فلسفهٔ علم، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
دوفصل‌نامهٔ علمی (مقالهٔ علمی ـ پژوهشی)، سال دهم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، ۱۷۳–۱۹۲

برهان تنظیم ظریف و اشکال «اندازه»

قاسم محمدی*

فرح رامین**

چکیده

با پیشرفت شگرف فیزیک و زیررشته‌های آن از قبیل کیهان‌شناسی و فیزیک کوانتوم، براهین غایت‌شناختی دربارهٔ وجود خدا به‌ویژه برهان تنظیم ظریف کیهانی در صدر مباحث الهیاتی قرار گرفت. به‌موازات حمایت‌های متعدد از این برهان، اشکال‌های گوناگونی نیز راجع به آن از سوی منتقدان مطرح شد. اشکال اندازه یکی از برجسته‌ترینِ آن‌هاست که کاربست حساب احتمالات در این برهان را هدف می‌گیرد. براساس این اشکال، حساب احتمالات توانایی تأمین اصل‌موضوع شمارا ـ جمع‌پذیری در مجموعه‌های نامتناهی را ندارد و ازاین‌رو حساب احتمالات به‌کاررفته در برهان مبتلا به مشکل هنجارناپذیری است. در مواجهه با این اشکال معمولاً دو راهبرد از سوی حامیان این برهان پی‌ریزی می‌شود: راهبرد اول پذیرفتن اشکال و تلاش برای دورزدن آن از طریق بهنجارسازی احتمالات است؛ و راهبرد دوم طبیعی جلوه‌دادن کاربست احتمالات هنجارناپذیر در دانش‌های گوناگون از قبیل کیهان‌شناسی و مکانیک آماری است. ما در این مقاله، علاوه‌بر بررسی اشکال اندازه و نقد دو راهبرد پیش‌گفته، راهبرد سومی را که حامیان برهان تنظیم ظریف چندان جدی نگرفته‌اند مطرح و از آن دفاع خواهیم کرد. در این راهبرد بعد از نگاهی هستی‌شناختی به اشکال اندازه نشان خواهیم داد که تأمین اصل‌موضوع

* دانشجوی دکتری کلام اسلامی، دانشگاه الهیات و معارف اسلامی، دانشگاه قم (نویسندهٔ مسئول)، qasem.muhammadi@yahoo.com

** دانشیار گروه فلسفه، دانشکدهٔ الهیات و معارف اسلامی، دانشگاه قم، f.ramin@qom.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۹

شمارا ـ جمع‌پذیری لازم نیست و می‌توان به اصل شمارا ـــ متناهی‌بودن در حساب احتمالات برهان تنظیم ظریف اکتفا کرد.

کلیدواژه‌ها: برهان تنظیم ظریف، اشکال اندازه، نظریهٔ احتمالات، هنجارپذیری احتمالات، شمارا ـ جمع‌پذیری.

۱. مقدمه

با پیشرفت شگرف فیزیک و زیررشته‌های آن از قبیل کیهان‌شناسی و فیزیک کوانتوم براهین غایت‌شناختی دربارهٔ وجود خدا به‌ویژه برهان «تنظیم ظریف کیهانی» در صدر مباحث الهیاتی قرار گرفت. به‌موازات حمایت‌های متعدد از این برهان، اشکال‌های گوناگونی نیز درمورد آن از سوی منتقدان مطرح شد. اشکال اندازه یکی از برجسته‌ترینِ این چالش‌هاست که کاربست حساب احتمالات در این برهان را هدف می‌گیرد. این اشکال درحقیقت درمورد وفاداری احتمالات استفاده‌شده در برهان تنظیم ظریف به اصول‌موضوع حساب احتمالات تشکیک می‌کند که جزئیات آن درادامه خواهد آمد.

اشکال اندازه در نظریهٔ تنظیم ظریف را اولین‌بار دنیس شَما (Dennis Sciama) و البته به‌صورت ضمنی پل دیویس (Paul Davies) در ابتدای دههٔ نود قرن گذشتهٔ میلادی مطرح کردند (Koperski 2005: 305) و حدود یک دهه بعد برخی منتقدان[1] این برهان در مقالات مستقلی به تبیین مفصل و دقیق این اشکال پرداختند. مدافعان معتقدند که تنظیم ظریف باوجود این اشکال دیگر نمی‌تواند تبیین احتمالاتی منسجم و مبتنی‌بر حساب احتمالات داشته باشد. ازاین‌رو، نه حامیان نظریهٔ چندجهانی و نه طرف‌داران نظریهٔ ناظم هوشمند نباید برای پشتیبانی ادعایشان به تنظیم ظریف استناد کنند. مطرح‌کنندگان اشکال درحقیقت معتقدند که اگرچه ممکن است به‌نحو شهودی شواهد ارائه‌شده بر تنظیم ظریف نیاز به تبیین داشته باشد، اما این تبیین نمی‌تواند مبتنی‌بر استفاده از حساب احتمالات سامان پذیرد.

۲. نظریهٔ اندازه

اندازه در هندسه مفهومی آشنا برای همه است که معمولاً مقدار طول، مساحت، و یا حجم را در فضاهای اقلیدسی مشخص می‌کند. مفهوم اندازه در حساب احتمالات درحقیقت تعبیری شهودی از مفهوم تعمیم‌یافتهٔ طول، مساحت، و یا حجم هندسی است که به یک مجموعه یا زیرمجموعه تعلق می‌گیرد که اصول موضوع احتمالات را تأمین کنند

(Martin and England 1981: 1-2). مفهوم اندازه استفاده‌های متعددی در موضوعات مختلف ریاضی (برای نمونه انتگرال لبگ) و فیزیک (برای نمونه نظریهٔ ارگودیک در دینامیک) دارد. در محاسبهٔ احتمالات یک رخداد در مجموعه‌ای متشکل از زیرمجموعه‌های متعدد هر زیرمجموعه متناسب با اندازه‌اش در ساختن فضای نمونه یک مقدار احتمالاتی به‌خود اختصاص می‌دهد. این امر در فضاهای نمونهٔ متناهی و گسسته کاملاً شفاف است؛ یک تاس شش‌وجهی مجموعهٔ فضای نمونه‌ای به‌اندازهٔ ۶ به‌خود اختصاص می‌دهد و به رخداد هر وجه نیز مقدار احتمال $\frac{1}{6}$ تعلق می‌گیرد. اما کار در فضاهای نمونهٔ نامتناهی با زیرمجموعه‌های پیوسته مشکل است. در چنین مواردی بسیاری از احتمال‌دانان برای گرفتارنشدن به پارادوکس‌های احتمالی از قبیل پارادوکس «شرط‌بندی کتاب هلندی» (Dutch book paradox) اصول موضوعی را وضع کرده‌اند که براساس آن‌ها تنها زیرمجموعه‌هایی که این اصول موضوع را تأمین کنند اندازه‌پذیر (measureable) خواهند بود که ازجملهٔ آن‌ها شمارا ـ جمع‌پذیری (countable additivity) است (Halmos 1974: 30). ما درادامه اشکال اندازه در حساب احتمالات برهان تنظیم ظریف را تبیین خواهیم کرد.

۳. اشکال اندازه در برهان تنظیم ظریف

آن‌گونه‌که منتقدان بیان می‌کنند، مشکلی که در موضوع اندازه در تنظیم ظریف رخ می‌نماید نقض‌شدن یکی از اصول موضوع نظریهٔ احتمال یعنی شمارا ـ جمع‌پذیری است (McGrew et al. 2001: 1030).

این مشکل با کاربست اصل عدم تفاوت (principle of indifference) در مجموعه‌هایی با اندازهٔ نامتناهی ظهور می‌کند. در محاسبات احتمالاتی اگر اندازهٔ هر زیرمجموعه از فضای نمونه مشخص باشد، توزیع احتمال بر همان اساس انجام می‌گیرد. اما درصورت عدم وجود اطلاعات درمورد اندازهٔ هر زیرمجموعه در فضای نمونه براساس اصل عدم تفاوت، احتمالات به‌شکل مساوی بین همهٔ زیرمجموعه‌ها تقسیم می‌شود. رویهٔ رایج و شایع در حساب احتمالات این است که از اصل عدم تفاوت، باوجود مشکلات گوناگونی که با آن مواجه می‌شود، به‌عنوان بهترین رویکرد برای اختصاص احتمال پیشین در موارد جهل به‌اندازهٔ زیرمجموعه‌های احتمالی استفاده شود (Weatherford 1982: 35).

