*فلسفهٔ علم*، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
دوفصل‌نامهٔ علمی (مقالهٔ علمی ــ پژوهشی)، سال دهم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، ۲۵۱–۲۷۲

# برهان تنظیم ظریف و چالش «اندازه»

**قاسم محمدی**[*][۱]

**فرح رامین**[**]

## چکیده

با پیشرفت شگرف فیزیک و زیررشته‌های آن از قبیل کیهان‌شناسی و فیزیک کوانتوم، براهین غایت شناختی دربارهٔ وجود خدا به ویژه برهان تنظیم ظریف کیهانی در صدر مباحث الهیاتی قرار گرفت. به موازات حمایت‌های متعدد از این برهان، چالش‌های گوناگونی نیز در مورد آن از سوی منتقدین مطرح گشت. چالش اندازه یکی از برجسته ترینِ این چالش‌ها است که کاربست حساب احتمالات در این برهان را هدف می‌گیرد. بر اساسِ این چالش، حساب احتمالات توانایی تامین اصل موضوعی شمارا–جمع‌پذیری در مجموعه‌های نامتناهی را دارا نیست و از این رو حساب احتمالات به کار رفته در برهان مبتلی به مشکل هنجارناپذیری است. در مواجهه با این چالش معمولا دو راهبرد از سوی حامیان این برهان پی‌ریزی می‌شود. راهبرد اول، پذیرفتن چالش و تلاش برای دور زدن آن از طریق بهنجارسازی احتمالات است و راهبرد دوم طبیعی جلوه دادن کاربست احتمالات هنجارناپذیر در دانش‌های گوناگون از قبیل کیهان‌شناسی و میکانیک آماری است. ما در این مقاله علاوه بر بررسی چالش اندازه و نقد دو راهبرد پیش‌گفته، راهبرد سومی را که چندان توسط حامیان برهان تنظیم ظریف جدی گرفته نشده است مطرح و از آن دفاع خواهیم نمود. در این راهبرد بعد از نگاهی هستی‌شناختی به چالش اندازه نشان

---

* دانشجوی دکتری کلام اسلامی، دانشکدهٔ الهیات و معارف اسلامی (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

Copyright © 2018, IHCS (Institute for Humanities and Cultural Studies). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits others to download this work, share it with others and Adapt the material for any purpose

خواهیم داد که تامین اصل موضوعی شمارا–جمع‌پذیری لازم نیست و می‌توان به اصل شمارامتناهی بودن در حساب احتمالات برهان تنظیم ظریف اکتفا کرد.

**کلیدواژه‌ها:** برهان تنظیم ظریف، چالش اندازه، نظریه‌ی احتمالات، هنجارپذیری احتمالات، شمارا–جمع‌پذیری

## ۱. مقدمه

با پیشرفت شگرفت فیزیک و زیررشته‌های آن از قبیل کیهان‌شناسی و فیزیک کوانتوم، براهین غایت شناختی درباره‌ی وجود خدا به ویژه برهان تنظیم ظریف کیهانی در صدر مباحث الهیاتی قرار گرفت. به موازات حمایت‌های متعدد از این برهان، چالش‌های گوناگونی نیز در مورد آن از سوی منتقدین مطرح گشت. چالش اندازه یکی از برجسته ترینِ این چالش ها است که کاربست حساب احتمالات در این برهان را هدف می گیرد. این چالش در حقیقت به وفاداری احتمالات استفاده شده در برهان تنظیم ظریف نسبت به اصول موضوعه‌ی حساب احتمالات تشکیک می‌کند که جزیئات آن در ادامه خواهد آمد.

چالش اندازه نسبت به نظریه تنظیم ظریف برای اولین بار در ابتدای دهه نود از قرن گذشته میلادی در آثار دنیس شَما (Dennis Sciama) و پل دیویس (Paul Davies) البته به صورت ضمنی مطرح گشت (Koperski 2005, 305) و حدود یک دهه بعد برخی از منتقدین[۱] برهان تنظیم ظریف در مقالات مستقلی به تبیین مفصل و دقیق این چالش پرداختند. مدافعان این چالش معتقدند که تنظیم ظریف با وجود این چالش دیگر نمی‌تواند تبیین احتمالاتی منسجم و مبتنی بر حساب احتمالات داشته باشد. از این رو نه حامیان نظریه چندجهانی و نه طرفداران نظریه ناظم هوشمند نمی‌بایست برای پشتیبانی ادعایشان به تنظیم ظریف استناد کنند. مطرح کنندگان نظریه چالش در حقیقت معتقدند که اگرچه ممکن است به نحو شهودی شواهد ارائه شده بر تنظیم ظریف نیاز به تبیین داشته باشد اما این تبیین نمی‌تواند مبتنی بر استفاده از حساب احتمالات سامان پذیرد.

## ۲. نظریهٔ اندازه

اندازه درهندسه مفهومی آشنا برای همه است که معمولا مقدار طول، مساحت و یا حجم را در فضاهای اقلیدسی مشخص می‌کند. مفهوم اندازه در حساب احتمالات در حقیقت تعبیری شهودی از مفهوم تعمیم‌یافته طول، مساحت و یا حجم هندسی می‌باشد که به یک

مجموعه و یا زیرمجموعه‌های که اصول موضوعی احتمالات را تامین کنند تعلق می‌گیرد (Martin and England 1981, 1-2). مفهوم اندازه استفاده زیادی در موضوعات مختلف ریاضی (برای نمونه انتگرال لبگ) و فیزیک (برای نمونه نظریه ارگودیک در دینامیک) دارد. در محاسبه احتمالات یک رخداد، در یک مجموعه متشکل از زیر مجموعه‌های متعدد، هر زیر مجموعه متناسب با اندازه‌اش در ساختن فضای نمونه، یک مقدار احتمالاتی به خود اختصاص می‌دهد. این امر در فضاهای نمونه متناهی و گسسته کاملا شفاف است؛ یک تاس شش وجهی، مجموعه فضای نمونه ای با اندازه ٦ به خود اختصاص می‌دهد و به رخداد هر وجه نیزمقدار احتمال $\frac{1}{6}$ تعلق می‌گیرد. اما کار در فضاهای نمونه‌ی نامتناهی با زیر مجموعه‌های پیوسته مشکل است. در چنین مواردی بسیاری از احتمال‌دانان برای گرفتار نیامدن به پارادکس‌های احتمالی از قبیل پارادکس «شرطبندی کتاب هلندی» ( Dutch book paradox) اصول موضوعه‌ای را وضع کرده‌اند که بر اساس آنها تنها زیرمجموعه‌هایی که این اصول موضوعی را تامین کند اندازه‌پذیر (measureable) خواهد بود که از جمله‌ی آن‌ها شمارا–جمع‌پذیری (countable additivity) می‌باشد (Halmos 1974, 30). ما در ادامه چالش اندازه در حساب احتمالات برهان تنظیم ظریف را تبیین خواهیم نمود.

## ۳. چالش اندازه در برهان تنظیم ظریف

آنگونه که منتقدین بیان می کنند مشکلی که در موضوع اندازه در تنظیم ظریف رخ می‌نماید نقض شدن یکی از اصول موضوعی نظریه‌ی احتمال یعنی شمارا–جمع‌پذیری است (McGrew, McGrew and Vestrup 2001, 1030).

