست آوریم:

$$\left[I_{1\mu}, I_{1\nu}\right] = \sum_{k=1}^{r} C^{1k}_{1\mu,1\nu} I_{1k} + \sum_{k=1}^{n-r} C^{2k}_{1\mu,1\nu} I_{2k}$$

اما از رابطه (24) و (25) داریم

$$I_{1k} = J_{1k} - \epsilon \sum_{\upsilon=1}^{r} v_{\nu k} I_{1\nu} \text{ و } I_{2k} = \frac{J_{2k}}{\epsilon}$$

در نتیجه:

$$\left[I_{1\mu}, I_{1\nu}\right] = \sum_{k=1}^{r} C^{1k}_{1\mu,1\nu}\left(J_{1k} - \epsilon \sum_{\upsilon=1}^{r} v_{\nu k} I_{1\nu}\right) + \sum_{k=1}^{n-r} C^{2k}_{1\mu,1\nu} \frac{J_{2k}}{\epsilon}$$

به این ترتیب، رابطه (27) به صورت زیر می شود:

$$\left[J_{1\mu}, J_{1\nu}\right] = \sum_{k=1}^{r} C^{1k}_{1\mu,1\nu} J_{1k} - \epsilon \sum_{k=1}^{r} C^{1k}_{1\mu,1\nu} \sum_{\upsilon=1}^{r} v_{\nu k} I_{1\nu} + \sum_{k=1}^{n-r} C^{2k}_{1\mu,1\nu} \frac{J_{2k}}{\epsilon} + \epsilon\left(v_{\mu\mu'}\delta_{\nu\nu'} + v_{\nu\nu'}\delta_{\mu\mu'} + v_{\mu\mu'}v_{\nu\nu'}\right)\left[I_{1\mu'}, I_{1\nu'}\right]$$

اما اگر از عبارت فوق وقتی ϵ به صفر میل می کند حد بگیریم، جملات دوم و چهارم سمت راست آن صفر می شوند و برای اینکه این عبارت حد داشته باشد بایـد ثابـت هـای ساختار در جمله سوم؛ یعنی، $C^{2k}_{1\mu,1\mu}$ ها همگی صفر شوند. بنابراین:

$$\left[J_{1\mu}, J_{1\nu}\right] = \sum_{k=1}^{r} C^{1k}_{1\mu,1\nu} J_{1k} \quad (28) \quad , \qquad C^{2k}_{1\mu,1\nu} = 0 \quad (29)$$

اگر این گونه باشد ثابت های ساختار $c^{\gamma k}_{\alpha\mu,\beta\nu}$ به مقادیر متناهی میل خواهند کرد (Inonu, Wigner, 1953).

پس:

$$c^{1k}_{1\mu,1\nu} = C^{1k}_{1\mu,1\nu} \;\;,\;\; c^{1k}_{1\mu,1\nu} = C^{1k}_{1\mu,1\nu} = 0 \;,\; c^{2k}_{1\mu,2\nu} = C^{2k}_{1\mu,2\nu}$$
$$c^{1k}_{2\mu,2\nu} = c^{2k}_{2\mu,2\nu} = 0 \;\;,\;\; c^{1k}_{1\mu,2\nu} = 0$$

به این ترتیب، وقتی که $\epsilon \longrightarrow 0$ تابع F،که تابعی خطی است، و با رابطه (23) تعریف شده استجبر $L = L'\oplus L''$ را به جبر L' تبدیل می کند که در آن رابطه جابجایی (22) به (28) تبدیل می شود و بعد جبر هم r است؛ یعنی این یک همسانی است که بین جبر L و جبر L' است؛ زیرا:

$$F([I_i\,,I_j]) = F(C^k_{ij}I_k) = C^k_{ij}F(I_k) = C^k_{ij}J_k = C^k_{ij}\begin{pmatrix} J_{1k} & 0 \\ 0 & J_{2k} = \epsilon I_{2k}\end{pmatrix}$$

که وقتی $\epsilon \longrightarrow 0$ عبارت فوق برابر می شود با:

$$\lim_{\epsilon\longrightarrow 0} F([I_i\,,I_j]) = \lim_{\epsilon\longrightarrow 0} C^k_{ij}\begin{pmatrix} J_{1k} & 0 \\ 0 & J_{2k} = \epsilon I_{2k}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C^k_{ij}J_{1k} & 0 \\ 0 & 0\end{pmatrix} \quad (30)$$