اما این رویه در مجموعه‌های با اندازهٔ نامتناهی که ما دلیلی برای تفاوت در توزیع غیرمساوی احتمالات بر زیرمجموعه‌های آن نداریم مشکل‌ساز می‌شود؛ چراکه به‌مقتضای

اصل عدم تفاوت باید به همهٔ زیرمجموعه‌های متناهیِ موجود در چنین مجموعهٔ نامتناهی اندازهٔ $1/\infty$، یعنی صفر، اختصاص دهیم و این نحوهٔ توزیع احتمال اصل موضوع شمارا ـ جمع‌پذیری را نقض می‌کند. بروز این اشکال در برهان تنظیم ظریف به این صورت است که ثوابتی که در برهان مزبور مورداستناد قرار می‌گیرند مقادیرشان می‌تواند از ۰ تا $+\infty$ متغیر باشد؛ ازاین‌رو مجموعهٔ فضای نمونهٔ ما بی‌نهایت خواهد بود. هم‌چنین، زیرمجموعه‌های مقادیر مختلف این ثوابت، از جمله زیرمجموعهٔ مقادیر مجوز حیات، براساس اصل عدم تفاوت اندازه‌ای معادل $1/\infty$ یعنی صفر به‌خود اختصاص می‌دهد و این مشکل‌زاست، چراکه حاصل جمع بی‌نهایت صفر صفر خواهد شد. بنابراین، شرط شمارا ـ جمع‌پذیری که اقتضا می‌کند مجموع اندازهٔ زیرمجموعه‌ها به یک بینجامد در حساب احتمالات برهان تنظیم ظریف نقض می‌شود. حتی اگر بخواهیم اصل عدم تفاوت را نقض کنیم و اندازه‌ای غیر از صفر به زیرمجموعه‌ها اختصاص دهیم، باز هم شمارا ـ جمع‌پذیری را نقض کرده‌ایم؛ چراکه دراین‌صورت مجموع اندازهٔ زیرمجموعه‌ها به‌جای یک بی‌نهایت خواهد شد. تیموثی مکگرو، لیندا مکگرو، و اریک وستروپ راجع به این اشکال می‌نویسند:

> این [نوع احتملات موجود در برهان تنظیم ظریف] بیش‌تر شبیه ریاضیات باطنی و عرفانی است. احتمالات فقط درصورتی معقول است که مجموع گزینه های مجزا که از لحاظ منطقی محتمل‌اند به عدد یک برسد. به‌بیان ساده‌تر، قضیهٔ احتمالاتی باید به‌نحوی باشد که محتمل‌های گوناگون بتوانند در کنار یک‌دیگر صد درصد فضای احتمالاتی را پوشش دهند. درصورتی‌که اگر فضای نمونهٔ نامتناهی داشته باشیم که مشتمل‌بر ناحیه‌های متناهی و با اندازهٔ یکسان باشد، آن‌گاه به‌مقدار بی‌نهایت از چنین ناحیه‌هایی خواهیم داشت. هم‌چنین اگر بخواهیم به همهٔ این ناحیه‌ها احتمالی هرچند اندک اما بیش از صفر اختصاص بدهیم، مجموع آن‌ها بی‌نهایت خواهد شد (McGrew et al. 2001: 1030).

۴. راه‌بردهای سه‌گانه در پاسخ به اشکال اندازه

واکنش مدافعان برهان تنظیم ظریف به اشکال اندازه را می‌توان در سه راه‌برد کلی دسته‌بندی کرد:

در راه‌برد اول تلاش بر این است تا از ابتدا کاربست نظریهٔ احتمالات در برهان تنظیم ظریف به‌نحوی تقریر شود که دچار مشکل اندازه و هنجارناپذیری (non-normalizability) نشود. درحقیقت، در این راه‌برد اصل مشکل پذیرفته می‌شود و تلاش می‌شود تا اشکال

به‌نحوی دور زده شود. رابین کالینز با پی‌گرفتن این راه‌برد سعی می‌کند با ارائهٔ تقریری هنجارپذیر از کاربست احتمالات در برهان تنظیم ظریف، از ابتدا از مطرح‌شدن این مشکل جلوگیری کند. البته او برای تکمیل بحث، و بدون تبیین جزئیات، به راه‌برد سوم نیز اشاره‌ای می‌کند، اما رویکرد اصلی او در اشکال اندازه همین راه‌برد اول است؛

راه‌برد دوم عدم پذیرش هنجارناپذیری در احتمالات به‌منزلهٔ مشکلی اساسی است. چهرهٔ شاخص در تبیین راه‌برد دوم جفری کپرسکی است. او هنجارناپذیری حساب احتمالات را مشکل‌زا نمی‌داند و برای اثبات مدعای خود به کاربست حساب احتمالات هنجارناپذیر در دو دانش مکانیک حرکت (دینامیک) و کیهان‌شناسی متوسل می‌شود؛

درنهایت، راه‌برد سوم در پاسخ به اشکال اندازه رویکردی حلی دارد. در این رویکرد تلاش می‌شود تا از طریق بازشناسی ماهیت اشکال اندازه در بستر نامتناهی‌ها اصل هنجارپذیری یا شمارا ـــ جمع‌پذیری جای‌گزین اصل متناهی ـــ جمع‌پذیری (finite additivity) شود تا سایهٔ این معضل به‌کلی از سر مجموعه‌های به‌اصطلاح هنجارناپذیر برداشته شود. درادامه هریک از این سه راه‌برد را توضیح خواهیم داد.

۱.۴ راه‌برد اول: احتمالات در تنظیم ظریف هنجارپذیر است

کالینز معتقد است که حساب احتمالات در برهان تنظیم ظریف هنجارپذیر است. او بر این باور است که فضای نمونه یا به‌تعبیر خود او «دامنهٔ مقایسه» (comparison range) متناهی است و ازاین‌رو تأمین اصل شمارا ـ جمع‌پذیری که به مجموعه‌های نامتناهی مربوط می‌شود اساساً منتفی است (Collins 2009: 239). از نظر کالینز، مسئلهٔ دامنه‌های نامتناهی در فیزیک موضوع بغرنج و حل‌ناشده‌ای نیست. چنین دامنه‌هایی گرچه در بدو امر به‌جهت محدودیت‌های دانش فیزیک در فهم و تبیین کامل مقادیر ثوابت فیزیکی مشکل‌ساز به‌نظر می‌آیند، اما فیزیک‌دانان با بازتعریف دامنهٔ محاسبه‌ها براساس مقادیری که فرمول‌ها و مدل‌های موفق موجود اجازه می‌دهند بر این مشکل فائق می‌آیند (ibid.). کالینز ابتدا مقصود از ثوابت فیزیکی و قوانین فیزیکی و تفاوت آن‌ها را تشریح می‌کند و آن‌گاه به تبیین محدودهٔ فضای نمونه می‌پردازد. از نظر او فضای نمونهٔ موردبحث ما در تنظیم ظریف مدل‌های موفق و جاافتادهٔ (well-established) فیزیکی درباب ثوابت و قوانین فیزیکی از قبیل مدل استاندارد مکانیک کوانتومی است. کالینز بعد از تشریح این مقدمه به‌منظور تبیین فضای مرجع مفهوم «فضای روشن شناختی» (epistemically illuminated region) را معرفی می‌کند،

فضایی که اگرچه همهٔ مجموعه‌های مقادیر یک ثابت را شامل نمی‌شود، اما آن‌قدر بزرگ است که در مقایسهٔ اندازهٔ بازهٔ مدنظر ما، یعنی نسبت مقادیر مجوز حیات با این فضای روشن شناختی، ویژگی توضیح‌خواهی پابرجا باقی بماند (ibid.: 239-249).