این مشکل از ناحیه کاربست اصل عدم تفاوت (principle of indifference) در مجموعه-های با اندازه نامتناهی ظهور می‌کند. در محاسبات احتمالاتی اگر اندازه هر زیر مجموعه از فضای نمونه مشخص باشد توزیع احتمال بر همان اساس انجام می‌گیرد. اما در صورت عدم وجود اطلاعات در خصوص اندازه هر زیر مجموعه در فضای نمونه بر اساس اصل عدم تفاوت احتمالات به شکل مساوی بین همه زیر مجموعه ها تقسیم می‌گردد. این رویه ی رایج و شایع در حساب احتمالات است که از اصل عدم تفاوت علیرغم مشکلات گوناگونی که با آن مواجه می‌شود به عنوان بهترین رویکرد جهت اختصاص احتمال پیشین در موارد جهل به اندازه زیرمجموعه‌های احتمالی استفاده شود (Weatherford 1982, 35).

اما این رویه در مجموعه‌های با اندازه نامتناهی که ما دلیلی بـرای تفـاوت در توزیـع غیـر مساوی احتمالات بر زیر مجموعه‌های آن نداریم مشکل ساز می‌شود؛ چرا کـه بـه مقتضـای اصل عدم تفاوت می‌بایست به همه زیرمجموعه‌های متنـاهیِ موجـود در چنـین مجموعـه‌ی نامتناهی اندازه $\frac{1}{\infty}$ یعنی صفر را اختصاص دهیم و این نحوه توزیع احتمال، اصـل موضـوعیِ شمارا–جمع پذیری را نقض می‌کند؛ بروز این اشکال در برهان تنظیم ظریف به این صـورت است که ثوابتی که در برهان مزبور مورد استناد قرار مـی‌گیرنـد مقادیرشـان از ۰ تـا $+\infty$ مـی تواند متغیر باشد و از این رو مجموعه‌ی فضای نمونه‌ی ما بی‌نهایت خواهـد بـود. همچنـین زیرمجموعه‌های مقادیر مختلف این ثوابت، از جمله زیرمجموعه‌ی مقادیر مجوّز حیـات، بـر اساس اصل عدم تفاوت اندازه‌ای معادل $\frac{1}{\infty}$ یعنی صفر به خـود اختصـاص مـی‌دهنـد و ایـن مشکل‌زا است؛ چرا که حاصل جمع بی نهایت صفر، صفر خواهد شد بنابرین شرط شـمارا–جمع‌پذیری که اقتضا می‌کند مجموع اندازه‌ی زیرمجموعه‌هـا بـه یـک بیانجامـد در حسـاب احتمالات برهان تنظیم ظریف نقض می‌گردد. حتی اگر بخواهیم اصل عدم تفـاوت را نقـض کرده و اندازه‌ای غیر از صفر به زیرمجموعه‌ها اختصاص دهیم باز هم شمارا–جمع‌پـذیری را نقض کرده‌ایم؛ چرا که در این صورت مجموع اندازه‌ی زیرمجموعه‌ها بـه جـای یـک، بـی-نهایت خواهد شد. تیموثی مکگرو، لیندا مکگرو و اریک وستروپ در مورد این چالش مـی-نویسند:

> این [نوع احتملات موجود در برهان تنظـیم ظریـف] بیشـتر شـبیه ریاضـیات بـاطنی و عرفانی است. احتمالات فقط درصورتی معقول است که مجموع گزینه های مجزا کـه از لحاظ منطقی محتمل هستند به عدد ۱ برسد. به بیان ساده‌تر، قضـیه احتمـالاتی بایـد بـه نحوی باشد که محتمـل‌هـای گونـاگون بتواننـد در کنـار یکـدیگر ۱۰۰ درصـد فضـای احتمالاتی را پوشش دهند. در صورتی که اگر ما یک فضای نمونه نامتناهی داشته باشـیم که مشتمل بر ناحیه‌های متناهی و با اندازه یکسان باشد آنگاه ما بـه مقـدار بـی‌نهایـت از چنین ناحیه‌هایی خواهیم داشت. همچنین اگر بخواهیم به همه ایـن ناحیـه هـا احتمـالی هر چند اندک اما بیش از صفر اختصاص بدهیم مجموع آنها بـی‌نهایـت خواهـد شـد (McGrew, McGrew and Vestrup 2001, 1030).

## ٤. راهبردهای سه‌گانه در پاسخ به چالش اندازه

واکنش‌های مدافعین برهان تنظیم ظریف به چالش اندازه در سه راهبرد کلی قابل دسته بندی است:

راهبرد اول تلاش برای دفع این چالش از ابتدا به شکلی که کاربست نظریه‌ی احتمالات در برهان تنظیم ظریف از ابتدا به نحوی تقریر شود که دچار مشکل اندازه و هنجارناپذیر(non-normalizability) نشود. در این راهبرد در حقیقت اصل چالش پذیرفته می‌شود و تلاش می‌شود تا چالش به نحوی دور زده شود. رابین کالینز در پاسخ به چالش اندازه راهبرد اول را پی می‌گیرد و سعی می‌کند تا با ارائه تقریری هنجارپذیر از کاربست احتمالات در برهان تنظیم ظریف از ابتدا از مطرح شدن این چالش جلوگیری کند. البته کالینز برای تکمیل بحث و بدون تبیین جزئیات به راهبرد سوم نیز اشاره‌ای دارد اما رویکرد اصلی او در چالش اندازه همین راهبرد اول است.

راهبرد دوم، عدم پذیرش هنجارناپذیری در احتمالات به عنوان مشکلی اساسی است. چهره‌ی 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 کیهان شناسی متوسل می‌شود.

در نهایت، راهبرد سوم در پاسخ به چالش اندازه رویکردی حلی دارد. در این رویکرد تلاش می‌شود تا از طریق بازشناسی ماهیت چالش اندازه در بستر نامتناهی‌ها اصل هنجارپذیری و یا شمارا–جمع‌پذیری با اصل متناهی–جمع‌پذیری (finite additivity) جایگزین شود و به این شکل سایه این چالش به کلی از سر مجموعه‌های به اصطلاح هنجارناپذیر برداشته شود. در ادامه ما به تبیین هر یک از این سه راهبرد خواهیم پرداخت.

### 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 به تعبیر خود او «دامنه مقایسه» (comparison range)، متناهی است و از این رو تامین اصل شمارا–جمع‌پذیری که مربوط به مجموعه‌های نامتناهی اساسا منتفی است (Collins 2009, 239). از نظر کالینز مساله دامنه‌های نامتناهی در فیزیک موضوع بغرنج و حل ناشده‌ای نیست. چنین دامنه‌هایی گرچه در بدو امر به جهت محدودیت‌های

دانش فیزیک در فهم و تبیین کامل مقادیر ثوابت فیزیکی مشکل‌ساز به نظر می‌آیند اما فیزیک‌دانان با بازتعریف دامنه‌ی محاسبه ها براساس مقادیری که فرمول‌ها و مدل‌های موفق موجود اجازه می‌دهند بر این مشکل فائق می‌آیند (Collins 2009, 239). کالینز، ابتدا مقصود از ثوابت فیزیکی و قوانین فیزیکی و تفاوت آن‌ها را تشریح می کند و آنگاه به تبیین محدوده‌ی فضای نمونه می‌پردازد. از نظر او فضای نمونه‌ی مورد بحث ما در تنظیم ظریف مدل‌های موفق و جاافتاده‌ی (well-established) فیزیکی در مورد ثوابت و قوانین فیزیکی از قبیل مدل استاندارد مکانیک کوانتومی است. بعد از تشریح این مقدمه کالینز به جهت تبیین فضایِ مرجع مفهوم «فضای روشن شناختی» (epistemically illuminated region) را معرفی می‌کند. فضایی که اگرچه همه مجموعه‌های مقادیر یک ثابت را شامل نمی‌شود اما به اندازه کافی بزرگ است که در مقایسه اندازه‌ی بازه مورد نظر ما– یعنی نسبت مقادیر مجوز حیات با این فضای روشن شناختی– ویژگی توضیح‌خواهی پابرجا باقی بماند (Collins 2009, 239-49).

