

تقدم علی، تقدم زمانی و ناموضعییت

علیرضا منصورى*

اشاره

استپ در راستای قضیه بل، له وجود تأثیرهای علی ناموضعی استدلال کرده است. در این مقاله هدف این است که ضمن تحلیل برهان وی، تقدم علی معلولی را در پرتو همبستگی‌های ناموضعی کوانتومی بررسی کنیم و بینیم با وجود نسبیت خاص، ناموضعییت کوانتومی چگونه می‌تواند در تلقی ما از علیت و تقدم علی تأثیرگذار باشد.

واژه‌های کلیدی: تقدم علی، توالی زمانی، همبستگی کوانتومی، قضیه بل، ناموضعییت، تأثیر فوق‌نوری.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جن علوم انسانی

مقدمه و طرح مسئله

یکی از مسائلی که بسیاری از نظریه‌های علیت در صدد تبیین آن هستند مسئله تقدم علی است. هیوم خود به طور گذرا به این مسئله پرداخت: وی معتقد بود (Hume 1876:221-222) اگر شیء خاصی مثل A را که در زمانی خاص وجود یافته است در نظر بگیریم، صرفاً A به خودی خود و فی‌نفسه نمی‌تواند علت شیئی مثل B باشد، بلکه باید با منشأ و سرچشمه

*. عضو هیأت علمی پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.

دیگری همراه شود تا آن را از حالت انفعال خارج کند و باعث شود که چیزی مثل انرژی را که در درون خود دارد و می‌تواند منشأ اثر باشد به B وارد کند. هیوم این قاعده را، تحت عنوان قاعده شماره ۸، نیز می‌آورد و تأکید می‌کند جدایی زمانی و فضایی علت و معلول نشان می‌دهد که این علت‌ها تامه نیستند؛ یعنی، به‌تنهایی نمی‌توانند تأثیرگذار باشند. سپس هیوم بر اساس قاعده علت و معلول نتیجه می‌گیرد که وقتی منشأ و سرچشمه‌ای در یک مورد موجب ایجاد انرژی و نیروی شود، در موارد مشابه نیز همان اثر را دارد. به‌این ترتیب هیوم با این مفروضات نشان می‌دهد که اگر در یکی از حلقه‌های زنجیره علی مثلاً A و B همزمان باشند، همه زنجیره، همزمان خواهند بود.

اگر A و B همزمان باشند، معنای آن این است که آنچه بنا به قاعده اول موجب انتقال انرژی از A به B شده، این انتقال را در یک آن، یا در زمان برابر صفر انجام داده است. حال اگر ما یک زنجیره علی را در نظر بگیریم، به این معنی است که بنا بر قاعده دوم همه عناصر این زنجیره، یک سنخیت علی دارند که عناصر «یک زنجیره» به شمار می‌روند و چون همگی، اعضای یک زنجیره به شمار می‌روند پس آنچه موجب انتقال انرژی از A به B در زمان صفر شود، در مورد حلقه‌های دیگر نیز باید این انرژی را در زمان صفر منتقل کند. برای همین است که هیوم در همان پاراگراف می‌گوید اگر حلقه‌ای از این حلقه‌ها این عمل را با یک تعویق زمان انجام دهد، علت مناسب به شمار نمی‌رود؛ یعنی دیگر در این زنجیره علی واقع نمی‌شود.

با توجه به آنچه گفته شد از دید هیوم علل نمی‌توانند همزمان با معلول رخ دهند و از این رو، همواره از نظر زمانی مقدم بر علل هستند. فارغ از اینکه استدلال هیوم درست باشد یا غلط، یک نکته مهم اینجا است که هیوم مسأله تقدم علی را اساساً یک مسئله پیشینی فرض کرده است که می‌توان با استدلال‌های فلسفی له یا علیه آن استدلال کرد.

از طرفی افرادی علیه پیشینی دانستن تقدم علی استدلال کرده‌اند. به عنوان مثال مکئی معتقد است (Mackie 1965) که این تقدم علی لزوماً معادل با تقدم زمانی نیست. ما ممکن است دلایل خوبی داشته باشیم که علت پس‌رو (backward causation) نداریم، ولی به هر حال چنین چیزی قابل تصور است، و حکم به معادل بودن این دو امری تألیفی

(synthetic) است. اساساً مکی معتقد بود که مسألهٔ تقدم علی، پیشینی نیست که بتوان آن را با تحلیل صرفاً منطقی یا سایر استدلال‌ها به شکلی پیشینی تبیین کرد.^۱ هیچکاک (Hitchcock 2002) نیز تبیین عدم تقارن علی بر مبنای توالی زمان را به این دلیل که علیت پس‌رو به صورت پیشینی حذف می‌شود و در ضمن نظریهٔ منشأهای فلسفی علی برای ترتیب زمانی، دوری می‌شود قابل قبول نمی‌داند. علاوه بر این وی معتقد است که تقدم زمانی ممکن است، تقدم علی را توصیف کند ولی آن را تبیین نمی‌کند.