کالنیز برای روشن‌شدن مفهوم فضای روشن شناختی به تمثیلی ملموس اشاره می‌کند؛ تختهٔ دارت فوق‌العاده بزرگی را تصور کنید که به‌دلیل تاریک‌بودن فضا اندازه و بزرگی آن برای ما مشخص نیست. بخش عمده‌ای از این تختهٔ دارت را نورافکنی روشن کرده است، طوری‌که اندازهٔ مرکز هدف به‌نسبت کل فضای روشن بسیار بسیار کوچک است. حال فرض کنید دارتی به‌سمت تخته پرت شود و در مرکز هدف بنشیند (ibid.: 244). سؤال این است که آیا احتمال فرضیهٔ نشانه‌گیری درمقابل فرضیهٔ اصابت تصادفی دارت به مرکز براساس حساب احتمالات قابل‌اندازه‌گیری است یا خیر؟ آیا می‌توان به‌بهانهٔ این‌که کل فضای واقعی تختهٔ دارت برای ما مشخص نیست از احتمال شناختی بالایی که به‌سود فرضیه نشانه‌گیری وجود دارد چشم‌پوشی کرد؟

کالینز معتقد است که مسئلهٔ تنظیم ظریف نیز مشابه فرض مذکور است. گرچه اندازهٔ واقعی دامنهٔ تغییرات یک ثابت فیزیکی به‌واسطهٔ محدودیت دانش فیزیک امروز ما مشخص نیست، اما همین مدل‌های موجود هم به‌اندازهٔ کافی دامنهٔ وسیعی را در مقایسه با اندازهٔ مقادیر مجوز حیات دارند و هم به‌نحوی محدودیت جبری را برای فضای نمونه ما ایجاد می‌کنند تا مشکل هنجارناپذیری احتمالات را نیز برای ما حل کنند (ibid.: 245-247). کالینز یک نمونه از محدودیت‌های جبری را محدودیت نظریه‌های بنیادین کوانتومی در طبیعت می‌داند، ازجمله فیزیک انرژی در مقیاس کوانتوم. مثلاً نیروی هسته‌ای قوی که یکی از ثوابتی است که در تنظیم ظریف نیز استفاده می‌شود در مدلی فهم می‌شود که از نظر تطبیق بر مقادیر محدودیت دارد و تنها بر دامنهٔ خاصی تطبیق‌پذیر است که به آن «بازهٔ انرژی‌های پایین» گفته می‌شود (ibid.: 247-249).

کالینز در تأیید رویکرد خود از آزمایشی فکری و شهود احتمالاتی در این آزمایش بهره می‌برد. فرض کنید فرشته‌ای الهی به شما خبر می‌دهد که کیهان نامتناهی است و تعداد بی‌نهایت سیاره در آن وجود دارد که همگی واجد حیات و تمدن‌اند و شما نیز با همهٔ وجود این خبر را باور می‌کنید. سپس این فرشته به شما می‌گوید که در فاصلهٔ یک میلیارد کیلومتری یکی از این سیاره‌ها گویی قرار دارد از جنس طلا و به‌قطر یک کیلومتر. در این فرض احتمال این‌که این گوی زرین در فاصلهٔ یک میلیارد کیلومتری هریک از سیاره‌ها با

تعداد بی‌نهایت باشد صفر است؛ ازاین‌رو ویژگی شمارا ــ جمع‌پذیری نقض شده است (ibid.: 250-251).

علی‌القاعده موافقان شرط‌بودن شمارا ــ جمع‌پذیری (مانند مک‌گروها و وستروپ) خواهند گفت باید در این‌جا نسبت به احتمالات لاادری‌گرا باقی بمانیم؛ اما این از نظر کالینز پذیرفتنی نیست، چراکه دست‌کم در برخی موارد می‌دانیم عاقلان لاادری‌گرایی در این وضعیت را غیرعقلانی می‌دانند. فرض کنید مخاطب آن فرشته میلیاردری است که توانایی راه‌اندازی سفری فضایی دارد. براساس خبر فرشته، احتمال شناختی یافتن آن گوی زرین نزد این میلیاردر چه‌مقدار است؟ آیا می‌توان گفت که این میلیاردر باید لاادری‌گرا باشد؟ (ibid.).

به‌هرروی، به‌باور کالینز، محدودیت فیزیک امروز برای مقادیری که ثوابت می‌توانند داشته باشند نوعی فضای روشن شناختی ایجاد می‌کند و این امر باعث متناهی‌شدن دامنهٔ فضای نمونهٔ ما و درنتیجه هنجارپذیری محاسبات احتمالاتی بدون نیاز به تأمین اصل موضوع شمارا ـ جمع‌پذیری خواهد شد.

۲.۴ راه‌برد دوم: شمارا ـ جمع‌پذیری چندان در علم جدی گرفته نمی‌شود!

این راه‌برد در مواجهه با اشکال اندازه به صحنهٔ کاربرد احتمالات یعنی علوم طبیعی رجوع می‌کند و با ارائهٔ نمونه‌هایی از کاربست موفق احتمالات به‌اصطلاح هنجارناپذیر در بستر علم این مشکل را اشکالی صرفاً نظری معرفی می‌کند. جفری کپرسکی، که به‌نظر بهترین نمایندهٔ[۲] این راه‌برد است، با اشاره به دو مصداق در حوزهٔ دو دانش مکانیک و کیهان‌شناسی کاربست احتمالات هنجارناپذیر را در علم امری طبیعی می‌داند (McGrew et al. 2001: 306-311).

شاهد اول کپرسکی مربوط به دانش مکانیک کلاسیک است. در این دانش ما به مصداق‌هایی برمی‌خوریم که در تعریف فضای مدل و توزیع احتمالاتی برخی از زیرمجموعه‌ها احتمالی بهتر از صفر نصیبشان نمی‌شود، اما درعین‌حال این امر در سامان‌دادن به محاسبات احتمالاتی در این موارد مشکلی ایجاد نمی‌کند. او حتی ادعا می‌کند که شاید بتوان خودِ وجود چنین مجموعه‌هایی با احتمال صفر را شاهدی واقعی بر وجود واقعی این مجموعه‌ها در نظر گرفت (Koperski 2005: 307-308). بررسی نمونه‌های مطرح‌شده از سوی کپرسکی خالی از لطف نیست.

نمونهٔ اول مربوط به روش مکانیک‌دانان آماری در تشخیص اِرگودیک‌بودن یا نبودن یک سیستم مشتمل‌بر فضای فاز متغیر است. نخست باید بدانیم در مکانیک کلاسیک فضاهای فاز معمولاً اندازه‌ای طبیعی دارند، اما منحصر به چنین نمونه‌های نیستند. اقسام دیگری از فضاهای فاز براساس مکان و سرعت نیز می‌توانند در مکانیک استفاده شوند که به‌واسطهٔ عدم برخورداری از ویژگی‌های فضاهای فاز معمولی، اندازه‌های اختصاص‌یافته به هریک از آن‌ها و به‌تبع آن نحوهٔ توزیع احتمال به آن‌ها متغیر و ادامه‌دار است. در توزیع احتمال، مجموعه‌های با اندازهٔ صفر احتمال صفر و مجموعه‌های با اندازهٔ کامل احتمال یک می‌گیرند (ibid.: 308).