کالنیز برای روشن شدن مفهوم این فضای روشن شناختی به یک تمثیل ملموس اشاره می‌کند. یک تخته دارت فوق العاده بزرگ را تصور کنید که به واسطه تاریک بودن فضا اندازه و بزرگی آن برای ما مشخص نیست یک نور افکن بخش قابل توجه‌ای از این تخته‌ی دارت را روشن ساخته است و اندازه خال نسبت به کل فضای روشن بسیار بسیار کوچک‌تر است. حال فرض کنید که دارتی به سمت این تخته بیاید و بر خال بنشیند (Collins 2009, 244).

سوال این است که آیا احتمال فرضیه‌ی نشانه‌گیری در مقابل فرضیه اصابت تصادفی این دارت به خال بر اساس حساب احتمالات قابل اندازه‌گیری است یا خیر؟ آیا می توان به بهانه این که کل فضای واقعی تخته دارت برای ما مشخص نیست از احتمال شناختی بالایی که به سود فرضیه نشانه‌گیری وجود دارد چشم پوشی کرد؟

کالینز معتقد است که مساله تنظیم ظریف نیز مشابه فرض بالا است؛ گرچه اندازه واقعی دامنه تغییرات یک ثابت فیزیکی به واسطه محدودیت دانش فیزیک امروز ما مشخص نیست اما همین مدل‌های موجود، هم به اندازه کافی دامنه بزرگی را در مقایسه با اندازه مقادیر مجوز حیات دارند و هم به نحوی محدودیت جبری را برای فضای نمونه ما ایجاد می‌کنند تا مشکل هنجارناپذیری احتمالات را نیز برای ما حل کنند (Collins 2009, 245-47). کالینز یک نمونه از محدودیت های جبری را محدودیت نظریه‌های بنیادین کوانتومی در

طبیعت از جمله فیزیکِ انرژی در مقیاس کوانتوم می‌داند. به عنوان مثال نیروی قوی هسته ای که یکی از ثوابتی است که در تنظیم ظریف نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد در مدلی فهم می‌شود که از نظر تطبیق بر مقادیر، دارای محدودیت است و تنها بر دامنه خاصی که به آن بازه انرژی های پایین گفته می شود قابل تطبیق است (Collins, The Blackwell Companion to Natural Theology 2009, 247-49).

کالینز، در تایید رویکرد خود از یک آزمایش فکری و شهود احتمالاتی در این آزمایش بهره می‌برد؛ فرض کنید فرشته‌ای الهی به شما خبر می دهد که کیهان نامتناهی است و تعداد بی‌نهایت سیاره که همگی دارای حیات و تمدن می‌باشند در کیهان وجود دارد و شما با همه وجود این خبر را باور می‌کنید. سپس این فرشته به شما می‌گوید که در فاصله یک میلیارد کیلومتری تنها یکی از این سیاره‌ها یک گوی از جنس طلا به قطر ۱ کیلومتر قرار دارد. در این فرض احتمال این که این گوی زرین در فاصله یک میلیارد کیلومتری هر یکی از سیاره‌ها با تعداد بی‌نهایت باشد صفر است و از این رو ویژگی شمارا–جمع‌پذیری نقض شده است (Collins 2009, 250-251).

علی القاعده موافقین اشتراط شمارا–جمع‌پذیری (مانند مک‌گروها و وستروپ) باید بگویند که ما در این جا باید نسبت به احتمالات لاادری‌گرا باقی بمانیم اما این از نظر کالینز پذیرفتنی نیست؛ چرا که دست کم در برخی موارد ما می دانیم عاقلان، لاادریگرایی در این شرایط را غیر عقلائی می دانند. فرض کنید که مخاطب آن فرشته یک ملیاردر است که توانایی راه اندازی سفری فضایی را دارد. بر اساس خبر آن فرشته احتمال شناختی یافتن آن گوی زرین نزد این ملیاردر چه مقدار است؟ آیا می توان گفت که این ملیاردر می بایست لاادری‌گرا باشد (Collins 2009, 250-251)؟

به هر تقدیر، به باور کالینز، محدودیت فیزیک امروز نوعی فضای روشن شناختی برای مقادیری که ثوابت می توانند داشته باشند ایجاد می‌کند و این امر باعث متناهی شدن دامنه‌ی فضای نمونه ما و در نتیجه هنجارپذیری محاسبات احتمالاتی بدون نیاز به تامین اصل موضوعی شماراجمع‌پذیری خواهد شد.

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

این راهبرد در مواجهه با چالش اندازه به صحنه کاربرد احتمالات یعنی علوم طبیعی رجوع می‌کند و با ارائه نمونه‌هایی از کاربست موفق احتمالاتِ به اصطلاح هنجارناپذیر در بستر

علم این چالش را چالشی صرفا نظری معرفی می‌کند. جفری کپرسکی، که به نظر بهترین نماینده[۲] این راهبرد می‌باشد، با اشاره به دو مصداق در حوزه‌ی دو دانش مکانیک و کیهان-شناسی کاربست احتمالات هنجارناپذیر را در علم امری طبیعی می‌داند (McGrew, McGrew and Vestrup 2001, 306-311).

شاهد اول کپرسکی مربوط به دانش مکانیک کلاسیک است. در این دانش ما به مصداق‌هایی بر می‌خوریم که در تعریف فضای مدل و توزیع احتمالاتی برخی از زیرمجموعه ها احتمالی بهتر از صفر نصیبشان نمی‌شود اما در عین حال این امر در سامان دادن 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 مجموعه ها در نظر گرفت (Koperski 2005, 307-8). بررسی نمونه های مطرح شده از سوی کپرسکی خالی از لطف نیست؛

نمونه اول مربوط به روش میکانیک‌دانان آماری در تشخیص اِرگودیک بودن یا نبودن یک سیستم مشتمل بر فضای فازِ متغیر است. نخست باید بدانیم در مکانیک کلاسیک، فضاهای فاز، معمولا اندازه‌ای طَبیعی را به خود اختصاص می‌دهند. اما فضاهای فاز منحصر در چنین نمونه‌های معمولی نیستند. اقسام دیگری از فضاهای فاز بر اساس مکان و سرعت نیز می‌توانند در مکانیک مورد استفاده قرار بگیرند که به واسطه عدم برخورداری از ویژگی-های فضاهای فازِ معمولی، اندازه‌های اختصاص یافته به هر یک از آن‌ها و به تبع آن نحوه‌ی توزیع احتمال به آَن‌ها متغیر و ادامه دار می‌باشد. در توزیع احتمال، مجموعه‌های با اندازه صفر، احتمال صفر و مجموعه‌های با اندازه کامل احتمال یک را به خود اختصاص می دهند (Koperski 2005, 308).

اما از نظر دانشمندان دانش مکانیک  آماری این شرایط غیر معمول باعث نمی‌شود که نظریه احتمالات قادر نباشد که مقدار میانگین یک تابعِ متغیرهای فازی در یک سیستم را که به سمت بی‌نهایت سوق می‌یابد، محاسبه کرده و اِرگودیک بودن و یا نبودن آن سیستم را مشخص کنند(Koperski 2005, 308). مکانیک‌دانان زمانی یک سیستم را ارگودیک می‌دانند که میانگین‌های محاسبه شده در شرایط میل زمان به سوی بی نهایت، با میانگین ریزسیستم-های فرض شده در یک محدوده زمانی مشخص برابر باشد. با چنین فرایندی در سیستم های ایده‌آل، مانند کره‌های سخت در یک جعبه، می توان خاصیت ارگودیک بودن را ثابت کرد. البته اینجا یک مشکل وجود دارد. در چنین سیستم‌هایی مجموعه نقاط فاز ابتدائی

دارای اندازه‌ی صفر هستند. این زیرمجموعه‌ها اگرچه بسیار کوچک‌اند اما به هر تقدیر شامل پرتابه‌های غیر عادی هستند که میانگین فاز و میانگین‌های زمان در آن مساوی نیستند. در چنین محاسباتی گرچه ما زیرمجموعه‌های هنجارناپذیر و با اندازه صفر داریم اما این موضوع در میان تمام فضای موجود نادیده گرفته می‌شود و دینامیک‌دانان از چنین حساب احتمالاتِ هنجارناپذیری در شناسائی سیستم‌های ارگودیک بهره می‌برند (Koperski 2005, 308).[3]

کاربست نظریه اندازه نسبت به فضاهای نامتناهی و وجود زیر مجموعه‌های با اندازه صفر در سایر دانش‌ها از جمله کیهان‌شناسی نیز قابل مشاهده است. کیهان‌شناسان در موارد متعددی فضاهای نمونه‌ی نامتناهی ترسیم می‌کنند و در عین حال محاسبات احتمالاتی را در چنین فضاهای نمونه‌ای سامان می‌دهند (Koperski 2005, 308).

