

معلول و علت

Causal Asymmetry

چکیده

تصور غالب بر این است که "علت و معلول" یکی از ویژگی‌های اساسی جهان است. به این معنا که علت همواره پیش از معلول اتفاق می‌افتد. - علت پیش شرط معلول است - و نه بلعکس. تصور بر این است که آنچه در آینده اتفاق خواهد افتاد نمی‌تواند بر آنچه در گذشته رخ داده است تأثیری داشته باشد. این تصور بیان از عدم تقارن میان دو مفهوم علت و معلول دارد. یعنی، معلول نمی‌تواند پیش از علت اتفاق بیافتد. آیا برآستی چنین است؟ اگر چنین است آیا دایره اعتبار آن جهانشمول است و یا محدود؟

پژوهش‌های علمی نشان می‌دهند که اعتبار "عدم تقارن علیت" محدود است و نه جهانشمول؛ محدود به دنیای غیرنسبیتی و غیرکوانتومی.^۱ در این محدوده شکست تقارن علیت وجود دارد که معلول را پی‌آمد علت می‌کند. در نسبیت، فضا زمان به ۴ حوزه‌ی مختلف تقسیم می‌شود.^۲ در دنیای کوانتومی و کیهانی درهم‌تنیده و کوانتومی^۳ میان علت و معلول تقارن حاکم است. در این حالت‌ها معلول می‌تواند پیش و یا پس علت اتفاق بیافتد. یعنی، علت پی‌آمد معلول و بلعکس معلول پی‌آمد علت باشد: به معنای هم‌ارزی "علت و معلول" و "معلول و علت"، یعنی "تقارن علیت"!

مقدمه

پیش از ورود به اصل موضوع لازم است روشن کنیم که بیان‌های علت و معلولی روزمره‌ی ما چه معنایی دارند. می‌دانیم که یکی از پایه‌ای‌ترین ایده‌های اولیه علوم طبیعی، به‌ویژه علم فیزیک، علیت است که می‌گوید در طبیعت هیچ چیزی بدون علت اتفاق نمی‌افتد. یعنی، برای هر اتفاقی (معلولی) یک اتفاق دیگری (علت) وجود دارد که در گذشته‌ی آن بوده و لازم و ملزوم معلول است. در یک چنین تعریفی از علیت مفهوم‌های علت و معلول دقیق نمی‌باشند. چرا که برای مثال یک معلول می‌تواند نه یک علت بلکه چندین علت داشته باشد.

در تعریف دقیق علیت، محدود شده به تجارب روزمره، می‌گوئیم: دو پدیده تحت شرایط مشابهی از یک حالت اولیه مشابه، از روندی مشابه برخوردار هستند. در غیر این صورت می‌گوئیم (نتیجه می‌گیریم): می‌باید یکی از آن دو پدیده به علتی که ما متوجه آن نشدیم مختل شده باشد. با بسط یک چنین تعریفی از علیت به کل جهان ما باور به قانون عامی به نام قانون علیت داریم؛ قانون عدم تقارن علیت. در طول حدود دویست سال گذشته با این تصور که:

چنانچه حالت حاضر یک سیستم ایزوله در تمامی ابعادش دقیقاً شناخته شده باشد، قادریم حالت‌های آتی آن را محاسبه کنیم، تلاش برای شناخت اساس علوم

طبیعی نموده‌ایم. در ارتباط با همین باور به نامتقارن بودن علت و معلول مقوله‌ای را به نام مقوله‌ی دترمینیسم ابداع نموده‌ایم که می‌گوید:

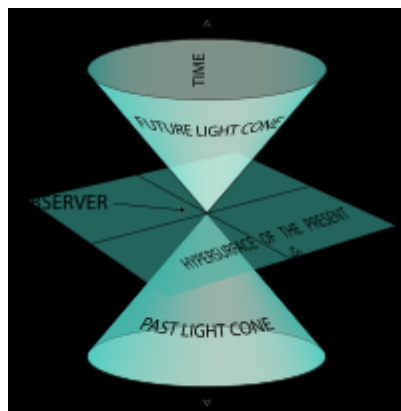
چنانچه تمامی ابعاد تعیین کننده‌ی یک سیستم ایزوله برای یک زمان معین دقیقا مشخص باشند، می‌توان نتایج سنجش‌های آتی بر آن را برای زمان‌های دیگر محاسبه نمود.