اما از نظر دانشمندان مکانیک آماری این اوضاع غیرمعمول باعث نمی‌شود نظریهٔ احتمالات قادر نباشد تا مقدار میانگین تابعِ متغیرهای فازی در سیستمی را که به‌سمت بی‌نهایت سوق می‌یابد محاسبه کند و ارگودیک‌بودن یا نبودن آن سیستم را مشخص کند (ibid.). مکانیک‌دانان زمانی سیستمی را ارگودیک می‌دانند که میانگین‌های محاسبه‌شده در حالت میل زمان به‌سوی بی‌نهایت با میانگین ریزسیستم‌های فرض‌شده در یک محدودهٔ زمانی مشخص برابر باشد. با چنین فرایندی در سیستم‌های ایدئال، مانند کره‌های سخت در یک جعبه، می‌توان خاصیت ارگودیک‌بودن را ثابت کرد. البته این‌جا مشکلی وجود دارد. در چنین سیستم‌هایی مجموعهٔ نقاط فاز ابتدایی دارای اندازهٔ صفرند. اگرچه این زیرمجموعه‌ها بسیار کوچک‌اند، اما به‌هرروی شامل پرتابه‌های غیرعادی‌اند که میانگین فاز و میانگین‌های زمان در آن‌ها مساوی نیستند. گرچه در چنین محاسباتی ما زیرمجموعه‌های هنجارناپذیر و با اندازهٔ صفر داریم، اما این موضوع درمیان تمام فضای موجود نادیده گرفته می‌شود و دینامیک‌دانان از چنین حساب احتمالاتِ هنجارناپذیری در شناسایی سیستم‌های ارگودیک بهره می‌برند (ibid.).[۳]

کاربست نظریهٔ اندازه درمورد فضاهای نامتناهی و وجود زیرمجموعه‌های با اندازهٔ صفر در سایر دانش‌ها ازجمله کیهان‌شناسی نیز مشاهده می‌شود. کیهان‌شناسان در موارد متعدد فضاهای نمونهٔ نامتناهی ترسیم می‌کنند و درعین‌حال محاسبات احتمالاتی را در چنین فضاهای نمونه‌ای سامان می‌دهند (ibid.).

یکی از این نمونه‌ها در کیهان‌شناسی با احتمالات هنجارناپذیر مربوط است به «نظریهٔ تورم کیهانی» (inflation theory) و مناقشهٔ مدافعان و مخالفان درمورد این نظریه. نکتهٔ قابل‌توجه در این مناقشه‌ها این است که باوجود مخالفت‌های گستردهٔ دو طرف در امور گوناگون، هیچ‌یک با به‌کارگیری احتمالات هنجارناپذیر مشکلی ندارند (ibid.).

برای محک‌زدن فرضیه‌ای مانند تورم کیهانی معمولاً فضایی با بی‌نهایت مدل کیهانی تصویر می‌شود که همه تابع مدل FLRW[۴] هستند. این کیهان‌های محتمل با شرایط اولیهٔ منحصربه‌فرد به‌شکل نقطه‌هایی در این فضا ـ حالت تصویر می‌شوند و دست‌خوش تکامل هامیلتونی (Hamiltonian evolution)[۵] هستند، به‌نحوی‌که هر پرتابه نمایان‌گر تکامل کامل یک مدل کیهانی خواهد بود. اینک برای محاسبهٔ آماری احتمال وقوع هریک از این مدل‌های کیهانی اندازه‌ای برای هریک از این مدل‌ها مشخص می‌شود و با اندازهٔ نامتناهی مجموعهٔ فضای نمونه سنجیده می‌شود. در محاسبهٔ اندازهٔ مدل‌ها معمولاً سه شرط[۶] مدنظر قرار می‌گیرد که هنجارپذیربودن جزء آن‌ها نیست (ibid.). آن‌گاه برای اختصاص‌دادن اندازهٔ مناسب به مدل‌های کیهانی از یافتن یک خاصیت غالب که در همهٔ مدل‌های تابع (FLRW) وجود دارد شروع می‌شود.

یکی از اسرار کیهان‌شناسی مسئلهٔ تختی کیهان است. کیهان از لحاظ هندسی تخت است؛ یعنی چگالی نسبی آن تقریباً برابر با یک است. چگالی نسبی کم‌تر از یک کیهانی هذلولوی (hyperbolic universe) و چگالی نسبی بیش از یک کیهانی کروی (spherical universe) را نتیجه می‌دهد. مسئلهٔ تختی فعلی کیهان در پیوند مستقیم است با وضعیت اولیهٔ کیهان در چگونگی فرایند تقسیم چگالی ماده و انرژی است و باتوجه‌به این‌که کیهان تخت است، لازم است در وضعیت اولیه دقیقاً چگالی بحرانی یک دارا بوده باشد. این درحالی است که براساس نظریهٔ مهبانگ، احتمال چگالی نسبی مساوی با یک فوق‌العاده پایین است، اما باوجود این ما شاهد کیهانی تختیم. یکی از پاسخ‌های برخی کیهان‌شناسان نظریهٔ تورم کیهانی است. براساس این نظریه، جهان بعد از تکینگی مهبانگ در بازهٔ زمانی 10^{-36} تا حدود 10^{-32} ثانیه دچار تورمی نمایی می‌شود و بعد از این زمان سرعت انبساط کیهان کاهش می‌یابد. براساس نظریهٔ تورم، کیهان تخت نیست، اما ازآن‌جاکه ما تنها با بخش کوچکی از آن مرتبطیم که به‌صورت طبیعی برای ما تخت به‌نظر می‌آید، آن را تخت می‌پنداریم (Liddle and Lyth 2000: chap. 3).

از اوایل دههٔ هشتاد میلادی تا کنون بسیاری از کیهان‌شناسان بر این باورند که نظریهٔ تورم قادر است برخی مسائل پیچیدهٔ کیهان‌شناسی از قبیل تختی کیهان را حل کند. برای نمونه گیبونز و همکارانش (Gibbons et al. 1987: 736) در مقالهٔ «اندازهٔ طبیعی در مجموعه همهٔ کیهان‌ها» (a natural measure on the set of all universes) معتقدند که تورم تختی را تبیین می‌کند؛ چراکه تورم تقریباً در همهٔ مدل‌های کیهانی مبتنی‌بر متریک FLRW، که متریک بسیار موفق کیهان‌شناختی است، رخ می‌دهد و ازاین‌رو تختی در کیهان‌هایی که تورم در

آن‌ها به‌وجود می‌آید مسئلهٔ ویژه‌ای نیست که نیاز به تبیین داشته باشد. درمقابل این نظریه، کیهان‌شناسان دیگری (Hawking and Page 1988) بر این باورند که اگرچه تختی تقریباً در همهٔ مدل‌ها اتفاق می‌افتد، اما لزوماً دلیل آن تورم نیست (Koperski 2005: 309).

همان‌گونه‌که کپرسکی تصریح می‌کند، این‌که آیا تورم کیهانی می‌تواند پاسخ‌گوی مسئلهٔ تختی کیهان باشد یا خیر در بحث ما اهمیتی ندارد. آن‌چه از این مناقشه‌ها برای ما حائز اهمیت است این است که حساب احتمالاتی که در این مباحث استفاده می‌شود حساب‌های هنجارناپذیر احتمالی است (ibid.: 308)؛ چراکه هر دو طرف توافق دارند که در توزیع احتمال میان مدل‌های کیهانیِ محتمل، باتوجه‌به نامتناهی‌بود فضای حالت ما، احتمالی بهتر از صفر نصیب مدل کیهان تختْ نمی‌شود و ازاین‌رو رخداد آن نیاز به تبیین دارد. اما بااین‌حال هر دو طرف اصل توضیح‌خواهی بدوی را، که محصول به‌کارگیری احتمالات هنجارناپذیر است، می‌پذیرند. البته برخی (Kirchner and Ellis 2003; Ellis et al. 2003) کیهان‌شناسان تلاش کرده‌اند تا با ارائهٔ مدلی برای توزیع احتمال از توزیع احتمال صفر اجتناب کنند؛ اما باوجوداین خود آن‌ها تصریح کرده‌اند که تا یافتن اطلاعات جدید برای تبیین ویژگی‌های مجموعهٔ کیهان‌های محتمل، که البته در آیندهٔ نزدیک بسیار نامحتمل است، هرگونه محاسبات احتمالاتی درقالب احتمالات هنجارناپذیر خواهد بود (ibid.).

اما به‌هرحال چنین مشکلی تا امروز کیهان‌شناسان را از بهره‌بردن از چنین محاسباتی منصرف نساخته و بعید است که در آینده نیز چنین اتفاقی بیفتد.

آن‌چه در این‌جا باید بدان توجه شود این است که همان‌گونه‌که کپرسکی در انتهای مقاله‌اش اشاره می‌کند، این مثال‌ها مشکل اندازه را از ریشه حل نمی‌کنند (ibid.: 318). اساساً مثال نقض، به‌جای حل سؤال، فقط آن را گسترش می‌دهد. اما به‌هرروی این دو نمونه درکنار نمونه‌های متعدد دیگر در دانش‌های طبیعی نشان می‌دهد دانشمندان این علوم درعین احترام و بهره‌گیری از قواعد ریاضی در ماجراجویی علمی خود را مقید به قواعد و اصول به‌اصطلاح موضوعهٔ ریاضی نمی‌دانند و درکمال تعجب، این رویکرد آن‌ها دست‌کم در بسیاری موارد جواب می‌دهد.