از طرف دیگر:

$$([F(I_i)\,,F(I_j)\,]) = ([J_\mu\,,J_\nu]) = \left[\begin{pmatrix} J_{1\mu} & 0 \\ 0 & J_{2\mu}\end{pmatrix},\begin{pmatrix} J_{1\nu} & 0 \\ 0 & J_{2\nu}\end{pmatrix}\right]$$

پس:

$$\lim_{\epsilon\longrightarrow 0}([F(I_i)\;\;,F(I_j)\,]) = \left(\left[\lim_{\epsilon\longrightarrow 0}F(I_i)\;\;,\lim_{\epsilon\longrightarrow 0}F(I_j)\,\right]\right)$$
$$= \lim_{\epsilon\longrightarrow 0}\begin{pmatrix} [J_{1\mu}\,,J_{1\nu}] & 0 \\ 0 & [\epsilon I_{2\mu},\epsilon I_{2\nu}]\end{pmatrix} = \begin{pmatrix} [J_{1\mu}\,,J_{1\nu}] & 0 \\ 0 & 0\end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} C^{1k}_{1\mu,1\nu}J_{1k} & 0 \\ 0 & 0\end{pmatrix} \quad (31)$$

می توان نشان دادکه به ازای J_{1k} که در آن $k = (1,\dots,r)$ است، $C^k_{ij} = C^{1k}_{1\mu,1\nu}$. ، این تساوی را می توان به طریق زیر نشان داد(توجه کنید که در اینجا اگر جمع بندی روی اندیسی لزوماً تا n نباشد، حد جمع بندی به طور صریح نشان داده خواهد شد، پس اگر حد جمع بندی عنوان نشود به معنی آن است که حد جمع n است.

$$[I_i\,,I_j]=\left[\begin{pmatrix}I_1 & 0\\ 0 & I_2\end{pmatrix}_i,\begin{pmatrix}I_1 & 0\\ 0 & I_2\end{pmatrix}_j\right]=\left[\begin{pmatrix}I_{1i} & 0\\ 0 & I_{2i}\end{pmatrix},\begin{pmatrix}I_{1j} & 0\\ 0 & I_{2j}\end{pmatrix}\right]=\begin{pmatrix}[I_{1i},I_{1j}] & 0\\ 0 & [I_{2i},I_{2j}]\end{pmatrix}$$

$$=\begin{pmatrix}\sum_{k=1}^{r}C_{1i,1j}^{1k}I_{1k} & 0\\ 0 & \sum_{k=1}^{n-r}C_{1i,1j}^{2k}I_{2k}\end{pmatrix}=C_{ij}^{k}\begin{pmatrix}I_1 & 0\\ 0 & I_2\end{pmatrix}_k$$

$$=\begin{pmatrix}\sum_{k=1}^{r}C_{ij}^{k}I_{1k} & 0\\ 0 & \sum_{k=1}^{n-r}C_{ij}^{k}I_{2k}\end{pmatrix}$$

پس: $C_{1i,1j}^{1k}=C_{ij}^{k}$ که در آن $k=(1,\dots,r)$.

به این ترتیب، از (30) و (31) نتیجه می شود که:

$$\lim_{\epsilon\to0}F([I_i\,,I_j])=\left(\left[\lim_{\epsilon\to0}F(I_i)\ ,\lim_{\epsilon\to0}F(I_j)\right]\right)$$

پس $\phi(I_i)=\lim_{\epsilon\to0}F(I_i)$ همسانی از L به L'[9] اسـت. اکنـون تـابعی از $L'\approx\lim_{\epsilon\to0}F(L)$[10] بـه L تعریف می کنیم به صورت $\psi(L')\ L'\longrightarrow$ که یکسانی باشد.

$$\psi(J_{1\mu})=\begin{pmatrix}J_{1\mu} & 0\\ 0 & 0\end{pmatrix}$$

واضح است که این تابع یک به یک است؛ زیرا:

$$\text{if}\,\psi(J_{1\mu})=\psi(J_{1\nu})\,\text{then}\begin{pmatrix}J_{1\mu} & 0\\ 0 & 0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}J_{1\nu} & 0\\ 0 & 0\end{pmatrix}\Longrightarrow J_{1\mu}=J_{1\nu}$$

توجه به یک نکته مهم در اینجا ضروری است و آن اینکه به این معنا جبر L توسعه جبر L'استو این ساختار باید در نظریه های متوالی حفظ شود.