یکی از این نمونه‌ها در کیهان‌شناسی با احتمالات هنجارناپذیر مربوط به «نظریه تورم کیهانی» (inflation theory) و مناقشه‌ی مدافعان و مخالفان در مورد این نظریه است. نکته قابل توجه در این مناقشه‌ها این است که علیرغم مخالفت‌های گسترده دو طرف در امور گوناگون، هیچ یک با به کارگیری احتمالات هنجارناپذیر مشکلی ندارند (Koperski 2005, 308).

برای محک زدن یک فرضیه مانند تورم کیهانی معمولا فضایی با بی‌نهایت مدل کیهانی که همه تابع مدل FLRW،[4] هستند تصویر می‌شود که کیهان‌های محتمل با شرایط اولیه منحصر به فرد به شکل نقطه‌هایی در این فضا–حالت تصویر می‌شود که دستخوش تکامل هامیلتونی (Hamiltonian evolution)[5] می‌شوند به نحوی که هر پرتابه نمایانگر تکامل کامل یک مدل کیهانی خواهد بود. اینک برای محاسبه‌ی آماری احتمال وقوع هر یک از این مدل های کیهانی اندازه ای برای هر یک از این مدل‌ها مشخص می‌شود و با اندازه نامتناهی مجموعه فضای نمونه سنجیده می‌شود. در محاسبه اندازه ی مدل‌ها معمولا سه شرط[6] مد نظر قرار می‌گیرد که هنجارپذیر بودن جزء آن‌ها نیست (Koperski 2005, 308). آنگاه برای اختصاص دادن اندازه مناسب به مدل های کیهانی از یافتن یک خاصیت غالب که در همه مدل‌های تابع (FLRW) وجود دارد، شروع می‌شود.

یکی از اسرار کیهان‌شناسی مساله تختی کیهان است. کیهان ما از لحاظ هندسی کیهانی تخت است .یعنی چگالی نسبی آن تقریبا 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. مساله تختی فعلی کیهان در پیوند مستقیم با شرایط اولیه کیهان در چگونگی فرایند تقسیم چگالی ماده و انرژی است و با توجه به این که کیهان دارای ویژگی تختی است لازم است که کیهان در شرایط اولیه ما دقیقا چگالی بحرانی یک را دارا بوده باشد. این در حالی است که بر اساس نظریه‌ی مهبانگ احتمال چگالی نسبی مساوی با یک فوق العاده پایین است اما با این وجود ما شاهد کیهانی تخت هستیم. یکی از پاسخ‌هایی از سوی برخی کیهان‌شناسان مطرح شده است نظریه تورم کیهانی است. بر اساس این نظریه جهان بعد از تکینگی مهبانگ در بازه‌ی زمانی $10^{-36}$ تا حدود $10^{-32}$ ثانیه دچار تورمی نمایی می‌شود و بعد از این زمان سرعت انبساط کیهان کاهش یافت. بر اساس نظریه تورم، کیهان ما تخت نیست، اما از آن جا که ما تنها با بخش کوچکی از کیهان، که به صورت طبیعی برای ما تخت به نظر می‌آید، مرتبط هستیم آن را تخت می‌پنداریم (Liddle and Lyth 2000, Ch.3).

از اویل دهه هشتاد میلادی تا کنون بسیاری از کیهان‌شناسان بر این باورند که نظریه تورم قادر است برخی از مسائل پیچیده در کیهان‌شناسی از قبیل تختی کیهان را حل کند. به عنوان نمونه گیبونز و دیگران[۷] در مقاله‌ی «یک اندازه طبیعی در مجموعه همه کیهان‌ها»( A Natural Measure on the Set of All Universes) معتقدند که تورم، تختی را تبیین می‌کند؛ چرا که تورم امری است که تقریبا در همه مدل‌های کیهانی مبتنی بر متریک FLRW، که متریک بسیار موفق کیهان‌شناختی است، رخ می‌دهد و از این رو تختی در کیهان‌هایی که تورم در آن ها به وجود می‌آید مساله‌ی ویژه‌ای نیست که نیاز به تبیین داشته باشد. در مقابل این نظریه کیهان‌شناسان دیگری[۸] بر این باورند که اگر چه تختی تقریبا در همه مدل‌ها اتفاق می‌افتد اما لزوما دلیل آن تورم نمی‌باشد (Koperski 2005, 309).

همانگونه که کپرسکی تصریح می‌کند، این که آیا تورم کیهانی می‌تواند پاسخ گوی مساله تختی کیهان باشد یا خیر در بحث ما اهمیتی ندارد. آن چه از این مناقشه‌ها برای ما حایز اهمیت است این است که حساب احتمالاتی که در این مباحث مورد استفاده قرار می‌گیرد حساب های هنجارناپذیر احتمالی است (Koperski 2005, 308). چرا که هر دو طرف توافق دارند که در توزیع احتمال میان مدل‌های کیهانیِ محتمل، با توجه به نامتناهی بود فضای حالت ما، مدل کیهان تخت، احتمالی بهتر از صفر نسبیش نمی‌گردد و از این رو رخداد آن نیاز به تبیین دارد. اما با این حال اصل توضیح‌خواهی بدوی که محصول به کارگیری احتمالات هنجارناپذیر است را هر دو طرف می‌پذیرند. البته برخی[۹] از کیهان-

شناسان تلاش کرده‌اند تا با ارائه مدلی برای توزیع احتمال از توزیـع احتمـال صـفر اجتنـاب کنند اما با این وجود خود آن‌ها تصریح کرده‌اند که تـا یـافتن اطلاعـات جدیـد بـرای تبیـین ویژگی های مجموعه‌ی کیهان‌های محتمل— که البته در آینده نزدیک بسیار نامحتمل اسـت— هر گونه محاسبات احتمالاتی در قالب احتمالات هنجارناپذیر خواهد بـود (Koperski 2005, 308).

اما به هر حال چنین مشکلی تا به امروز کیهان‌شناسان را از بهره بردن از چنین محاسـباتی منصرف نساخته است و بعید است که در آینده نیز چنین اتفاقی بیافتد.

آنچه در این جا می‌بایست توجه شود این است که همانگونه خـود کپرسـکی در انتهـای مقاله‌اش اشاره می‌کند این مثال‌ها مشکل اندازه را از ریشه حـل نمـی‌کنـد (Koperski 2005, 318). اساسا مثال نقضی به جای حل سوال تنها آن را گسترش می‌دهد. اما به هر تقـدیر ایـن دو نمونه در کنار نمونه‌های متعدد دیگر در دانش های طبیعی نشان می‌دهد دانشـمندان ایـن علوم در عین احترام و بهره‌گیری از قواعد ریاضی در ماجراجویی علمـی خـود را مقیـد بـه قواعد و اصول به اصطلاح موضوعه ریاضی نمی‌دانند و در کمال تعجب این رویکـرد آن‌هـا دست‌کم در بسیاری موارد جواب می دهد.