۳.۴ ارزیابی راه‌برد اول و دوم

همان‌گونه‌که مشاهده شد، راه‌برد اول اشکال اندازه در تنظیم ظریف را می‌پذیرد، اما تلاش می‌کند تا با تعیین فضایی محدود که مبتنی‌بر محدودیت‌های فیزیک امروز در اندازه‌گیری مقادیر ثوابت فیزیکی است، به‌نوعی این چالش را دور بزند. کالینز که نمایندهٔ اصلی این

راه‌برد است در تأیید این رویکرد خود مثال «فرشته و گوی زرین» را نیز مطرح کرد و اظهار داشت که اگرچه در این مثال احتمالات هنجارناپذیر است، ما به‌نحو شهودی می‌دانیم که می‌توانیم محاسبات احتمالاتی داشته باشیم و حق نداریم آن‌گونه‌که منتقدان مطرح می‌سازند بلاتکلیف و لاادری‌گرا باقی بمانیم.

نقدی که به‌نظر می‌رسد به این راه‌برد وارد است این است که به امری که در تنظیم ظریف به‌چالش کشیده شده است پاسخ نمی‌دهد. توضیح این مطلب این است که اشکال اندازه به اصل موضوعی از اصول موضوع حساب احتمالات تمسک می‌کند و آن را مانند هر اصل موضوع دیگر بدیهی و ضامن انسجامِ منطقی محاسبات استفاده‌شده در تنظیم ظریف تلقی می‌کند. برای مثال، مک‌گروها و وستروپ در تبیین اشکال اندازه می‌نویسند: احتمالات فقط درصورتی معقول است که مجموع گزینه‌های مجزا که از لحاظ منطقی محتمل‌اند به عدد یک برسد (McGrew et al. 2001: 1030).

ازاین‌رو، اشکال مذکور مشکلی منطقی را که در حساب احتمالات استفاده شده در تنظیم ظریف ره‌گیری کرده است؛ اما آن‌چه راه‌برد اول دنبال می‌کند برخوردی معرفت‌شناختی با این چالش است، چراکه «منطقهٔ روشن شناختی» که براثر محدودیت شناختی فیزیک موجود فراهم شده است توانایی متناهی‌سازی حقیقی مجموعهٔ مقادیر محتمل یک ثابت فیزیکی را ندارد. مجموعه‌ای نامتناهی با فرض خلاف آن یا ضعف ابزار شناختی من (علم فیزیک موجود) به مجموعه‌ای متناهی تبدیل نمی‌شود.

بله یک مجموعهٔ حقیقی متناهی می‌تواند از دل یک مجموعهٔ نامتناهی نیز استخراج شود، مشروط‌براین‌که آن مجموعه براساس دلیلی موجه و به‌وسیلهٔ معیاری متناسب (relevant) انتخاب شده باشد تا مجموعهٔ ما دل‌خواهانه (arbitrary) نباشد

اما ما در این‌جا چنین معیاری نداریم. در تنظیم ظریف ما درپی مقایسهٔ اندازهٔ محدودهٔ مجوز حیات مقادیر ثابت‌ها با مجموعهٔ بزرگ شامل همهٔ مقادیر محتمل ثوابتیم. در چنین موردی حق نداریم دل‌خواهانه و تنها به این سبب که ابزار تشخیص مقادیر ما یعنی فیزیک موجود در مقادیر بسیار بزرگ کارکرد ندارد، مجموعهٔ مقادیر محتمل را محدود بدانیم؛ چراکه روشن است که علم محدود ما به امری باعث محدودیت واقعی آن امر نامتناهی نخواهد شد.

به‌هرروی، از دید مطرح‌کنندگان اشکال اندازه، این مجموعهٔ متناهی شناختی که در راه‌برد اول مطرح می‌شود هنوز نامتناهی است و ازاین‌رو باید برای برخورداری از انسجام منطقی اصل شمارا ـ جمع‌پذیری را تأمین کند.

هم‌چنین، در چنین مواردی نمی‌توانیم به مثال‌های شهودی تمسک کنیم و مثلاً بگوییم من در این‌جا دریافت احتمالاتی شهودی دارم (آن‌گونه‌که در آزمایش فکری فرشته و گوی زرین مطرح شد)، چراکه یکی از وظایف منطق بررسی و منسجم‌سازی امور، ازجمله امور شهودی، با دریافت‌های عقلی است.

کوتاه سخن آن‌که براساس اشکال اندازه، اصول موضوع در حساب احتمالات درصدد طرح‌ریزی محدودیت‌های منطقی برای نامتناهی‌های واقعی یا تعریف شده‌اند. در چنین وضعیتی تعریف مجموعه‌ای متناهی به‌سبب جهل به یک نامتناهی تعریفی دل‌خواهانه و مردود است و شهود نیز در این زمینه کاری از پیش نخواهد برد.

درمورد راه‌برد دوم نیز باید توجه داشت که همان‌گونه‌که مشاهده شد، رویکرد اصلی این راه‌برد ارائهٔ پاسخی نقض و معرفی مواردی دیگر از استفادهٔ احتمالات هنجارناپذیر در دانش‌های طبیعی است. واضح است که پاسخ نقض همواره به‌جای حل مشکل گسترهٔ آن را توسعه می‌دهد. این شگرد با نشان‌دادن رواج استفاده از احتمالات هنجارناپذیر ممکن است هم‌دردی دانشمندان دانش‌های طبیعی را کسب کند، اما ممکن است ازسوی‌دیگر نشان‌دهندهٔ عمق شکاف و عدم تطابق میان علوم طبیعی و ریاضیات نیز باشد.

با عنایت به ملاحظات پیش‌گفته راجع به راه‌برد اول و دوم به‌نظر می‌رسد در پاسخ به اشکال اندازه باید رویکردی حلی اتخاذ شود که با درنظرگرفتن ماهیت این اشکال میسر می‌شود. ما در بخش آتی راه‌برد سوم را با چنین رویکردی ارائه می‌کنیم.

۴.۴ راه‌برد سوم: تأمین اصل موضوع شمارا ـ جمع‌پذیری ضروری نیست

در راه‌برد سوم برای پاسخ به اشکال اندازه ابتدا قدمی به عقب برمی‌داریم و اساس این اشکال را از لحاظ هستی‌شناختی می‌کاویم. در قدم بعدی ادعای طرف‌داران اشکال اندازه در بحث تنظیم ظریف را بررسی خواهیم کرد که اصل شمارا ــ جمع‌پذیری را اصل موضوع می‌دانند و پای‌بندی به آن را ضامن انسجام منطقی حساب احتمالات در تنظیم ظریف تلقی می‌کنند. نشان خواهیم داد که نقض اصول موضوع در مسئلهٔ ریاضیاتی لزوماً آن مسئله را غیرمنطقی نمی‌سازد. درانتها نیز خواهیم گفت که اصل شمارا ــ جمع‌پذیری اصل موضوع مورداتفاق نیست و می‌توان در محاسبات احتمالات نامتناهی‌ها ازجمله حساب احتمالاتِ تنظیم ظریف به اصول‌موضوع دیگر، به‌صورت مشخص شمارا ــ متناهی‌بودن، اکتفا کرد.

۱.۴.۴ هستی‌شناسی نامتناهی‌ها

اشکال اندازه برمی‌گردد به موضوع بی‌نهایت‌ها که بشر از دیرباز در فهم آن‌ها و چگونگی آشتی‌دادن آن‌ها با امور متناهی و قواعدشان اندیشیده است. باید دانست که اشکال اندازه منحصر به برهان تنظیم ظریف یا حتی دانش کیهان‌شناسی نیست. این اشکال ریشه در پاسخ ما به رابطهٔ اندازه‌های نامتناهی و متناهی دارد.