متوجه هستیم که در بیان ذکر شده فرض بر این گذاشته شده است که می‌توان سیستم مربوطه را ایزوله کرد و تمامی ابعاد تعیین کننده‌اش را دقیقا مشخص نمود. این‌که آیا اصولا چنان فرضی عملی است یا خیر مورد سؤال می‌باشد، به‌ویژه وقتی ما تاثیر ابزار سنجش بر سیستم مورد بررسی را دقیقا نشناسیم. از این رو قبول قانون علیت (عدم تقارن علیت) نیازمند کسب اطمینان از صحت همه‌ی جوانب ادعای ذکر شده می‌باشد.

عدم تقارن علیت مدت زمانی طولانی در دانش فلسفه و در مکانیک نیوتنی معتبر بود و هنوز هم این‌جا و آن‌جا کارآرایی عملی (روزمره) دارد. اما از اوایل قرن بیستم از دو سو مورد سؤال قرار گرفت و محدودیت‌هایی به آن تحمیل شد، از سوی: ۱- نظریه نسبیت و ۲- نظریه کوانتوم.

نظریه نسبیت و قانون علیت

بنابر نظریه نسبیت حداکثر سرعت انتقال در طبیعت سرعت نور با حدود سیصد هزار کیلومتر در ثانیه می‌باشد و نه آنگونه که در مکانیک نیوتنی بی‌نهایت تصور می‌شد و می‌شود. محدودیت در سرعت انتقال پی‌آمدهای بسیار شایان توجهی را به همراه دارد.^۲ از جمله این‌که فضا زمان ساختاری ۴ بعدی پیوستار متشکل از ۳ بعد فضا و ۱ بعد زمان پیدا می‌کند. در مکانیک نیوتنی اما فضا جدا از زمان (گسسته) ارزیابی می‌شود. به‌خاطر پیوستگی فضا زمان در نظریه نسبیت می‌توان آن را به ۴ حوزه‌ی مختلف تقسیم نمود (عکس زیر): آینده؛ گذشته و بخش‌هایی که فضاگونه (spacelike, raumartig) نامیده می‌شوند. آینده: جایگاه اثرگذاری اتفاق؛ گذشته: جایگاه علت‌های اتفاق؛ بخش‌های فضاگونه، جدا از دو بخش نامبرده و فارغ از رابطه‌ی علت و معلولی.



ترسیمی از یک مخروط نوری

بدون شناخت درست از نظریه نسبیت و همچنین آنچه در زیر تحت عنوان نظریه کوانتوم ذکر می شود نمی توان به مسئله مهم علیت پرداخت و نظری عام ارایه داد. برای تایید این گفته همین بس که کسب و ارزیابی و تعبیر درست دست آوردهای شگرف و بی شمار علمی و فنی یک قرن گذشته بدون ملاحظه نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم محال بودند. بی شک توسعه دانش فلسفه در دوران اخیر از جمله مدیون نظریه های ذکر شده و تلاش فیلسوفان کنجکاو با فکر باز برای دریافت تازه های علوم پایه است. حل مسایل پیچیده و بزرگ علمی پیش رو و در راس آنها مسئله علیت خواهان همپاری تنگاتنگ دانش فلسفه و علوم پایه، در درجه نخست علم فیزیک و شاخه های جدید آن فیزیک سیستم های زنده (بیولوژی)، می باشد.

نظریه کوانتوم و قانون علیت

نظریه کوانتوم تصور ما از علیت (علت و معلول) را همچون نظریه نسبیت به چالش کشیده است. در دنیای کوانتوم نمی توان تنها با یک اندازه گیری جایگاه فضازمانی خاصی را برای یک اتفاق تعیین نمود. امری که در مکانیک نیوتنی بلامانع می باشد. در اینجا می توان برای مثال مسیر یک سنگ پرتاب شده را، با داشتن داده های اولیه آن، دقیقاً محاسبه و تعیین نمود. در مکانیک کوانتومی اما چنین امری امکان پذیر نیست. لذا تنها راه، اندازه گیری های زیاد بر روی ابژه مورد بررسی و محاسبه آماری نتایج اندازه گیری ها می باشد. نتایج به دست آمده از این طریق نشان می دهند که اتفاق های کوانتومی، به طور متوسط، رفتاری علت و معلولی دارند. یعنی، در نظریه کوانتوم فارغ از امکان بررسی آماری

"اصولاً ممکن نیست تمامی ابعاد ضروری تعیین کننده برای یک سیستم ایزوله را جهت ارزیابی وضعیت آینده آن معین نمود."