۶. نتیجه‌گیری

در این مقاله راه حل های مختلف به فرا استقرای بدبینانه را (به طور اجمال) بررسی کردیم. با توجه به پاسخ های مختلف واقع گرایان ساختاری به نظر می رسد که بهترین گزینه برای دفاع از واقع گرایی علمی و ارائه تبیین معقول از نظریه های علمی، واقع گرایـی سـاختاری باشد. نکته مهمی که در مورد این دیدگاه وجود دارد این است که ادعای واقع گرایی علمی

ساختاری، خود می تواند در معرض آزمون قرار گیرد؛ به این صورت که در حوزه های مختلف علمی (مثل فیزیک، بیولوژی، شیمی و ...) نظریه های علمی بالغ و موفق متوالی را با یکدیگر قیاس کنیم و ببینیم آیا اولاً در گذار از نظریه علمی T_1 به T_2 ساختاری چون A باقی می ماند؟ و ثانیاً در گذار از T_2 به T_3 ساختاری چون B در T_3 وجود خواهد داشت که A را دربرداشته باشد یا حداقل معادل آن باشد؟ در این مقاله، عمدتاً، سعی شد در مورد مکانیک نیوتنی و نسبیت خاص شرط اول این آزمون بررسی شود و معلوم شود که آیا این وضعیت بر قرار است؟ دیدیم که پاسخ این پرسش مثبت است. البته استخراج روابط جزئی تر میان مکانیک نیوتنی و نسبیت خاص (چه از منظر گروه های تقارنی آنها چه به لحاظ ساختار هندسی آنها) و مقایسه بین سه نظریه متوالی مکانیک نیوتنی، نسبیت خاص و نسبیت عام مجالی بسیار بیش از این می طلبد که در مقالاتی جداگانه به آنها پرداخته خواهد شد.

پی‌نوشت‌ها

۱. که توسل کلی به استنتاج بر اساس بهترین تبیین است

۲. به عنوان مثال، ساتسی (Saatsi) در مقاله (2005) خود می کوشد تا شأن استقرای بدبینانه را با یادآوری هدف اصلی این استدلال، دوباره بنا نهد تا به این طریق برنامه واقع گرایان را مبنی بر تضعیف مقدمات استدلال فرا استقرای بدبینانه موجه سازد(Saatsi, 2005).

۳. البته روشهای دیگری هم وجود دارد که بتوان از توسعه یک ساختار استفاده کرد(که به این روش نزدیک هستند) مثل روش داکوستا (Da Costa) و فرنچ (French) در استفاده از ساختارهای جزئی (partial structure)۳یا روشی که ردهد(Redhead) برای تعریف تغییر ساختارها بر اساس پارامتری پیوسته معرفی کرده (Redhead, 2001: 86) و اصلاحی که وتسیس (Votsis) در آن با اضافه کردن پارمترهای به طور جزئی ناپیوسته اعمال کرده است (Votsis, 2011: 105-117).

۴. در واقع به زبان نظریه گروها یک نمایش یکانی تابعی است از گروهی چون G به مجموعه عملگرهای یکانی فضای هیلبرتی چون $\mathcal{H}$ که به صورت زیر است:

$$G \to \mathfrak{U}(\mathcal{H})$$
$$g \mapsto U$$
$$h(g) = U_g$$
$$h(g_1 g_2) = U_{g_1} U_{g_2}$$

۵. مرجع مطالب این بخش کتاب (Weinberg, 1996)است.

۶. باید توجه داشت که زیر ساختار می تواند با خود ساختار مساوی نیز باشد.

۷ مراجعه شود به کتاب (Hall, 2015: 49).

۸. در ادامه از قاعده اینشتین پیروی می کنیم؛ یعنی روی اندیسهای تکراری به جمع‌بندی صورت می گیرد.