الوین پلانتینگا در کتاب *توجیه و تابع مناسب* (*Warrant and Proper Function*)، آن‌گاه‌که مسئلهٔ احتمال منطقی (افلاطونی) را بررسی می‌کند، به اشکال اندازه اشاره می‌کند (Plantinga 1993: 146-151). او با مطرح‌ساختن برخی سؤال‌های قدیمی، اما هنوز زندهٔ بی‌نهایت‌ها، ازجمله مسئلهٔ معروف جزء لایتجزی، اظهار می‌دارد که باید به‌دنبال پاسخی واحد برای این پرسش‌ها باشیم. برای نمونه او موضوع پاره‌خط حقیقیِ از دو سو متناهی را پیش می‌کشد و می‌نویسد:

> چنین پاره‌خطی از بی‌نهایت نقطه تشکیل شده است که همهٔ آن‌ها براساس تعریف نقطه فاقد طول‌اند. حال چگونه چنین نقطه‌های فاقد طولی می‌توانند خطی دارای طول بسازند؟ هم‌چنین نیمهٔ سمت چپ این پاره‌خط تنها اندازه‌ای معادل نصف کل خط را داراست، درحالی‌که هردو، یعنی کل خط و نصف خط، از تعداد نقطهٔ مساوی تشکیل شده‌اند (ibid.: 146).

نامتناهی‌ها در حساب، هندسه، و سایر زیرشاخه های ریاضیات به‌وفور یافت می‌شوند و قابل‌انکار نیستند. عدد پی (π)، عدد فی (φ)، عدد نپر (e)، و اعداد گنگ تنها اعداد انتزاعی و مفید در ریاضیات نیستند، بلکه در زندگی روزمره و محاسبات هندسی مربوط به عالم واقع نیز استفاده می‌شوند.

آیا نامتناهی‌ها در عالمی متفاوت با عالم ما، چیزی شبیه عالم مثل افلاطونی یا شبیه آن، قرار دارند و بر ما پدیدار می‌شوند؟ آیا این نحوهٔ درک ما از نامتناهی‌ها به ساختار دستگاه شناختی ما مربوط می‌شود؟ پاسخ مثبت به سؤال اول شما را به فردی افلاطونی و پاسخ مثبت به سؤال دوم شما را به فردی شهودگرا (intuitionist) در ریاضیات تبدیل می‌کند.[۷] اما آن‌چه در هر دو رویکرد صادق است این است که دنیای نامتناهی‌ها و قواعد حاکم بر آن باید جدی گرفته شود. هم‌چنین، دیگر نباید توقع داشت که ویژگی‌ها، قواعد، یا شرط‌هایی که در دنیای متناهی‌ها استفاده می‌شوند الزاماً در این دنیا نیز رعایت شوند.

پلانتینگا هم‌چنین معتقد است که تطبیق‌ناپـذیری برخـی نامتنـاهی‌هـا بـر برخـی اصـول موضوع نامأنوس‌تر از مثال‌های پیش‌گفته از قبیل رابطهٔ پـاره‌خـط و نقـاط تشـکیل‌دهنـدهٔ آن نیست (ibid.: 147). پس از این تأمل هستی‌شناختی، اینک نوبت به بررسی برداشـت رایـج از اصول موضوع ریاضی، یعنی بداهت و منطقی‌بودن این اصول، می‌رسد.

۲.۴.۴ اصول موضوع و نامتناهی‌ها

همان‌گونه‌که گذشت، منتقدان تنظیم ظریف تأمین اصـل موضـوع شـمارا ـــ جمـع‌پـذیری را ضامن انسجام و منطقی‌بودن حساب احتمالات تلقی می‌کنند. اما آیا ایـن برداشـت از اصـول موضوع به‌صورت کلی و از اصل موضوع شمارا ـ جمع‌پذیری برداشت صحیحی است؟

مراجعه به کلمات ریاضی‌دانـان صـحت و سـقم چنـین برداشـتی را روشـن مـی‌سـازد. ریاضی‌دانان و حتی بنیان‌گزاران اصول موضوع مجموعه‌ها به‌هیچ‌وجـه چنـین برداشـتی را از اصول موضوع صحیح نمی‌دانند.

پنلوپه مدی (Penelope Maddy)، فیلسوف آمریکایی ریاضـیات، در مقالـهٔ اول از دوگانـهٔ «بـاور بـه اصـول موضـوع» بـه‌خـوبی نادرسـتی چنـین بـاور رایجـی را تبیـین مـی‌کنـد. مدی می‌نویسد:

> از یک دانشجوی تازه‌وارد فلسفهٔ ریاضیات بپرسید چرا مـا قضـایای ریاضـیاتی را بـاور داریم؟ احتمالاً جواب خواهید شنید: "زیرا برایشان اثبـات داریـم". پاسـخی پیچیـده‌تـر می‌تواند اضافه کند که "و آن اثبات‌ها نیز بر اصول موضوع صادق اسـتوارند کـه قـوانین استنتاج صدق آن‌ها را تضمین می‌کند". سؤالی کـه بـه‌صـورت طبیعـی در مرحلـهٔ بعـد مطرح می‌گردد این است که چرا ما بدیهیات را باور داریم، و در این‌جـا معمـولاً پاسـخ این خواهد بود که زیرا آن‌ها "بدیهی" یـا "فطـری"انـد، و انکارشـان "تنـاقض‌آمیـز" یـا "ارتکاب جرم علیه عقل" است. پاسخ پیچیده‌تراز پاسخ قبل این اسـت کـه گفتـه شـود اصول موضوع، "قوانین منطق" یا "تعاریف ضمنی" یا "حقایق مفهـومی" یـا مـواردی از این دست‌اند. متأسفانه، چنین پاسخ‌های دل‌گرم‌کننده‌ای دیگر خریـدار نـدارد (تـازه اگـر بپذیریم قبلاً چنین بوده‌اند) (Maddy 1988: 481).

مدی به‌ویژه دربارهٔ نظریهٔ مجموعه‌ها تأکید می‌کند که اصول موضوع در این نظریه لزوماً قـوانین منطقـی نیسـتند و حتـی بنیـان‌گـزاران اصـول موضـوع از قبیـل جـرج کـانتور (Georg Cantor) و کورت گودل (Kurt Gödel) هیچ‌گاه درپی سیسـتمی عـاری از تعـارض و قیاسی نبودند (ibid.: 483).

ازاین‌رو، چنین تصور رایجی درمورد اصول موضوع صحیح نیست و بهترین شاهد آن این است که اصول موضوع از بدو پیدایش تا کنون همواره درمعرض تغییر، تبدیل، و حتی حذف بوده اند. جیمز براون (James R. Brown)، فیلسوف علم و ریاضی‌دان کانادایی، در این زمینه می‌نویسد: اصول موضوع گمانه‌زنی‌هایی‌اند که مانند فرضیه‌های علمی براساس آثارشان محک می‌خورند (Brown 2008: 176).

بنابراین، اصول موضوع قوانین منطقی و قیاسی نیستند، بلکه اصولی‌اند برای تسهیل تلاش ریاضیاتی ریاضی‌دانان و آن‌گونه‌که برخی گفته‌اند، تنها به‌جهت دورماندن ریاضی‌دانان از فلسفهٔ ریاضی و پرداختن بی‌دغدغهٔ ایشان بنا نهاده شده‌اند (Easwaran 2008: 381).

به‌علاوه، گاهی برخی اصول موضوع که به‌نظر کاملاً جاافتاده به‌نظر می‌رسند به‌جهت بار غیرضروری‌ای که در برخی موارد بر سایر بخش‌های ریاضیات وارد می‌سازند نادیده انگاشته می‌شوند. جالب است بدانیم که نظریهٔ مجموعه‌های تسرملو ــ فرنکل، که پرطرف‌دارترین مدل اصل‌موضوعی در نظریهٔ مجموعه‌ها به‌شمار می‌رود، بهترین نمونه برای این امر است. هنگامی‌که اصل موضوع انتخاب (axiom of choice) در این نظریه در نظر گرفته می‌شود (ZFC)، برخی ناهنجاری‌ها از قبیل مجموعهٔ ویتالی (Vitali set) و تناقض‌نماهایی از قبیل باناخ ــ تارسکی (Banach-Tarski paradox) رخ می‌نماید.[۸] اما باوجوداین ریاضی‌دانان به‌دلیل فواید متعدد این اصل از آن بهره می‌برند (Mendelson 1997: 279).