## ۳.۴ ارزیابی راهبرد اول و دوم

همانگونه که مشاهده شد راهبرد اول چالش اندازه در تنظیم ظریف را مـی‌پـذیرد امـا تـلاش می‌کند تا با تعیین یک فضای محدود که مبتنی بر محدودیت‌های فیزیـکِ امـروز در انـدازه-گیری مقادیر ثوابت فیزیکی می‌باشد، به نوعی این چـالش را دور بزنـد. کـالینز کـه نماینـده اصلی این راهبرد است در تایید این رویکرد خود مثال «فرشته و گوی زریـن» را نیـز مطـرح کرد و اظهار داشت که اگرچه در این مثال احتمالات هنجارناپذیر است ما بـه نحـو شـهودی می‌دانیم که می‌توانیم محاسبات احتمالاتی داشته باشیم و حـق نـداریم آنگونـه کـه منتقـدین مطرح می‌سازند در این‌جا بلاتکلیف و لاادریگرا باقی بمانیم.

نقدی که به نظر می‌رسد به این راهبرد وارد است این است که این راهبرد بـه امـری کـه در تنظیم ظریف به چالش کشیده شده است پاسخ نمی‌دهد؛ توضیح این مطلـب ایـن اسـت که چالش اندازه به اصلی موضوعی از اصول موضوعی حساب احتمالات تمسک می‌کنـد و آن را مانند هر اصل موضوعی دیگر بدیهی و ضامن انسجامِ منطقی محاسبات اسـتفاده شـده

در تنظیم ظریف تلقی می‌کند. به عنوان مثال، مکگروها و وستروپ، در تبیین چالش اندازه می‌نویسند:

احتمالات فقط درصورتی معقول است که مجموع گزینه های مجزا که از لحاظ منطقی محتمل هستند به عدد ۱ برسد(McGrew, McGrew and Vestrup 2001, 1030).

از این رو چالش به زعم خود مشکلی منطقی را در حساب احتمالات استفاده شده در تنظیم ظریف رهگیری کرده است. در حالی که آنچه راهبرد اول دنبال می‌کند برخوردی معرف‌شناختی با این چالش است؛ چرا که «منطقه روشن شناختی» که در اثر محدودیت شناختی فیزیکِ موجود فراهم شده است توانایی متناهی‌سازی حقیقی مجموعه‌ی مقادیر محتمل یک ثابت فیزیکی را ندارد؛ مجموعه‌ای نامتناهی، با فرض خلاف آن و یا ضعف ابزار شناختی من (علم فیزیک موجود)، به یک مجموعه متناهی تبدیل نمی‌گردد.

بله یک مجموعه حقیقی متناهی شامل موردی که ما با دلیل موجه و به وسیله‌ی معیاری مناسب (relevant) (تا این که مجموعه‌ی ما دلبخواهی (arbitrary) نباشد) از دل یک مجموعه‌ی نامتناهی، چنین مجموعه‌ای را ایجاد کنیم نیز می‌گردد.

اما ما در این‌جا چنین معیاری نداریم. در تنظیم ظریف ما در پی مقایسه‌ی اندازه‌ی محدوده‌ی مجوّز حیات مقادیر ثابت‌ها به مجموعه بزرگ شامل همه مقادیر محتمل ثوابت هستیم. در چنین موردی ما حق نداریم به نحو دلبخواهی و تنها به این سبب که ابزار تشخیص مقادیر ما یعنی فیزیک موجود در مقادیر بسیار بزرگ کارکرد ندارد، مجموعه مقادیر محتمل را محدود بدانیم چرا که روشن است که علم محدود ما به امری باعث محدودیت واقعی آن امری نامتناهی نخواهد شد.

به هر تقدیر، از دید مطرح‌کنندگان چالش اندازه، این مجموعه متناهی شناختی که در راهبرد اول مطرح می‌گردد هنوز نامتناهی است و از این رو می‌بایست برای برخورداری از انسجام منطقی اصل شماراجمع‌پذیری را تامین کند.

همچنین در چنین مواردی ما نمی‌توانیم به مثال‌های شهودی تمسک کنیم و مثلا بگوییم من در این‌جا دریافت احتمالاتی شهودی دارم (آنگونه که در آزمایش فکری فرشته و گوی زرین مطرح شد)؛ چرا که یکی از وظایف منطق، بررسی و منسجم‌سازی امور، از جمله امور شهودی، با دریافت‌های عقلی است.

کوتاه سخن، بر اساس چالش اندازه، اصول موضوعی در حساب احتمالات در صدد طرح‌ریزی محدودیت‌های منطقی برای نامتناهی‌های واقعی یا تعریف شده‌اند. در چنین

شرایطی تعریف مجموعه‌ای متناهی به سبب جهل نسبت به یک نامتناهی تعریفی دلبخواه ومردود است و شهود نیز در این زمینه کاری از پیش نخواهد برد.

در خصوص راهبرد دوم نیز باید توجه داشت که همانگونه که مشاهده شد، رویکرد اصلی این راهبرد ارائه‌ی پاسخ نقضی و معرفی مواردی دیگر از استفاده احتمالات هنجارناپذیر در دانش‌های طبیعی است. واضح است که پاسخ نقضی همواره به جای حل مشکل گستره‌ی آن را توسعه می‌دهد. این شگرد با نشان دادن رواج استفاده از احتمالات هنجارناپذیر ممکن است همدردی دانشمندان دانش‌های طبیعی را کسب کند اما ممکن است از سوی دیگر نشان دهنده‌ی عمق شکاف و عدم تطابق میان علوم طبیعی و ریاضیات نیز باشد.

با عنایت به ملاحظات پیش‌گفته در مورد راهبرد اول ودوم به نظر می‌رسد در پاسخ به چالش اندازه می‌بایست رویکردی حلی اتخاذ شود که آن با در نظر گرفتن ماهیت این چالش میسر می‌گردد. ما در بخش آتی راهبرد سوم را با چنین رویکردی ارائه می‌نماییم.

## ۴.۴ راهبرد سوم: تامین اصل موضوعی شماراجمع‌پذیری ضروری نیست!

در راهبرد سوم ما ابتدا برای پاسخ به چالش اندازه قدمی به عقب برمی‌داریم و اساس این چالش را از لحاظ هستی‌شناختی می‌کاویم. در قدم بعدی ادعای طرفداران چالش اندازه در بحث تنظیم ظریف، که شمارا–جمع‌پذیری را اصل موضوعی می‌دانند و پایبندی به آن را ضامن انسجام منطقی حساب احتمالات در تنظیم ظریف تلقی می‌کنند را بررسی خواهیم نمود و نشان خواهیم داد که نقض اصول موضوعی در در یک مساله‌ی ریاضیاتی، لزوماً آن مساله را غیر منطقی نمی‌سازد. در انتها نیز بیان خواهیم نمود که اصل شمارا–جمع‌پذیری اصل موضوعی مورد اتفاقی نیست و می توان در محاسبات احتمالات نامتناهی‌ها از جمله حساب احتمالاتِ تنظیم ظریف، به اصول موضوعیِ دیگر به صورت مشخص شمارا–متناهی بودن اکتفا کرد.

### ۱.۴.۴ هستی‌شناسی نامتناهی‌ها

چالش اندازه به موضوع بی‌نهایت‌ها بازگشت دارد که بشر از دیرباز در فهم آن‌ها و چگونگی آشتی دادن آن ها با امور متناهی و قواعدشان می‌اندیشیده است. باید دانست که

چالش اندازه منحصر به برهان تنظیم ظریف و یا حتی به دانش کیهان‌شناسی نیست. چالش اندازه ریشه در پاسخ ما به رابطه‌ی اندازه‌های نامتناهی و متناهی دارد.