اگر بپذیریم که بحث تقدم علی را بع عنوان مسئله‌ای پسینی بپذیریم، باید بینیم نظریه‌های علمی ما در این مورد چه می‌گویند. بر اساس نسبیت خاص همواره بین دو رویداد علی-معلولی یک تقدم زمانی برقرار است. یعنی هر رویداد در ساختار فضا-زمان تنها از رویدادهایی تأثیر می‌پذیرد که در مخروط نور گذشته‌اش باشد و تنها بر رویدادهایی تأثیر می‌گذارد که در مخروط نور آینده‌اش باشد. از طرفی ما در حوزهٔ مکانیک کوانتومی همبستگی‌هایی داریم که فوق نوری به نظر می‌رسند که نشان‌دهندهٔ نوعی ناموضعیّت در پدیده‌های کوانتومی است؛ این امر با برداشت‌های خاص از قضیهٔ بل نیز تقویت می‌شود. در این صورت این پرسش به ذهن می‌رسد که اولاً آیا این همبستگی‌ها، علی است؟ و اگر علی است آیا به معنای نقض نسبیت است؟ و اساساً این ناموضعیّت چه تأثیری می‌تواند بر مسئلهٔ تقدم علی و تلقی ما از علیّت داشته باشد؟

استراتژی ما در پاسخ به پرسش‌های فوق این است که ابتدا تقریری از برهان استپ مبنی بر ناسازگاری مکانیک کوانتوم و شرط موضعیّت نسبیتی ارائه می‌کنیم. نتیجهٔ نهایی استپ، موضعیّت و لذا تقدم زمانی علیّت بر معلول را در حوزهٔ کوانتوم زیر سؤال می‌برد. ادعای استپ این است که ویژگی برجستهٔ استدلال وی این است که متکی به فرضی در مورد واقعیت فیزیکی نیست و مستقیماً موضعیّت را نشانه می‌رود. پس از تقریر دیدگاه استپ، دربارهٔ الزام آور بودن نتیجهٔ وی بحث می‌کنیم و به بررسی پیش‌فرض‌های منطقی و استلزامات فلسفی وی می‌پردازیم.

همبستگی‌های کوانتومی و تأثیرگذاری علی

به بیان استپ تلقی معمول ما از علیت مستلزم این است که صدق گزاره ناظر به رویداد زودتر نتواند وابسته به گزاره ناظر به رویداد انتخاب آزاد و مختار ناظر در زمان بعدی باشد. وی این استقلال را در قالب فرض موضعیت بیان می‌کند و به این ترتیب تقدم علی را با تقدم زمانی پیوند می‌زند، ضمن اینکه بنا بر نسبیت، این استقلال باید در تمام دستگاه‌های لورنتسی معتبر باشد. تلقی قابل کنترل بودن در مورد معلول توسط یک ناظر مختار، که ویژگی برجسته تحلیل‌های عاملی از علیت است، به نحوی از مفروضات فلسفی وی در مورد علیت است. هدف استپ این است که با کمک یک تحلیل خلاف واقعی نشان دهد این تلقی از علیت نسبیتی با برخی پیش‌بینی‌های ساده کوانتومی ناسازگار است. با توجه به اینکه موضعیت مفروض در اینجا شبیه موضعیت مفروض در برهان امتیاز برهان استپ چیست؟ برای پاسخ به این پرسش، خوب است به نتیجه مقاله EPR (Einstein, Podolsky, Rosen, Bell) است، این پرسش پیش می‌آید که توجه کنیم. در مقاله EPR تضادی وجود دارد بین پیش‌بینی‌های ساده مکانیک کوانتوم و این حکم نسبیتی که تأثیرات علی تنها در جهت مخروط نور آینده رویدادها منتشر می‌شوند. بسیاری معتقدند که EPR تنها ناسازگاری را بین پیش‌بینی‌های کوانتومی را با رئالیسم موضعی نشان می‌دهد، یعنی در اینجا ما مفروضات دیگری غیر از موضعیت داریم که بیشتر مضمون‌اند. استپ در واقع می‌خواهد اثبات جدیدی ارائه دهد که این مفروضات دیگر را نداشته باشد و بدون آنها و تنها با فرض موضعیت به نتیجه EPR برسد.

شرح استدلال استپ

استپ همان آزمایش معروف بل یا EPR را مد نظر قرار می‌دهد. به‌طور خلاصه آزمایش دو سمت R و L یعنی راست و چپ دارد. در سمت راست (چپ) ناظر در اندازه‌گیری دو کمیت R_1 (L_1) و R_2 (L_2) مختار و آزاد است و هر یک از اندازه‌گیری‌ها می‌تواند به دو مقدار ممکن (+ یا -) منجر شود. براساس نسبیت خاص رویدادهای انتخاب و اندازه‌گیری

کمیات مذکور رویدادهایی فضاگونه‌اند. اما بر اساس قوانین مکانیک کوانتوم بین این رویدادها همبستگی کاملی وجود دارد، به طوری که بر اساس آن همبستگی‌ها می‌توان قواعد زیر را نوشت:

$$L2+, \quad (i) \Rightarrow L2 \& R2+$$

یا معادل آن:

$$[R2+ \rightarrow L2+]. \quad (ii) \Rightarrow L2$$

که \Rightarrow نماینده استلزام اکید است. این رابطه برقرار است اگر و تنها اگر در هر جهان ممکن که مقدم برقرار باشد، تالی نیز برقرار باشد. و \rightarrow نماینده استلزام مادی است. این رابطه برقرار است اگر در جهان مورد نظر ما مقدم چه درست باشد، چه غلط، تالی درست باشد. حالا وضعیتی را در نظر بگیرید که در آن $R2+$ و $L1$ صادق باشد. در این صورت اگر $L2$ صادق بود، نتیجه $L2+$ می‌شد. این وضعیت را استپ به صورت خلاف واقعی زیر بیان می‌کند:

$$(L2 \square \rightarrow L2+). \quad (iii) \Rightarrow L1 \& R2+$$

گزاره (iii) می‌گوید در همه جهان‌های ممکن که مشاهدات $L1$ و $R2$ انجام شود، و نتیجه مشاهده دومی + شود، در این صورت می‌توان گفت اگر مشاهده $L2$ به جای $L1$ انجام شده بود نتیجه آن + می‌شد. این گزاره (iii) متضمن فرض نوعی موضعیت است، زیرا محتوای این گزاره می‌گوید که اندازه‌گیری در ناحیه فضا زمانی L تأثیری در اندازه‌گیری ما در ناحیه R ندارد و وقتی ما در ناحیه L ، به جای $L1$ ، $L2$ را اندازه بگیریم، این امر تغییری در وضعیت ناحیه R نمی‌دهد و لذا می‌توانیم بگوییم در ناحیه R ، همچنان همان $R2+$ برقرار است و در نتیجه بر اساس (ii)، می‌توانیم بگوییم نتیجه $L2$ + می‌شد. بنابر نظریه لویس صدق شرطی‌های خلاف واقع متکی به قوانین است، و آنچه در اینجا، مانع تأثیر علی مستقیم دو رویداد فضاگونه، و لذا تضمین صدق خلاف واقع فوق می‌شود، به زعم استپ، قوانین حاصل از نظریه نسبیت خاص است.

به هر حال بر اساس فرض موضعیت نوع اول استپ یعنی $LOC1$ ، انتخاب اندازه‌گیری در سمت R ، نباید تأثیری در نتایج طرف دیگر $L2+$ داشته باشد. به عبارتی:

$$[R1 \square \rightarrow (L2+ \& R1)] \quad (LOC1) \Rightarrow (L2+ \& R2)$$

موضعیت نوع دوم در عین حال (LOC2) می‌گوید اینکه ما در ناحیه فضا زمانی L₁ تصمیم به انتخاب اندازه‌گیری L₂ یا L₁ بگیریم، تأثیری در مشاهدات ما در ناحیه R ندارد. بنابراین این نوع موضعیت به ما اجازه می‌دهد که بتوانیم استنتاج زیر را از (1) به (2) انجام دهیم:

$$[R2+ \rightarrow (R1 \square \rightarrow R1-)] \quad (1) \Rightarrow L2$$

$$[R2+ \rightarrow (R1 \square \rightarrow R1-)] \quad (2) \Rightarrow L1$$

در واقع استپ، در استدلال خود تصریح می‌کند که گزاره $[R2+ \rightarrow (R1 \square \rightarrow R1-)]$ تنها ناظر به مشاهدات ناحیه R است.

استپ با کمک این مفروضات و در نظر گرفتن همبستگی‌های کوانتومی به یک تناقض می‌رسد، که در اینجا ما با جزئیات رسیدن وی به این تناقض کاری نداریم و به نتیجه‌گیری نهایی استپ می‌پردازیم. استپ، پس از اینکه بر اساس مفروضات فوق به نتیجه خودمتناقض می‌رسد موضعیت نوع دوم را به عنوان مظنون اصلی در رسیدن به این تناقض محکوم می‌کند و در تحلیل خود تصریح دارد که این نوع موضعیت که مبتنی بر نسبیت خاص است با پیشبینی‌های نظریه کوانتوم ناسازگار است.

تحلیل و بررسی برهان

پرسشی که در اینجا مطرح است این است که تا چه حد برهان استپ الزام‌آور است؟ یعنی آیا از رهگذر تحلیل استپ، ضروری است که فرض موضعیت را متهم کرد؟ نگاه دقیق‌تر به برهان استپ روشن می‌کند که آنچه صرفاً از تحلیل منطقی حاصل می‌شود این است که بین برخی فرضیات کمکی از قبیل مجاز بودن انتخاب مختار، اعتبار تحلیل خلاف واقعی، و فرضیات موضعیت و اعتبار پیش‌بینی‌های مکانیک کوانتوم تناقض وجود دارد. همچنین به یاد بیاورید که استپ مدعی بود که امتیاز اثبات وی این است که حاجت به فرضی درباره عناصر واقعیت فیزیکی از نوع EPR، ندارد. اینکه کدام یک از موارد فوق را در معرض اتهام قرار دهیم به ترجیحات ما وابسته است.

در مقام نقد ممکن است کسی استفاده از شرطی‌های خلاف واقع را مورد چالش قرار

دهد و بگوید این تحلیل‌های زبانی دخلی به فیزیک ندارد و نمی‌توان مسئله‌ای را که ماهیتاً فیزیکی است، با تحلیل‌های زبانی حل کرد، ضمن اینکه شرطی‌های خلاف واقع به امکان‌های غیرواقعی اشاره دارند. به‌راستی چه چیزی استفادهٔ چنین تحلیل‌های منطقی را در مورد مسائل علوم تجربی توجیه می‌کند؟ خوبست که برای درک این مسئله به سمانتیک شرطی‌های خلاف واقع توجه داشته باشیم. تحلیل صدق خلاف واقع نشان می‌دهد که $A \square \rightarrow C$ صادق است اگر و تنها اگر A و مجموعه‌ای از فکت‌ها S و مجموعه‌ای از قوانین L را به آن ضمیمه کنیم بتوان به صورت قیاسی C را نتیجه گرفت؛ یا به شکل صوری‌تر:

$$\{A, S, L\} = C \text{ اگر و تنها اگر } A \square \rightarrow C$$

بنابراین رابطهٔ خلاف واقع یک رابطهٔ صرفاً منطقی نیست، بلکه L ها را باید در نظر بگیریم. و این L ها قوانین علی هستند.^۲ بنابراین آنچه توجیه‌کنندهٔ استفادهٔ خلاف واقع‌ها در علوم تجربی است اتکای آنها به قوانین است. از طرفی همان‌طور که گفته شد از آنجا که شرطی‌های خلاف واقع به امکان‌های غیر واقعی اشاره دارند لذا تعیین شرایط صدق خلاف واقع‌ها همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. با توسعهٔ سمانتیک جهان‌های ممکن در دههٔ ۷۰، فهم بهتر و روشن‌تری از رهیافت خلاف واقع ارائه شد که مشهورترین نظریهٔ خلاف واقع ارائه شده از آن لوئیس است، و مقالهٔ استپ نیز به نحوی متکی به آن است.

بر اساس نظریهٔ لوئیس در مورد جهان‌های ممکن یکی از مفاهیم محوری سمانتیک جهان‌های ممکن در بحث خلاف واقع‌ها شباهت مقایسه‌ای (comparative similarity) بین جهان‌ها است. به یک جهان می‌گویند از دیگری نزدیک‌تر به واقع (closer to actuality) است، اگر اولی بیش از دومی به جهان واقعی شبیه‌تر باشد. لوئیس دو قید را برای این رابطهٔ شباهت در نظر می‌گیرد: اول اینکه رابطهٔ شباهت جهان‌ها را به معنایی مرتب می‌کند یا به آنها نظم می‌دهد؛ یعنی هر دو جهان بر اساس نزدیک بودنشان به جهان واقعی مرتب می‌شوند. دوم اینکه، جهان واقعی به واقعیت از بقیه نزدیک‌تر است؛ یعنی از بقیهٔ جهان‌ها به خودش شبیه‌تر است. به این ترتیب شرط صدق یک شرطی خلاف واقع مثل «اگر A فلان‌طور بود، C فلان می‌شد» را با $A \square \rightarrow C$ نشان می‌دهیم که به شکل زیر بیان می‌شود:

$A \rightarrow C$ صادق است، اگر و تنها اگر (i) هیچ جهان، یا جهان‌های ممکن A بی وجود نداشته باشد. (ii) جهان A بی که C در آن برقرار باشد از هر جهان A بی که C در آن برقرار نباشد به جهان واقعی نزدیک‌تر است. (Lewis 1973)

نکته دومی که در نقد دیدگاه استپ می‌توان به آن توجه کرد این است که برهان استپ مبتنی بر بر وجود همبستگی‌ها کوانتومی است. این پرسش به ذهن می‌رسد که آیا همبستگی می‌تواند شرط لازم و (یا) کافی برای علیت در نظر گرفته شود؟ این پرسش از این جهت اهمیت دارد که اگر همبستگی‌های مذکور را علی در نظر بگیریم، لزومی ندارد که آنها را به ناموضعیت تعبیر کنیم و لذا پای نسبیّت خاص را پیش بکشیم. مثلاً در جهان موجبیتی وجود همبستگی بین دو رویداد می‌تواند ناشی از وجود یک علت مشترک یا شرایط اولیه یکسان باشد بدون اینکه بین دو رویداد یک رابطه علی معلولی وجود داشته باشد. در یک جهان احتمالی نیز همبستگی، بدون وجود یک رابطه علی ممکن است. به این ترتیب این پرسش مطرح است که تفاوت همبستگی‌های علی با همبستگی‌های تصادفی چیست؟ یک پاسخ ممکن این است که همبستگی‌های علی از شرطی‌های خلاف واقع حمایت می‌کنند و این شرطی‌های خلاف واقع به این دلیل که صدقشان متکی به قوانین است، تضمین می‌کنند که این همبستگی‌ها «باید» برقرار باشند. البته در اینجا نیز همان پرسش قابل اعمال است: اینکه آیا شرطی‌های خلاف واقع شرط لازم و (یا) شرط کافی برای همبستگی‌های علی هستند یا خیر. مثلاً این مثال را ذکر می‌کنند که اگر خواهر حسن می‌زاید، حسن دایی می‌شد. در اینجا یک شرطی خلاف واقع صادق وجود دارد در حالی که ما نمی‌خواهیم بین زاییدن خواهر حسن و دایی شدن حسن یک رابطه علی در نظر بگیریم. در پاسخ به این انتقاد می‌توان گفت که دایی شدن یک رویداد فیزیکی نیست، بلکه یک خاصیت رابطه‌ای است و ما روابط علی را محدود به شرطی‌های خلاف واقعی می‌کنیم که ناظر به رویدادهای فیزیکی باشند، نه خواص رابطه‌ای. پس استپ می‌تواند هنوز در اینجا همبستگی‌ها را علی تعبیر کند.

یکی دیگر از مفروضات استپ امکان انتخاب آزاد ناظر در اندازه‌گیری‌ها است. آیا می‌توان چنین فرضی را زیر سؤال برد؟ شاید در ابتدای امر به چالش کشیدن چنین فرضی

نامعقول جلوه کند اما این قدمی بود که بور به نحوی در واکنش اولیه خود به برهان EPR برداشت. بنا بر استدلال بور در آزمایش EPR هرچند اندازه‌گیری سیستم اول موجب تأثیر «مکانیکی» مستقیم روی سیستم دوم نمی‌شود ولی وقتی مکان سیستم اول را اندازه‌گیری کردیم و به واسطه آن مکان سیستم دوم را نتیجه گرفتیم، دیگر نمی‌توانیم اندازه حرکت سیستم دوم را به دست آوریم؛ در واقع، اندازه‌گیری مکان سیستم اول به ما اجازه این کار را نمی‌دهد. لذا بسته به اینکه چه متغیرهایی را روی سیستم اول اندازه‌گیری کنیم، مجبوریم پیش‌بینی‌های متفاوتی در مورد اندازه‌گیری‌های بیشتر روی سیستم دوم داشته باشیم. در واقع استدلال بور در اینجا متکی به اصل علیت است.