ازاین‌رو خارج‌کردن تعداد قابل‌توجهی از مصادیق حساب احتمالات به‌بهانهٔ عدم تطابقشان با یک اصل موضوع باری سنگین و غیرضروری برای ریاضیات به‌نظر می‌رسد که می‌توان با نادیده‌گرفتن این اصل از تحمل آن رهایی یافت. شواهد شهودی که در راهبرد اول مطرح شد و نیز رویهٔ موجود در علوم طبیعی از قبیل کیهان‌شناسی و مکانیک آماری که در راهبرد دوم تبیین شدند، جملگی، می‌توانند درجهت اقدامی عملی در نادیده‌گرفتن اصل موضوع شمارا ـ جمع‌پذیری تفسیر شوند.

۳.۴.۴ شمارا ـ جمع‌پذیری یا متناهی ـ جمع‌پذیری

در بخش قبل روشن شد که اصول موضوعی ازجمله اصل موضوع شمارا ــ جمع‌پذیری حقایقی منطقی یا خطاناپذیر نیستند، و حتی اگر این‌گونه می‌بودند نیز باتوجه‌به بار تحمل‌ناپذیری که بر ریاضیات و سایر علوم طبیعی وارد می‌سازند قابل‌چشم‌پوشی‌اند، کمااین‌که در موارد متعدد چنین امری در ریاضیات رخ داده است. حال اگر کسی حتی با

چشم‌پوشی از اصول نیز مشکل داشته باشد راه دیگری نیز وجود دارد و آن جای‌گزینی اصل شمارا ـ جمع‌پذیری با اصل متناهی ـ جمع‌پذیری است.

نخست لازم است بدانیم که اجماعی بر لزوم تأمین اصل شمارا ــ جمع‌پذیری در مجموعه‌های نامتناهی وجود ندارد. برخی ریاضی‌دانان تأمین اصل متناهی ــ جمع‌پذیری را برای مجموعهٔ نامتناهی کافی دانسته‌اند؛ درنتیجه، حساب احتمالات در برهان تنظیم ظریف تأمین‌کنندهٔ این اصل است. برخی نظریه‌پردازان در نظریهٔ احتمالات از قبیل برونو دوفینیتی (Bruno De Finetti)، لئونارد سَوِج (Leonard Savage)، و لستر دوبینز (Lester Dubins) تأمین اصل متناهی ـ جمع‌پذیری را کافی می‌دانند (Von Plato 1994: 228).

دوفینیتی، احتمال‌دانِ شهیر، در این زمینه می‌نویسد:

> از منظر عمل‌گرایانه شرط متناهی ــ جمع‌پذیری (درمقابل شمارا ــ جمع‌پذیری) قانع‌کننده به‌نظر می‌رسد و نظر من همواره در رد جمع‌پذیری تام (شمارا ـ جمع‌پذیری) بوده است. به‌عقیدهٔ من تمایل رایج برای پذیرفتن شمارا ـ جمع‌پذیری غیرقابل‌توضیح است، مگر به‌عنوان عارضه‌ای مسری از اندازهٔ رایج لبگ ـ بورل (Finetti 1972: xiv).

همان‌گونه‌که ملاحظه می‌شود، آن‌چه از نظر دوفینیتی در سامان‌بخشیدن به حساب احتمالات شرط است انسجام آن است و برای چنین انسجامی نیاز به شمارا ــ جمع‌پذیری مجموعهٔ نامتناهی نخواهد بود. دوفینیتی حتی می‌گوید: این اصرار جزم‌اندیشانه به اشتراک شمارا ـ جمع‌پذیری منجر به این شده است که برخی برای این‌که نشان بدهند در مجموعهٔ مدنظرشان به این اصل پای‌بند بوده‌اند، بی‌دلیل و فرضی، دست به گسترش مجموعه‌ای بزنند تا بتوانند این اصل را حتی در جایی که صادق نیست نیز جاری کنند (De Finetti 1990: 259). بنابرین، با پذیرش کفایت شمارا ـ متناهی‌بودن دیگر مشکلی در مجموعه‌های نامتناهی هنجارپذیر نخواهد بود، ازجمله در محاسبات احتمالاتی تنظیم ظریف.

به‌صورت خلاصه می‌توان گفت: تأکید راه‌برد سوم این بود که سامان‌بخشی به حوزهٔ نامتناهی‌ها با درنظرگرفتن شرایط ویژهٔ آن‌ها و هم‌چنین رعایت اصول کلی حاکم بر ریاضیات انجام پذیرد. هم‌چنین، واضح شد که ذهنیت رایج درمورد اصول موضوعی که منطقی و غیرقابل‌چشم‌پوشی تلقی می‌شوند صحیح نیست. اصول موضوع در طول تاریخ حضورشان در ریاضیات دست‌خوش تعدیل، تغییر، یا حتی حذف شده‌اند. در مرحلهٔ پایانی نیز تذکر داده شد که اصل شمارا ــ جمع‌پذیری اصلی اجماعی نیست و احتمال‌دانان متعددی با گرایش‌های گوناگون تأمین آن را در احتمالات منسجم غیرضروری دانسته‌اند.

۵. نتیجه‌گیری

همان‌گونه‌که بیان شد، اشکال اندازه یکی از مهم‌ترین اشکال‌هایی است که برهان تنظیم ظریف با آن دست‌وپنجه نرم می‌کند. در مواجهه با این اشکال دو راهبرد اصلی توسط موافقان برهان پی‌گیری شده است: راهبرد اول پذیرفتن اشکال و تلاش برای دورزدن آن است. رابین کالینز به‌عنوان نمایندهٔ اصلی این راهبرد با محدودکردن فضای نمونهٔ احتمالاتی درمورد مقادیر ثوابت فیزیکی تلاش می‌کند تا احتمالات را در این برهان هنجارپذیر سازد. او از طریق تعریف «فضای روشن شناختی» براساس محدودیت‌های فیزیک امروز مجموعهٔ فضای نمونه را هنجارپذیر می‌سازد و زیرمجموعه‌های موجود در این مجموعه، ازجمله زیرمجموعهٔ مقادیر مجوز حیات، را با آن می‌سنجد؛ راهبرد دوم عادی جلوه‌دادن هنجارناپذیری احتمالاتی در دانش‌های گوناگون است. جفری کپرسکی، مهم‌ترین مدافع این راهبرد، با آوردن چند شاهد از دانش کیهان‌شناسی و مکانیک آماری اظهار می‌دارد که دانشمندان این اشکال را جدی نمی‌گیرند و دلیلی وجود ندارد که ما نیز در تنظیم ظریف آن را جدی بگیریم.

بررسی این دو راهبرد نشان داد که هیچ‌کدام درپی فراهم‌ساختن پاسخی حلی برای اشکال اندازه نیستند. هم‌چنین، پاسخی که راهبرد دوم به این چالش می‌دهد با امری که در تنظیم ظریف به‌چالش کشیده شده است تناسب ندارد، چراکه منتقدان در این چالش معتقدند اصول موضوع در حساب احتمالات درصدد طرح‌ریزی محدودیت‌های منطقی برای نامتناهی‌های واقعی یا تعریف شده‌اند و در چنین وضعیتی تعریف مجموعه‌ای متناهی با کمک‌گرفتن از جهل موجود از حیطهٔ یک نامتناهی تعریفی دل‌خواهانه و مردود است و شهود احتمالاتی نیز در مواردی که مخالف منطق یا عقل باشد کمکی نمی‌کند.