در نتیجه تعریف قانون علیت، به شکلی که در بالا ارایه شد (بخش مقدمه)، بی محتوا می باشد. در همین راستا لازم است اشاره کنم که برای امانوئل کانت علت و معلول، قانونی محسوب نمی شود که تجربی قابل آزمایش است. کانت اعتقاد به آپریوری بودن قانون علیت "synthetisches Urteil a priori" دارد. و این از نظر او اساس علوم طبیعی را تشکیل می دهد. نظری که بی شک چیزی نیست جز نگاه دترمینیستی به امور.

به دلیل آن که پروسه های طبیعی در فضا و زمان بررسی می شوند لذا نیاز به ارایه دقیق مکان و زمان و ابعاد تعیین کننده دیگر ابژه مورد بررسی می باشد. اصل عدم قطعیت (ورنر هایزنبرگ) نشان می دهد که نمی توان برای مثال مکان و زمان را همزمان دقیق اندازه گرفت.^۵ یعنی، در نظریه کوانتوم تعیین رابطه علیت و معلول به شکلی که در مکانیک نیوتنی مرسوم است ناممکن می باشد. در نتیجه طبیعی است که حالت آینده یک سیستم کوانتومی نامشخص و نادقیق باشد. در اینجا تنها راه تعیین وضعیت حال و آینده سیستم محاسبه آماری از نتایج اندازه گیری های زیاد بر روی سیستم، به طور متوسط، عملی است. به عبارت دیگر، اصل عدم قطعیت اساس قانون علیت ارایه شده در بخش مقدمه را نه

تنها به‌طور کلی زیر سؤال می‌برد بلکه آن را بی‌محتوا و غیرموجه می‌کند. فیزیکدان‌ها در نقاط مختلف جهان (اتریش، دانشگاه وین ۲۰۱۵ و کانادا، دانشگاه واترلو ۲۰۱۷) موفق شدند در آزمایش‌های پیچیده‌ی کوانتومی شرایطی را به‌وجود آورند که در آن‌ها دیگر رابطه‌ی علّت و معلولی میان اتفاق‌ها قابل تشخیص نبود.^۷ چرا که در دنیای کوانتومی قواعد دیگری نسبت به دنیای کلاسیک (مکانیک نیوتنی) حاکم است. به این معنا که در این‌جا نمی‌توان مدعی بود که علّت همواره پیش از معلول اتفاق می‌افتد. و این نه به‌خاطر دسترسی نداشتن به انفورماسیون‌های لازم است. بلکه اصولاً چنان انفورماسیون‌هایی وجود ندارند. در واقع فیزیک کوانتومی امکان تداخل هر دو اتفاق، علّت و معلول، را مجاز می‌داند (Superposition). به بیان ساده‌تر، به نظر هر دو اتفاق (علّت و معلول) هم‌زمان عمل می‌کنند: به معنای تقارن میان علّت و معلول، میان معلول و علّت! نتیجه این‌که قوانین بنیادی علم ردیابی علّت و معلول را محال می‌شمارد.^۷

منابع

1. J. Thompson, A. J. Garner, J. R. Mahoney, J.P. Crutchfield, V. Vedral, M. Gu, Causal Asymmetry in a Quantum World, Physical Review X **8**, 031013 (2018)
2. A. Einstein, Zur Elektrodynamik bewegter Körper, Ann. d. Physik, **17** (1905)
3. C. Kiefer, Der Quantenkosmos, S. Fischer Verlag, Frankfurt a. M., 2008
4. M. Born, Zur statistischen Deutung der Quantentheorie, E. Battenberg Verlag Stuttgart, 1962
5. W. Heisenberg, Atomphysik und Kausalgesetz, in: Das Naturbild der heutigen Physik, Rowohlt Verlag, Hamburg, 1979
6. P. Walther und C. Brukner, Kausalität in der Quantenwelt, Spektrum, 3, 2019
7. H. Bolouri

حسن بلوری، علم اندیشیدن - ریشه‌ها و روش‌ها، نشر هزاره‌ی سوم، زنجان ۱۳۹۴

عکس داخل مقاله از ویکی‌پدیای آلمانی