الوین پلانتینگا در کتاب «توجیه و تابع مناسب» (Warrant and Proper Function)، آنگاه که مساله احتمال منطقی (افلاطونی) را بررسی می‌کند، به چالش اندازه اشاره می‌کند (A. Plantinga 1993, 146-151). او با مطرح ساختن برخی از سوال‌های قدیمی اما هنوز زنده‌ی بی‌نهایت‌ها، از جمله مساله معروف جزء لا یتجزء، اظهار می‌دارد که می‌بایست به دنبال پاسخی واحد برای این پرسش‌ها باشیم. به عنوان نمونه او موضوع پاره خط حقیقیِ از دو سو متناهی را پیش می‌کشد و می‌نویسد:

چنین پاره خطی از بی نهایت نقطه تشکیل یافته است که همه آن ها بر اساس تعریف نقطه فاقد طول هستند. حال چگونه چنین نقطه‌های فاقد طول می‌توانند خطی دارای طول را بسازند؟ همچنین نیمه سمت چپ این پاره خط تنها اندازه‌ای معادل نصف کل خط را دارا است در حالی که هر دو یعنی کل خط و نصف خط از تعداد مساوی نقطه تشکیل شده‌اند (A. Plantinga 1993, 146).

نامتناهی‌ها در حساب، هندسه، و سایر زیرشاخه های ریاضیات به وفور یافت می‌شوند و قابل انکار نیستند. عدد پی ($\pi$)، عدد فی ($\varphi$)، عدد نپر ($e$) و غیر این‌ها از اعداد گنگ تنها اعداد انتزاعی و مفید در ریاضیات نیستند بلکه در زندگی روزمره و محاسبات هندسی مربوط به عالم واقع مورد استفاده قرار می‌گیرند.

آیا نامتناهی‌ها در عالمی متفاوت از عالم ما، چیزی شبیه عالم مثل افلاطونی یا شبیه آن، قرار دارند و برای ما پدیدار می‌گردند؟ آیا این نحوه درک ما از نامتناهی ها به ساختار دستگاه شناختی ما مربوط می‌شود؟ پاسخ مثبت به سوال اول شما را یک افلاطونی‌گرا و پاسخ مثبت به سوال دوم شما را یک شهودگرا (Intuitionist) در ریاضیات قرار می‌دهد.[۱۰] اما آنچه در هر دو رویکرد صادق است این امر است که دنیای نامتناهی‌ها و قواعد حاکم بر آن باید جدی گرفته شود. همچنین دیگر نبایست توقع داشت که ویژگی‌ها، قواعد و یا شرط-هایی که در دنیای متناهی‌ها مورد استفاده قرار می گیرد الزاما در این دنیا نیز رعایت گردند.

پلانتینگا، در همین راستا معتقد است که تطبیق‌ناپذیری برخی از نامتناهی‌ها با برخی از اصول موضوعی نامانوس‌تر از مثال‌های پیش‌گفته از قبیل رابطه پاره‌خط و نقاط تشکیل دهنده‌ی آن نیست (A. Plantinga 1993, 147). پس از این تامل هستی‌شناختی، اینک نوبت به

بررسی برداشت رایج در مورد اصول موضوعی ریاضی یعنی بداهت و منطقی بودن این اصول می‌رسد.

### ۲.۴.۴ اصول موضوعه و نامتناهی‌ها

همانگونه که گذشت، منتقدین تنظیم ظریف تامین اصل موضوعی شمارا–جمع‌پذیری را ضامن انسجام و منطقی بودن حساب احتمالات تلقی می‌کنند. اما آیا این برداشت از اصول موضوعی به صورت کلی و از اصل موضوعی شمارا–جمع‌پذیری برداشت صحیحی است؟

مراجعه به کلمات ریاضی‌دانان، صحت و سقم چنین برداشتی را روشن می‌سازد. ریاضی‌دانان و حتی بنیان‌گزاران اصول موضوعی مجموعه‌ها، به هیچ وجه چنین برداشتی را در مورد اصول موضوعی صحیح نمی‌دانند.

پنلوپی مدی(Penelope Maddy)، فیلسوف ریاضیات امریکایی، در مقاله اول از دوگانه‌ی «باور به اصول موضوعی» به خوبی نادرستی چنین باور رایجی را تبیین می‌کند. مدی می‌-نویسد:

«از یک دانشجوی دانشجوی جدیدالورود فلسفه ریاضیات سوال کنید که چرا ما قضایای ریاضیاتی را باور داریم؟ شما احتمالاً جواب خواهید شنید که «زیرا ما برای‌شان اثبات داریم». یک پاسخ پیچیده‌تر می‌تواند اضافه کند که « وآن اثبات‌ها نیز بر اصول موضوعی صادق استوار هستند که قوانین استنتاج صدق آن‌ها را تضمین می‌کند» سوالی که به صورت طبیعی در مرحله بعد مطرح می‌گردد این است که چرا ما بدیهیات را باور داریم و در اینجا معمولاً پاسخ این خواهد بود که چرا که آن‌ها «بدیهی» یا «فطری» هستند، که انکار آنها «تناقض با خود» یا «ارتکاب جرم است علیه عقل» است. پاسخ پیچیده‌ترازپاسخ قبل این است که گفته شود اصول موضوعی، «قوانین منطق» یا «تعاریف ضمنی» یا «حقایق مفهومی» یا مواردی از این دست هستند. متأسفانه، چنین پاسخ‌های دلگرم‌کننده‌ای دیگر خریدار ندارد (تازه اگر بپذیریم قبلاً چنین بوده اند)(Maddy 1988, 481) .»

مدی به ویژه در مورد نظریه مجموعه‌ها تاکید می‌کند که اصول موضوعی در این نظریه لزوما قوانین منطقی نیستند و حتی بنیان‌گزاران اصول موضوعی از قبیل جرج کانتور ( Georg Cantor) و کورت گودل(Kurt Gödel) هیچ‌گاه در پی یک سیستم عاری از تعارض و قیاسی نبودند(Maddy 1988, 483) .

از این رو چنین تصور رایجی نسبت به اصول موضوعی صحیح نیست و بهترین شاهد آن این است که اصول موضوعی از بدو پیدایش تا کنون همواره در معرض تغییر، تبدیل و حتی حذف بوده اند. جیمز براون (James R. Brown)، فیلسوف علم و ریاضی‌دان کانادایی، در این زمینه می‌نویسد:

اصول موضوعی گمانه‌زنی‌های هستند که مانند فرضیه‌های علمی بر اساس آثارشان محک می‌خورند (Brown 2008, 176).

بنابرین اصول موضوعی، قوانین منطقی و قیاسی نیستند بلکه اصولی هستند برای تسهیل تلاش ریاضیاتی ریاضی‌دانان و آنگونه که برخی گفته‌اند تنها به جهت دور ماندن ریاضی-دانان از فلسفه‌ی ریاضی و پرداختن بی دغدغه ایشان بنا نهاده شده اند (Easwaran 2008, 381).

به علاوه، گاهی برخی از اصول موضوعی که به نظر کاملا جا افتاده به نظر می‌رسند به جهت بار غیرضروری که در برخی موارد بر سایر بخش‌های ریاضیات وارد می‌سازند نادیده انگاشته می‌شوند. جالب است بدانیم که نظریه‌ی مجموعه‌های تسرملو-فرنکل، که پرطرفدارترین مدل اصل موضوعی در نظریه‌ی مجموعه‌ها به شمار می‌رود، بهترین نمونه برای این امر است. هنگامی که اصل موضوعی انتخاب (Axiom of Choice) در این نظریه در نظر گرفته می‌شود (ZFC)، برخی ناهنجاری‌ها از قبیل مجموعه‌ی ویتالی (Vitali set) و پارادوکس‌هایی از قبیل پارادوکس باناخ-تارسکی (Banach–Tarski paradox) رخ می‌نماید.[11] اما با این وجود ریاضی‌دانان به جهت فواید متعدد این اصل از آن بهره می‌برند (Mendelson 1997, 279).