۹. برای نشان دادن همسانی بودن یک شرط دیگر هم لازم است و آن اینکه نشان دهیم این تابع خطی است که ابتدا این کار را انجام دادیم.

۱۰≈. به معنی یکسان بودن دو مجموعه است.

کتاب‌نامه

Chakravartty, A. (2007) A Metaphysics for Scientific Realism. Cambridge: Cambridge UniversityPress.

Chakravartty, A. (2017). Scientific Realism, https://plato.stanford.edu/entries/scientific-realism/.

Earman, J. (2006). The implications of general covariance for the ontology and ideology of spacetime. See Dieks (2006): 3–24.

Esfeld, M.(2006). The controversial relationships between science and philosophy: a critical assessment, Vatican City: in GennaroAuletta (ed.), LibreriaEditriceVaticana, pp. 251–275.

French, S. and Ladyman, J.,2011. "In Defence of Ontic Structural Realism," in A. Bokulich and P. Bokulich (eds.) 2011, pp. 25–42.

Friedman, M.(1983). Foundations of Spacetime Theories: Relativistic Physics and Philosophy of Science. Princeton: Princeton University Press.

Hall, B. (2015). Lie Groups, Lie Algebras, and Representations. An Elementary Introduction, Dordrecht: Springer.

Hardin, C. L. and Rosenberg, A. (1982). In defence of convergent realism. Philosophy of Science 49: 604–15.

Inonu, E. and Wigner, E. P. (1953).On the Contraction of Groups and Their Representations, Proc. Natl. Acad. Scie. (U.S.A.) 39, 510-524.

Kitcher, P. (1993). Advancement of science: Science without legend, objectivity without illusions. Oxford: Oxford University Press.

Ladyman, J., Ross, D., et al. (2007) Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized. Oxford: Oxford University Press.

Leplin, J. (1984). Scientific Realism, Berkley, Los Angeles, London: University of California Press.

Lange, M. (2002). Baseball, pessimistic inductions and the turnover tallacy. Analysis, 62(4), 281-285.

Laudan, L. (1984) 'Discussion: Realism Without the Real', Philosophy of Science 51: 156–62.

Leplin, J. (1997) A Novel Defense of Scientific Realism, Oxford University Press, Oxford.

Lewis, P. J. (2001). Why the pessimistic induction is a fallacy. Synthese, 129, 371-380.

Mendes. R.Vilela. (1994) Deformations, stable theories and fundamental constants,I. Phys. A. Math. Gen. 27, 8091-8104.

Papineau, D. (1996). Introduction. In D. Papineau (Ed.), The philosophy of science (pp. 1-20). Oxford: Oxford University Press.

Psillos, S. (1996). On van Fraassen's critique of abductive reasoning. Philosophical Quarterly46: 31–47.

________ (1999) Scientific Realism : How Science Tracks Truth,(London and New York:Routledge).

Putnam, H. (1975). Mathematics, Matter and Method, Cambridge: Cambridge University Press.

Redhead, Michael L.G. (2001), The Intelligibility of the Universe, in A.O'Hear (ed.) Philosophy at the New Millennium, Cambridge: Cambridge University Press. Stanford, P. K. (2006). Exceeding our grasp: alternatives. Oxford: Oxford University Press.

Saatsi, J.T.(2005). On the Pessimistic Induction and Two Fallacies,Philosophy of Science, Vol. 72, No. 5: 1088-1098.

Suarez, M., Dorato, M., Redei, M.(Eds.) (2010) EPSA Philosophical Issues in the Sciences: Launch of the European Philosophy of Science Association, Dordrecht: Springer, Volume 2: 197–209.

Votsis, I. (2011) 'Structural Realism: Continuity and its Limits', in A. Bokulich and P. Bokulich (eds), Scientific Structuralism. Boston Studies in the Philosophy of Science. Dordrecht: Springer.

Wray, B. (2013). Success and truth in the realism/anti-realism debate, Synthese ,190:1719-1729.

Weinberg, S. (1996). The Quantum Field Theory, volum1, Foundations,Cambridge: Cambridge University Press.

Worrall, J. (1982). 'Scientific Realism and Scientific Change', Philosophical Quarterly 32,201–231.

Worrall, J. (1989). Structural realism: The best of both worlds. Dialéctica, 43(1-2), 99.