نکته‌ای که در پاسخ بور اهمیت دارد این است که بور تا پیش از این، رابطه مکملیت را به نحوی به کار می‌برد که بر اساس آن رابطه عدم قطعیت و ویژگی آماری نظریه کوانتوم را بر مبنای تأثیرات و اختلالات غیرقابل کنترل در سیستم تحت اندازه‌گیری تفسیر می‌کرد، ولی در پاسخ به EPR می‌پذیرد که در روش غیرمستقیم تعیین مکان سیستم دوم در EPR، تأثیرات مذکور مکانیکی نیست، بلکه نوعی اختلال «اطلاعاتی» است؛ اختلال در اطلاعات موجود برای پیش‌بینی رفتار آینده سیستم دوم. به عبارتی درست است که تأثیر مکانیکی سیستم روی ذره دوم ناشی از اندازه‌گیری ذره اول منتفی است ولی روش اندازه‌گیری تأثیر ذاتی روی شرایطی دارد که تعریف کمیات فیزیکی بر مبنای آن‌ها صورت می‌گیرد. به بیان بور، اندازه‌گیری مکان (اندازه حرکت) ذره اول روی شرایطی که برای تعریف مکان (اندازه حرکت) ذره دوم موردنیاز است تأثیر می‌گذارد. بور معتقد بود در فیزیک کوانتومی برخلاف فیزیک کلاسیک، تفاعل بین سیستم مورد مطالعه و وسیله مورد آزمایش (که شامل ناظر هم می‌شود) قابل اغماض یا جبران نیست، و لذا برای توضیح بی‌ابهام پدیده‌های کوانتومی باید تمام تدارکات تجربی را مشخص کرد، و از آنجا که پدیده تحت مطالعه و آزمایشگر یک واحد تجزیه‌ناپذیر می‌سازند، و در ضمن یک سیستم کوانتومی بعضی خواص مانع‌الجمع دارد، پس برای توصیف اشیای اتمی باید تمام جهات ذریبط تدارکات تجربی را ذکر کرد. به طور خلاصه باید گفت در اینجا تدارکات آزمایشی مانع‌الجمع مانع از انتخاب آزاد است این حرفی بود که بور بر اساس اصل مکملیت خود می‌زد.

استدلال استپ در ارتباط با همین مسئله، ولی از زاویه‌ای دیگر، یعنی تلقی عاملیتی (agency) از مفهوم علیت، نیز قابل بررسی است. گفتیم تلقی استپ از علیت قابل کنترل بودن در مورد معلول توسط یک ناظر مختار است، که این برداشت، ویژگی برجسته تحلیل‌های عاملی از علیت است، و لذا آن را باید از مفروضات وی در نظر گرفت. براساس چنین تلقی از علیت رویداد A علت رویداد مجزای B است فقط در صورتی که وقوع A ابزار مؤثری باشد که یک عامل مختار بتواند به واسطه آن موجب وقوع B شود. (Menzies & Price 1993:187) از نقطه نظر منطقی می‌توان تناقض مذکور را ناشی از چنین فرضی در مورد تأثیر علی در آزمایش مذکور در نظر گرفت. یعنی می‌توان گفت آنچه در واقع در این آزمایش اتفاق می‌افتد، یک تأثیر علی نیست، چون یک فاعل مختار نمی‌تواند از آن به شکلی قابل کنترل استفاده کند. چنین نقدی از جانب کسانی مثل ردهد، و به شکلی کامل‌تر توسط شیمونی دنبال شد. تمایزی که شیمونی بین action-at-a-distance و passion-at-a-distance در نظر می‌گرفت، مبتنی بر همین تلقی است. شیمونی بر مبنای تحلیل جرئت (Jarrett) استدلال می‌کرد که آنچه در وضعیت‌های کوانتومی رخ می‌دهد، passion-at-a-distance است، نه action-at-a-distance. اولی مستلزم نقض نسبیت نیست، چون چنین تأثیری قابل کنترل نیست و ناظر مختار نمی‌تواند با آن معلول را کنترل کند. روشن است که چنین استدلالی مبتنی بر تلقی عاملیتی از علیت است.

در ارزیابی چنین انتقادی، در واقع باید پرسید که تعریف عاملیتی از علیت تا چه حد مقبول است؟ درست است که تحلیل عاملی واجد مزایایی است از جمله اینکه مشکل علل جعلی را ندارد (Menzies, Price 1993:192) درحالی‌که اگر صرفاً متکی به وابستگی‌های مشاهده‌تی باشیم، از علل کاذب گریزی نیست؛ چون وابستگی‌هایی وجود دارند که حاکی از یک رابطه علی- معلولی نیستند. اما اگر پای عامل، را در کار بیاوریم، از اینکه هر همبستگی را حاکی از یک رابطه علی بدانیم جلوگیری می‌کند.