از این رو خارج نمودن تعداد قابل توجی از مصادیق حساب احتمالات به بهانه عدم تطابق آن‌ها با یک اصل موضوعی باری سنگین و غیرضروری برای ریاضیات به نظر می-رسد که می‌توان با نادیده گرفتن این اصل از تحمل آن رهایی یافت. شواهد شهودی که در راهبرد اول مطرح شد و نیز رویه‌ی موجود در علوم طبیعی از قبیل کیهان شناسی و میکانیک آماری که در راهبرد دوم تبیین شدند، جملگی می‌توانند درراستای اقدامی عملی در نادیده گرفتن اصل موضوعی شماراجمع‌پذیری تفسیر شوند.

### ۳.۴.۴ شمارا-جمع‌پذیری یا متناهی-جمع‌پذیری

در بخش قبلی روشن گشت که اصول موضوعی از جمله اصل موضوعی شمارا-جمع-پذیری حقایقی منطقی و یا غیرقابل خطا نیستند و حتی اگر اینگونه می‌بودند نیز با توجه به بار غیر قابل تحملی که بر خود ریاضیات و سایر علوم طبیعی وارد می‌سازند قابل چشم پوشی هستند کمااینکه در موارد متعدد دیگر این امر در ریاضیات رخ داده است. حال اگر کسی حتی با چشم پوشی از اصول نیز مشکل داشته باشد راه دیگری نیز وجود دارد و آن جایگزینی اصل شمارا-جمع‌پذیری با اصل متناهی-جمع‌پذیری است.

نخست لازم است بدانیم که اجماعی بر لزوم تامین اصل شمارا-جمع‌پذیری در مجموعه‌های نامتناهی وجود ندارد. برخی از ریاضی‌دانان تامین اصل متناهی-جمع‌پذیری را برای یک مجموعه نامتناهی کافی دانسته‌اند در نتیجه حساب احتمالات در برهان تنظیم ظریف تامین کننده این اصل می‌باشد. برخی از نظریه‌پردازان در نظریه احتمالات از قبیل برونو دوفینیتی (Bruno de Finetti)، لئونارد سَوج (Leonard Savage) و لستر دوبینز (Lester Dubins)، تامین اصل متناهی-جمع‌پذیری را کافی می‌دانند (Von Plato 1994, 228).

دوفینیتی احتمال‌دانِ شهیر در این زمینه می‌نویسد:

> از لحاظ نگاه عمل‌گرایانه شرط متناهی-جمع‌پذیری (در مقابل شمارا-جمع‌پذیری) قانع کننده به نظر می رسد و تئوری من همواره این بوده است که جمع‌پذیری تام (شمارا-جمع‌پذیری) را رد می‌کرده ام. به عقیده من تمایل رایج برای پذیرفتن شمارا-جمع-پذیری غیر قابل توضیح است مگر به عنوان یک عارضه‌ی مسری از اندازه رایج لبگ-بورل. (B. De Finetti 1972, xiv)

همانگونه که ملاحظه می‌شود آنچه که از نظر دوفینیتی در سامان بخشیدن حساب احتمالات شرط است انسجام آن است و برای چنین انسجامی نیاز به شمارا-جمع‌پذیری یک مجموعه نامتناهی نخواهد بود. دوفینیتی حتی بیان می‌دارد این اصرار جزم‌اندیشانه نسبت به اشتراط شمارا-جمع‌پذیری منجر به این شده است که برخی برای این که نشان بدهند در مجموعه مورد نظرشان به این اصل پایبند بوده‌اند، دست به گسترش دادن یک مجموعه به نحو بی دلیل و فرضی بزنند تا بتوانند این اصل را حتی در جایی که صادق نیست نیز جاری کنند (B. De Finetti 1990, 259). بنابرین با پذیرش کفایت شمارا-متناهی بودن دیگر مشکلی در مجموعه‌های نامتناهی هنجارپذیر نیستند از جمله در محاسبات احتمالاتی تنظیم ظریف ایجاد نمی‌شود.

به صورت خلاصه می‌توان راهبرد سوم بر این امر تاکید نمود که سامان‌بخشی به حوزه‌ی نامتناهی‌ها با در نظر گرفتن شرایط ویژه‌ی آن‌ها و همچنین رعایت اصول کلی حاکم بر ریاضیات انجام پذیرد. همچنین واضح شد که ذهنیت رایج نسبت به اصول موضوعی که آن‌ها را اصولی منطقی و غیرقابل چشم‌پوشی تلقی می‌کند صحیح نمی‌باشد. اصول موضوعی در طول تاریخ حضورشان در ریاضیات دست‌خوش تعدیل، تغییر و یا حتی حذف شده‌اند. در مرحله پایانی نیز به این امر تذکر داده شد که اصل شمارا–جمع‌پذیری اصلی اجماعی نیست و احتمال‌دانان متعددی با گرایش‌های گوناگون تامین آن را در احتمالات منسجم غیر ضروری دانسته اند.

## ۵. نتیجه‌گیری

همانگونه که بیان شد چالش اندازه یکی از مهم‌ترین چالش‌های است که برهان تنظیم ظریف با آن دست و پنجه نرم می‌کند. در مواجهه با این چالش دو راهبرد اصلی توسط موافقین برهان پیگیری شده است. راهبرد اول پذیرفتن چالش و تلاش برای دور زدن آن است. رابین کالینز به عنوان اصلی‌ترین نماینده‌ی این راهبرد، با محدود کردن فضای نمونه‌ی احتمالاتی در مورد مقادیر ثوابت فیزیکی تلاش می‌کند تا احتمالات را در این برهان هنجارپذیر سازد. او از طریق تعریف «فضای روشن شناختی» بر اساس محدودیت‌های فیزیک امروز مجموعه‌ی فضای نمونه را هنجارپذیر می‌سازد و زیرمجموعه‌های موجود در این مجموعه از جمله زیرمجموعه مقادیر مجوّز حیات را به آن می‌سنجد. راهبرد دوم، عادی جلوه دادن هنجارناپذیری احتمالاتی در دانش‌های گوناگون است. جفری کپرسکی، به عنوان مهم‌ترین مدافع این راهبرد، با آوردن چند شاهد از دانش کیهان‌شناسی و مکانیک آماری اظهار می دارد 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 در پی فراهم ساختن پاسخی حلی برای چالش اندازه نیستند. همچنین پاسخی که راهبرد به این چالش می‌دهد تناسبی با امری که در تنظیم ظریف به چالش کشیده شده است ندارد؛ چرا که منتقدین در این چالش معتقدند اصول موضوعی در حساب احتمالات در صدد طرح‌ریزی محدودیت‌های منطقی برای نامتناهی‌های واقعی یا تعریف شده‌اند و در چنین شرایطی تعریف مجموعه‌ای متناهی به

کمک گرفتن از جهل موجود نسبت به حیطه‌ی یک نامتناهی تعریفی دلبخواه ومردود است و شهود احتمالاتی نیز در مواردی که مخالف منطق یا عقل باشند کمکی نمی‌کنند.