درباب راهبرد دوم نیز باید توجه داشت که رویکرد اصلی آن ارائهٔ پاسخ نقض است، آن هم با معرفی موارد مشابه از احتمالات هنجارناپذیر در دانش‌های طبیعی، و دیگر این‌که پاسخ نقض به‌جای حل مشکل گسترهٔ آن را توسعه می‌دهد. در مرحلهٔ آخر راهبرد سومی مطرح شد که گرچه حامیان برهان تنظیم ظریف گاهی به آن نزدیک شده‌اند، اما هیچ‌کدام تبیین تفصیلی از آن ارائه نکرده‌اند. راهبرد سوم برای پاسخ به اشکال اندازه قدمی به عقب برمی‌دارد و تلاش می‌کند اشکال را از لحاظ هستی‌شناختی بررسی کند. در مرحلهٔ بعد، این راهبرد ادعای طرف‌داران اشکال اندازه در بحث تنظیم ظریف مبنی‌براین‌که «شمارا — جمع‌پذیری اصل موضوع است و اصول موضوع ضامن انسجام منطقی حساب احتمالات

است از جمله در تنظیم ظریف« را بررسی می‌کند و بطلان این دیدگاه را نشان می‌دهد. این راه‌برد درانتها بیان می‌کند که اصل شمارا ـ جمع‌پذیری اصل موضوعی مورداتفاق نیست و می‌توان در محاسبات احتمالات نامتناهی‌ها، ازجمله حساب احتمالاتِ تنظیم ظریف، به اصول موضوعیِ دیگر، به‌صورت مشخص اصل‌موضوع متناهی ـ جمع‌پذیری، اکتفا کرد.

پی‌نوشت‌ها

۱. جملهٔ منسون، هولدر، و مک‌گرو و دیگران (McGrew et al. 2001; Manson 2000; Holder 2001 a).

۲. لوک بارنس (Luke Barnes) و لوئیس گرینت (Lewis Geraint) نیز همین رویکرد را تقویت می‌کنند و معتقدند اگر قرار باشد چنین اشکالاتی مؤثر باشد، باید تمام فیزیک را فلج کند. این دو نویسنده با لحنی مزاح‌آمیز آن‌هایی را که احتمالات به‌کاررفته در نظریهٔ تنظیم ظریف را به‌چالش می‌کشند تهدید می‌کنند و می‌نویسند: «احتمالات در تنظیم ظریف و احتمالات در فرایند محک فرضیه‌ها در فیزیک جدایی‌ناپذیرند. روش بیزی برای آزمایش فرضیه‌ها خوب است. بهتر بگویم خیلی خوب است. بسیار شرم‌آور خواهد بود اگر اتفاقی برای این روش بیفتد (Barnes and Lewis 2016: 286).

۳. برای مثال، بنگرید به Sklar 1993: 182–188.

۴. مدل FLRW محصول کار چهار فیزیک‌دان سرشناس یعنی الکساندر فریدمان، جورج لومتر، هوارد رابرتسون، و آرتور واکر است که به‌صورت مستقل این مدل را در دههٔ بیست و سی میلادی تکمیل کردند. این مدل درحقیقت راه حلی دقیق برای معادلات نظریهٔ نسبیت عام است. این مدل که بعداً به مدل استاندارد کیهان‌شناسی جدید (standard model of modern cosmology) معروف شد درواقع کیهان را همگن (homogeneous)، هم‌سان‌گرد (isotropic)، و غیرثابت (non-static) توصیف می‌کند. برای توضیح بیش‌تر، بنگرید به Lachieze-Rey and Luminet 1995.

۵. در مکانیک کوانتومی، عمل‌گر (operator) هامیلتونی با نماد ($\hat{H}$) سیستم عمل‌گری است که بیان‌گر انرژی کل آن سیستم، اعم از انرژی جنبشی و پتانسیل، است.

۶. این شروط عبارت‌اند از: ۱. اندازه باید مثبت باشد؛ ۲. اندازه نباید بر انتخاب متغیرها یا مجموعهٔ شرایط اولیه متوقف باشد؛ ۳. اندازه باید «طبیعی» باشد، یعنی بتواند تقارن‌ها در فضای راه‌حل‌ها را بدون اضافه‌کردن اطلاعاتی خارج از معادله ضبط کند (Gibbons et al. 1987: 736-737).

۷. برای آشنایی با مبحث افلاطون‌گرایی، بنگرید به Rees 1967؛ و برای آشنایی با مبحث شهودگرایی، بنگرید به Parson 1980.

۸. برای آشنایی با مجموعهٔ ویتالی بنگرید به Wagon 1994؛ و درباب تناقض‌نماهای باناخ ـ تارسکی، بنگرید به Solovay 1970.

کتاب‌نامه

Barnes, A. Luke, and G. Lewis (2016), *A Fortunate Universe*, Cambridge: Cambridge University Press.

Brown, J. (2008), *Philosophy of Mathematics: A Contemporary Introduction to the World of Proofs and Pictures*, New York and London: Routledge.

Collins, Robin (2009), *The Blackwell Companion to Natural Theology*, William Lane Craig and J. P. Moreland (eds.),West Sussex: Blackwell.

De Finetti, B. (1972), *Probability, Induction, and Statistics*, New York: Wiley.

De Finetti, B. (1990), *Theory of Probability: A Critical Introductory Treatment*, trans. A. Machi and A. Smith, 2 vols, Chichester: John Wiley & Sons.

Easwaran, K. (2008), "The Role of Axioms in Mathematics", *Erkenntnis*, vol. 68, no. 3.

Ellis, G., U. Kirchner, and W. Stoeger (2003), "Defining Multiverses", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, <archive.org/astro-ph/0305292>.

Friederich, S. (2018), "Fine-Tuning", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/fine-tuning/>.

Gibbons, G., S Hawking, and J. Stewart (1987), "A Natural Measure on the Set of All Universes", *Nuclear Physics*, vol. 281.

Halmos, P. (1974), *Measure Theory*, New York: Springer.

Hawking, S. and D. Page (1988), "How Probable is Inflation?", *Nuclear Physics*, vol. 298.

Holder, R. (2001b), "The Realization of Infinitely Many Universes in Cosmology ", *Religious Studies*, vol. 37, no. 3

Holder, R. (2001a), "Fine-Tuning, Many Universe, and Design", *Science and Christian Belief*, vol. 13.

Kirchner, U. and G. Ellis (2003), "A Probability Measure for FLRW Models", *Classical and Quantum Gravity*, vol. 20.

Kolmogorov, A. (1956), *Foundations of the Theory of Probability*, trans. Nathan Morrison, New York: Chelsea Publishing Company.

Koperski, Jeffrey (2015), *The Physics of Theism*, Herausgeber: Wiley-Blackwell.

Koperski, Jeffrey (2005), "Should We Care about Fine-Tuning?", The British Journal for *the Philosophy of Science*, vol. 56, no. 2.

Liddle, A. and D. Lyth. (2000), *Cosmological Inflation and Large-Scale Structure*, London: Cambridge University Press.

Maddy, P. (1988), "Believing the Axioms, I.", *Symbolic Logic*, vol. 53, no. 2.

Manson, N. (2000), "There is No Adequate Definition of 'Fine-tuned' for Life", *Inquiry*,vol. 43, no. 3.

Martin, N. and J. England (1981), "Mathematical Theory of Entropy", in: *The Encyclopedia of Mathematics and Its Applications*, vol. 12, London: Cambridge.

McGrew, T., L. McGrew, and E. Vestrup (2001), "Probabilities and the Fine-Tuning Argument: a Sceptical View", *Mind*, vol. 110.

Mendelson, E. (1997), *Introduction to Mathematical Logic*, New York: Chapman & Hall.

Parsons, C. (1980), "Mathematical Intuition", *Proceedings of the Aristotelian Society*, vol. 80.

Plantinga, A. (1993), *Warrant and Proper Function*, New York: Oxford University Press.

Rees, D. (1967), "Platonism and the Platonic Tradition", in: *The Encyclopedia of Philosophy*, Paul Edwards (ed.), vol. 5, New York: Macmillan.

Sklar, L. (1993), *Physics and Chance*, Cambridge: Cambridge University Press.

Solovay, R. (1970), "A Model of Set-Theory in Which Every Set of Reals Is Lebesgue Measurable", *Annals of Mathematics*, Second Series, vol. 92, no. 1.

Von Plato, J. Creating (1994), *Modern Probability, Its Mathematics, Physics and Philosophy in Historical Perspective*, New York: Cambridge University Press.

Wagon, S. (1994), *The Banach-Tarski Paradox*, Cambridge: Cambridge University Press.

Weatherford, R. (1982), *Foundations of Probability Theory*, Boston: Routledge and Kegan Pau.