با وجود این انتقاداتی نیز به آن وارد است از جمله عدم تبیین رویدادهای خارج از کنترل؛ رویدادهایی که ما آنها را علی می‌دانیم ولی قابل کنترل نیستند. (ibid:196,7) مثلاً

فرض کنید بگوییم جابجایی صفحات زمین، علت زمین لرزه است. مسلماً منظور این نیست که فردی بتواند عامل جابجایی صفحات زمین شود. برای این انتقاد پاسخ‌هایی ارائه شده است که یکی از آنها توسل به خلاف واقع‌ها است: اگر عاملی، هر چند غیرممکن، می‌توانست صفحات زمین را جابجا کند، زمین‌لرزه اتفاق می‌افتاد. پاسخ دیگر، توضیح براساس ویژگی‌های ذاتی است. یعنی رویدادها خاصیتی ذاتی‌ای دارند که در وضعیت‌های مشابه، و قابل دستکاری، مثلاً مدلی مشابه از زمین‌لرزه، می‌توان چنین دعوی علی را مطرح کرد. چون در این وضعیت‌های مشابه این امکان وجود دارد، و این خاصیت ذاتی این رویدادها است، پس در مورد خود زمین‌لرزه هم چنین ادعای علی درست است.

انتقاد دیگر این است که تحلیل عاملی تصویری انسان‌محورانه (anthropocentric) از علت به دست می‌دهد. بر اساس این انتقاد گویی اگر عاملی نبود، اگر آدمی، به‌عنوان موجودی مختار، وجود نمی‌داشت، پس علت و معلولی نداشتیم! صورت‌بندی دقیق‌تری که می‌توان از این انتقاد ارائه داد این است که در جهان‌های ممکن دیگری با عامل‌هایی که قوای متفاوتی نسبت به عامل‌های جهان واقعی دارند، در انتساب رابطه علی-معلولی دچار مشکل می‌شویم. بسته به این عامل‌ها یکجا رابطه علی داریم، ولی جای دیگر نداریم. یک پاسخ ممکن استفاده مجدد از بیان خلاف واقعی است. پاسخ دیگر این است که بگوییم در هر یک از این جهان‌های ممکن، عامل را باید عامل نرمال در جهان واقعی در نظر بگیریم؛ نه عامل‌های مختلف با قوای مختلف. اینکه این پاسخ‌ها تا چه حد این ایراد را رفع کنند محتاج بررسی بیشتر است. هستند کسانی مثل لوئیس که معتقدند با این حرکت مشکل حل نمی‌شود و فقط به تعویق می‌افتد و در نهایت منجر به نوعی نسبیت می‌شود. (Menzies, 1993:198,9) در زمینه بحث مورد نظر ما، یعنی Bell-EPR، کسانی مثل مادلین این ایراد را وارد می‌دانند (Maudlin 1994) و جالب اینجا است که خود شیمونی به دلیل همین انتقاد انسان‌محورانه بودن، تحت تأثیر بل، در آثار متأخر خود، از موضعی که قبلاً به آن اشاره شد، عقب‌نشینی کرده است. (Shimony 2004)

آنچه تا به حال ارائه شد بیشتر تدقیق در مفروضات صریح است. خط انتقادی دیگر در این مسیر است که نشان دهیم، استپ علاوه بر مفروضات صریح خود،

فرض (های) تلویحی دیگری نیز دارد. شیمونی و استاین در مقاله‌ای (Shimony & Stein 2001) از رهگذر تحلیل خلاف واقعی استپ، و موضعیت نوع دوم مفروض استپ، به این نتیجه رسیدند که، برخلاف آنچه استپ می‌گوید، رویکرد استپ متضمن فرض نوعی واقعیت خارجی است. به این ترتیب رویکرد استپ بر خلاف ادعای اولیه آن نمی‌تواند به طور قاطع نشان دهد که موضعیت است که اشکال دارد، زیرا در اینجا هنوز فرض واقعیت خارجی حذف نشده است.

برای نشان دادن این امر کفایت نگاه دقیق‌تری به سمانتیک خلاف واقعی داشته باشیم. در ظرف و زمینه بحث حاضر باید این سمانتیک را به شکل زیر بیان کرد که اگر $R1$ بیان واقعیتی درباره ناحیه فضا زمانی R باشد، در این صورت شرطی خلاف واقع $R1 \square \rightarrow R1$ در جهان W صادق است اگر و تنها اگر $R1$ در هر جهان ممکن W' که در آن $R1$ صادق است، صادق باشد و این جهان W' در خارج از مخروط نور آینده $R1$ ، با جهان W تفاوتی نداشته باشد.

بنابراین برخلاف نظر استپ در استنتاج

$$[R2+ \rightarrow (R1 \square \rightarrow R1-)] (1) \Rightarrow L2$$

$$[R2+ \rightarrow (R1 \square \rightarrow R1-)] (2) \Rightarrow L1$$

گزاره $[R2+ \rightarrow (R1 \square \rightarrow R1-)]$ ، بر اساس شرط سمانتیکی مذکور تنها ناظر به پدیده‌های مشاهده‌پذیر ناحیه فضا زمانی R نیست، زیرا حداقل عبارت $R1 \square \rightarrow R1$ صریحاً به ناحیه فضا زمانی خارج از مخروط نور آینده R نیز اشاره دارد. لذا استپ برای توجیه $LOC2$ مجبور به فرض کمکی دیگری است که بر اساس آن واقعیتی در ناحیه R وجود دارد که صدق $R1 \square \rightarrow R1$ را تضمین می‌کند. در نظر گرفتن چنین چیزی در واقع همان شرط مشهور EPR است که بر اساس آن «اگر بتوان بدون مختل کردن سیستم، با قطعیت ... مقدار یک کمیت فیزیکی را تعیین کرد، آنگاه عنصری از واقعیت فیزیکی متناظر با آن کمیت فیزیکی وجود دارد.» بنابراین در اینجا اگر $R2+$ جهان واقعی W صادق باشد و بدانیم $L2$ در جهان مذکور صادق است، در این صورت بر اساس (i)، می‌توانیم $L2+$ را پیش‌بینی کنیم. در اینجا فرض مذکور EPR و جدایی فضاگونه R و L اجازه استنتاج