در مورد راهبرد دوم نیز باید توجه داشت که رویکرد اصلی این راهبرد ارائه‌ی پاسخ نقضی با معرفی موارد مشابه از استفاده احتمالات هنجارناپذیر در دانش‌های طبیعی است و پاسخ نقضی به جای حل مشکل گستره‌ی آن را توسعه می‌دهد. در مرحله 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 چالش اندازه قدمی به عقب برمی‌دارد و تلاش می‌کند چالش را از لحاظ هستی‌شناختی برررسی کند. در مرحله‌ی بعد، این راهبرد ادعای طرفداران چالش اندازه در بحث تنظیم ظریف، مبنی بر این که «شمارا–جمع‌پذیری اصل موضوعی است و اصول موضوعی ضامن انسجام منطقی حساب احتمالات از جمله در تنظیم ظریف هستند» را بررسی می‌کند و بطلان این دیدگاه را تبیین می‌نماید. این راهبرد در انتها بیان می‌کند که اصل شمارا–جمع‌پذیری اصل موضوعی مورد اتفاقی نیست و می‌توان در محاسبات احتمالات نامتناهی‌ها از جمله حساب احتمالاتِ تنظیم ظریف، به اصول موضوعیِ دیگر به صورت مشخص متناهی–جمع‌پذیری اکتفا کرد.

## پی‌نوشت‌ها

۱. جمله منسون، هولدر و مک‌گرو و دیگران (McGrew, McGrew and Vestrup 2001؛ Manson 2000؛ R. Holder 2001a)

۲. لوک بارنس (Luke Barnes) و لوئیس گرینت (Lewis Geraint) نیز همین رویکرد را تقویت می‌کنند و معتقدند چنین اشکالاتی اگر قرار باشد موثر باشند باید تمام فیزیک را فلج کنند. این دو نویسنده با لحنی مزاح‌آمیز آنهایی که احتمالات به کار رفته در نظریه تنظیم ظریف را به چالش می‌کشند، تهدید می‌کنند و می‌نویسند:

> احتمالات در تنظیم ظریف و احتمالات در فرایند محک فرضیه‌ها در فیزیک جدائی ناپذیرند. روش بیزی برای آزمایش فرضیه‌ها خوب است. بهتر بگویم خیلی خوب است. بسیار شرم‌آور خواهد بود اگر اتفاقی برای این روش بیافتد (Barnes and Lewis 2016, 286).

۳. به عنوان مثال رجوع شود به (Sklar 1993, 182–8).

٤. مدل FLRW که محصول کار چهار فیزیک‌دان سرشناس یعنی الکساندر فریـدمان، جـورج لـومتر، هوارد رابرتسون و آرتور واکر که به صورت مستقل این مدل را در دهـه بیسـت و سـی مـیلادی تکمیل کردند. این مدل در حقیقت راه حلی دقیق برای حل معادلات نظریه‌ی عام نسـبیت اسـت. این مدل که بعدا به مدل استاندارد کیهان‌شناسی جدیـد (Standard Model of Modern Cosmology) معروف گشت در واقع کیهـان را همگـن (homogeneous)، همسـانگرد (isotropic)، و غیـر ثابـت (non-static) توصیف می‌کند برای توضـیح بیشـتر بـه (Lachieze-Rey and Luminet 1995) مراجعـه شود.

٥. در مکانیک کوانتومی، عملگر (operator) هامیلتونی با نماد ($\hat{H}$)یک سیستم عملگر است کـه بیـان-گر انرژی کل آن سیستم، اعم از انرژی کِنتیک و انرژی پتانسیل، می‌باشد.

٦. این شروط عبارتند از: ۱. اندازه باید مثبت باشد. ۲. اندازه نباید بر انتخاب متغیرهـا یـا مجموعـه‌ی شرایط اولیه متوقف باشد. ۳. اندازه می بایست «طبیعی» باشد؛ یعنی بتواند تقارن ها در فضـای راه حل‌ها را بدون اضافه کردن اطلاعاتی خارج از معادله ضبط کنـد (Gibbons, Hawking and Stewart 1987, 736-7).

۷. (Gibbons, Hawking and Stewart 1987, 736) ملاحظه شود.

۸. (Hawking and Page 1988) ملاحظه شود.

۹. (Kirchner and Ellis 2003)، (Ellis, Kirchner and Stoeger 2003) ملاحظه شود.

۱۰. بـرای آشـنایی بـا مبحـث افلاطـونی‌گرایـی، (Rees 1967) و مبحـث شـهودگرایی، (Parsons 1980)ملاحظه شود.

۱۱. برای آشنایی با مجموعه‌ی ویتالی به (Wagon 1994) و در مورد پارادوکس‌هـای بانـاخ-تارسـکی به(Solovay 1970) مراجعه شود.

## کتاب‌نامه


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

Brown, J. Philosophy of Mathematics: A Contemporary Introduction to the World of Proofs and Pictures. New York & London: Rutledge, 2008.

Collins, Robin. In The Blackwell Companion to Natural Theology, by William Lane Craig and J. P. Moreland, 202-82. West Sussex,: Blackwell, 2009.

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

De Finetti, B. Theory of Probability. A critical Introductory Treatment. Translated by A. Machi and A. Smith. 2 vols. Chichester: John Wiley & Sons, 1990.

Easwaran, K. "The Role of Axioms in Mathematics." Erkenntnis 68, no. 3 (2008): 381–391.

Ellis, G., U. Kirchner, and W. Stoeger. "Defining Multiverses." Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2003: Preprint, archive.org/astro-ph/0305292.

Friederich, S. "Fine-Tuning." The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Winter 2018. https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/fine-tuning/ (accessed 08 09, 2020).

Gibbons, G., S Hawking, and J. Stewart. "A Natural Measure on the Set of All Universes." Nuclear Physics, no. 281 (1987): 736–51.

Halmos, P. Measure Theory. New York: Springer, 1974.

Hawking, S., and D. Page. "How Probable is Inflation?" Nuclear Physics, no. 298 (1988): 789–809.

Holder, R. "The Realization of Infinitely Many Universes in Cosmology." Religious Studies, 2001b: 343-50.

Holder, R. "Fine-Tuning, Many Universe, and Design." Science and Christian Belief, no. 13 (2001a): 5–24.

Kirchner, U., and G. Ellis. "A Probability Measure for FLRW Models." Classical and Quantum Gravity, 20, pp., no. 20 (2003): 1199–213.

Kolmogorov , A. Foundations of the Theory of Probability. Translated by Nathan Morrison. New York: Chelsea Publishing Company, 1956.

Koperski, Jeffrey . The Physics of Theism. Wiley-Blackwell, 2015.

Koperski, Jeffrey. "Should We Care about Fine-Tuning?" The British Journal for the Philosophy of Science, 2005: 303–319.

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

Maddy, P. "Believing the Axioms, I." Journal of Symbolic Logic 53, no. 2 (1988): 481–511.

Manson, N. "There is No Adequate Definition of ‘Fine-tuned’ for Life’." Inquiry, no. 43 (2000): 341–52.

Martin, N., and J. England. Mathematical Theory of Entropy in the Encyclopedia of Mathematics and Its Applications. Vol. 12. London: Cambridge, 1981.

McGrew, T., L. McGrew, and E. Vestrup. "Probabilities and the Fine-Tuning Argument: a Sceptical View." Mind, no. 110 (2001): 1027–37.

Mendelson, E. Introduction to Mathematical Logic. 4. New York: chapman & Hall, 1997.

Parsons, C., “Mathematical Intuition”, Proceedings of the Aristotelian Society, 80 (1980): 145–68.

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

Rees, D., “Platonism and the platonic tradition”, in The Encyclopedia of Philosophy, Paul Edwards, ed., New York: Macmillan, vol. 5 (1967), 333–341.

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

Solovay, R. "A model of set-theory in which every set of reals is Lebesgue measurable." Annals of Mathematics, Second Series, no. 92 (1970): 1–56.

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

Wagon, S. The Banach–Tarski Paradox. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
Weatherford, R. Foundations of Probability Theory. Boston: Routledge and Kegan Pau, 1982.