عنصری از واقعیت فیزیکی مثل λ را متناظر با نتیجه $L2+$ در ناحیه L می‌دهد. بر اساس همین خط استدلالی می‌توان نتیجه گرفت که اگر اندازه‌گیری $R1$ در ناحیه R انجام شود، عنصری از واقعیت فیزیکی p متناظر با $R1-$ وجود دارد. این استنتاج خلاف واقعی است چون در جهان واقعی $R2$ اندازه‌گیری شده است. اما معتبر است به این دلیل که در هر جهان ممکن W^i که در آن $R1$ صادق باشد و این جهان خارج از مخروط نور آینده R تفاوتی با W نداشته باشد می‌توان $R1$ را با قطعیت پیش‌بینی کرد. بنابراین عنصری از واقعیت فیزیکی مثل p در R متناظر به خلاف واقع $R1-\rightarrow R1\Box$ وجود دارد. پس برای توجیه اعتبار $LOC2$ استپ محتاج فرضی در مورد واقعیت فیزیکی است، که با وجود این فرض برنامه استپ مبنی بر اثبات ناسازگاری مکانیک کوانتوم و نسیت خاص، بدون استفاده از شرط واقعیت فیزیکی، به شکست می‌انجامد.

ولی هنوز مسئله پاسخ قطعی نیافته است و انتقاد شیمونی به استپ صرفاً به معنای الزام آور نبودن نتیجه استپ از نقطه نظر منطقی است و گرنه فرض موضعیت هنوز تبرئه نشده است. کما اینکه محققانی هنوز بر ناموضعیت کوانتومی تأکید دارند.

تقدم علی و تقدم زمانی؛ بحث و نتیجه‌گیری

برای تحلیل این مسئله خوب است اشاره‌ای به استدلال مادلین در این زمینه کنیم: به اعتقاد مادلین تلقی ما از قوانین هر چه باشد، احتمالی یا موجیتی، به هر حال ما مجبوریم به نوعی تأثیرگذاری علی تن در دهیم. در وضعیت موجیتی رویدادهای فضاگونه مستقل از یکدیگرند و بنابراین حالت‌هایی باید وجود داشته باشد که نتیجه یک طرف را وابسته به طرف دیگر کند. درست است که قضیه بل هر چند نظریه‌های دترمینیستی موضعی را زیر سؤال می‌برد و موضعیت در اینجا به تنهایی در معرض اتهام نیست و به اعتقاد برخی این دترمینیسم است که باید رها شود ولی خود بل چنین اعتقادی نداشت و در پژوهش خود دترمینیسم را مورد نقد قرار نداد بلکه بر موضعیت تأکید داشت. در وضعیت احتمالی و غیرموجیتی نیز که تابع موج تصویر کاملی از واقعیت ارائه می‌کند باید تقلیل را در خود داشته باشند. در این وضعیت همبستگی‌های کامل متضمن نوعی تأثیرگذاری‌های علی

هستند. هر چند من با نتیجه‌گیری مادلین همدلی بیشتری دارم، اما هدف من در اینجا اثبات و استقرار این ناموضعیست نیست، بلکه گذر از آن و طرح این پرسش است که با فرض چنین ناموضعیتی، آیا باید آن را در تضاد با نسبیّت خاص دانست و ضمناً پذیرش چنین تأثیرات آنی، از نقطه نظر فلسفی، چه تأثیری در تلقی ما از علیّت می‌تواند داشته باشد؟

مادلین نشان می‌دهد که سیگنالینگ فوق نوری که یکی از انواع تأثیرگذاری فوق نوری است ممکن است و اگر این را بپذیریم باید گفت، به طریقی اولی، می‌توان تأثیرگذاری فوق نوری نیز داشت. ولی آیا این تأثیرگذاری فوق نوری، ناقض نسبیّت است؟ نظر مادلین این است که تأثیرگذاری فوق نوری، اگر ناوردایی لورنتسی را محترم بشمارد، لزوماً مستلزم نقض نسبیّت نیست.

پرسش بعدی این است که آیا باید این تأثیرگذاری‌ها را علی در نظر بگیریم؟ اگر بپذیریم همبستگی‌های کوانتومی می‌توانند نوعی تأثیرگذاری‌های علی باشند، این مسئله می‌تواند منجر به پذیرش این امر شود که تقدم علی معلولی، برخلاف نظر هیوم، نه ضروری نیست. کسانی که تأثیرگذاری فوق نوری را نمی‌پذیرند، یکی از استدلال‌هایی که ارائه می‌کنند این است که علت و معلول هم‌راه باید یک تقدم زمانی داشته باشند و رویدادهایی که در یک فاصله فضاگونه از یکدیگر قرار دارند از این جهت که از نظر دستگاه‌های لورنتسی مختلف، تقدم زمانی مشخص و معینی ندارند، و تقدم زمانی آنها وابسته به دستگاه مرجع است، لذا نمی‌توان مستقل از دستگاه علت و معلول را بر اساس تقدم زمانی معین کرد.^۳

آیا راه دیگری برای مشخص کردن علت و معلول وجود دارد؟ می‌توانیم تفاوت علت از معلول را بواسطه یک علامت و مارک درونی مشخص کنیم؛ مثل قابلیت کنترل. مثلاً گفته می‌شود که اگر بین A و B رابطه علی باشد و کنترل A بدون استفاده از B امکان داشته باشد، و رابطه علی بین A و B همچنان برقرار باشد در این صورت می‌توانیم بگوییم که B نسبت به A تقدم علی ندارد و لذا A نسبت به B مقدم است. اما همان طور که مکی می‌گوید (Mackie 1965) این نتیجه‌گیری مبتنی بر این پیش فرض است که با دانستن یک مورد تقدم علی، بتوانیم حکمی در مورد تقدم علی را در موارد دیگر کشف کنیم: مثلاً در

اینجا اینکه B تقدم علی بر A ندارد، متکی بر این است که ما با انجام عملی که مقدم بر A بوده، بر A تأثیر گذاشتیم، یعنی ما داریم از مفهوم تقدم علی برای توضیح دستکاری یا کنترل A استفاده می‌کنیم در حالی که هنوز معنای تقدم علی را روشن نکرده‌ایم. بنابراین به نظر می‌رسد از یک طرف برای توضیح مفهوم تقدم علی می‌خواهیم از مفهوم قابل کنترل بودن استفاده کنیم، در حالیکه در همان زمان برای بیان مفهوم قابل کنترل بودن متکی به مفهوم تقدم علی هستیم. لذا توسل به قابل کنترل بودن برای روشن کردن تقدم علی منجر به دور می‌شود.

مادلین راه دیگری را نیز پیشنهاد می‌کند. (Maudlin 1994) به اعتقاد وی برای مشخص کردن یک رابطه علی لزومی به تمایز علت از معلول نیست، بلکه کافی است رابطه خلاف واقعی را بین دو رویداد مشخص کنیم. ضمناً چه اشکالی دارد ما همان تقدم زمانی را برای تمایز بین علت و معلول به کار ببریم و در عین حال معتقد باشیم که ناظرهای مختلف می‌توانند علت و معلول را به شکلی متفاوت مشخص کنند. داوری در خصوص اینکه کدام راه‌حل را بپذیریم چندان ساده نیست و به نظر می‌رسد تا حدی وابسته به این باشد که به این پرسش اساسی پاسخ دهیم که این تأثیرگذاری علی فوق نوری چگونه ساخته می‌شود و به بیان دقیق‌تر آیا با وجود این تأثیرگذاری علی فوق نوری می‌توانیم لورنتس ناوردایی را حفظ کنیم یا خیر.

پی‌نوشت‌ها

۱. از طرفی مکی معتقد است که این بحث تقدم علی به نحوی با بحث تبیین نیز مربوط است. اگر سنگی را داخل آب بیندازید، افتادن سنگ داخل آب می‌تواند توضیحی برای امواج دایره‌ای شکلی که بزرگ می‌شوند، باشد. اما اگر از این فرایند فیلم بگیریم، و در جهت عکس نمایش دهیم، برای امواج دایره‌ای که در حال کوچک شدن هستند، نمی‌توان توضیح قبلی را به کار برد، باید مثلاً چندین سیگنال ژنراتورهای در فواصل مشخصی و با فرکانس‌های همسانی در نظر گرفت که احتمالاً همدیگر را خنثی کنند. به هر حال تبیین ما به مراتب پیچیده‌تر خواهد شد. این وضعیت است که به نظر می‌رسد حداقل تا اندازه‌ای مربوط به چیزی باشد که ما تقدم علی می‌خوانیم.

۲. برای این منظور بنگرید به (Goodman 1973:2, 8).

۳. اعتراضات دیگری نیز وارد شده است از جمله اینکه تأثیرگذاری فوق نوری مستلزم به وجود آمدن دوره‌های علی یا علّیت پسرو است، که مادلین نشان می‌دهد چنین وضعیتی الزام‌آور نیست.

منابع

- Bell, J.S., 1964, "On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox", in Bell (1987), *Speakable and Unsayable in Quantum Mechanics*, New York: Cambridge University Press.
- Einstein, E., Podolsky, B., and Rosen, N., 1935, "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?", *Physical Review*, 47:777-780.
- Hitchcock Christopher, (2002), "Probabilistic Causation", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, in <http://plato.stanford.edu/>.
- Hume, David (1876), *A Treatise of Human Nature*, Book I, Part III. Rep.
- Lewis, D., (1973), "Causation", *The Journal of Philosophy*, 556-567.
- Mackie, J., (1965), "Causes and Conditions", *American Philosophical Quarterly*, 245-55.
- Maudlin, T. (1994), *Quantum Non-locality and Relativity*, Blackwell Pub.2002.
- Menzies P., Price, H. (1993), "Causation as a Secondary Quality", *Brit. J. Phil. Sci.*, Vol. 44, 187-203.
- Shimony, A. (2004), "Bell's Theorem", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, in <http://plato.stanford.edu/entries/bell-theorem/>.
- Shimony A. & Stein H., (2001), "Comment on "Nonlocal Character of Quantum Theory," by Henry Stapp, *Am. J. Phys.*, 65 (8), 848-853.
- Stapp H., (1997), "Nonlocal Character of Quantum Theory", *Am. J. Phys.*, 65 (4), 300-304.