

## حل پارادوکسهای زنون با نظریه «جمع تحلیلی خطی»

### و سنجش تطور پاسخها

رضا شاکری<sup>۱</sup>، علی عابدی شاهرودی<sup>۲</sup>

#### چکیده

زنون پیروی از استادش پارمنیدس، مسئله حرکت را بچالش کشیده و در ضمن چهار استدلال، ایرادات خود را که در واقع پارادوکسهای این نظریه بود، سامان داد. این پارادوکسها که انکار یک مسئله بدیهی (یعنی حرکت) بشمار میرفت با واکنشهایی مواجه شدند. در این نوشتار نخست به دو مورد از پارادوکسهای زنون اشاره میشود، سپس پاسخهای برخی اندیشمندان از ادوار مختلف نقل میگردد. این پاسخها عبارتند از: پاسخ ارسطو که موقعیت بالفعل و بالقوه حرکت را از هم تفکیک نمود و پاسخ ریاضی که به مفهوم «اندازه‌های بینهایت کوچک» متوسل گردید. کانت نیز در آنتی‌نومیها به این مشکل اشاره کرده است. در ادامه نظریه «جمع تحلیلی خطی» تبیین میشود. این نظریه از دو مؤلفه تشکیل شده است؛ (۱) فاصله بین دو نقطه انتقال، تا بینهایت قابل تقسیم است اما همواره قدر مطلق فاصله پسین کوچکتر از قدر مطلق فاصله پیشین است. (۲) از آنجا که نامتناهی بودن تقسیم، تحلیلی است نه ترکیبی، حد جمع این فاصله‌ها نیز مساوی با فاصله آغازین خواهد بود. براساس این نظریه، از آنرو که حرکت، تهی از راستا و حدود

۱۷

۱. دانشجوی دکتری رشته فلسفه اسلامی، دانشگاه باقرالعلوم، قم، ایران (نویسنده مسئول)؛

seyyedsadin@gmail.com

۲. استاد معقول و منقول حوزه علمیه، قم، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۲۱ نوع مقاله: پژوهشی



DOR: 20.1001.1.20089589.1401.12.4.5.1

پیوسته نیست، در هر لحظه، انتگرال حدی مسافت پیموده میشود و حدود تحلیلی و متوالی و غیرمتناهی مسافت، استیفا میگردند. سنجش این پاسخها نیز بخش دیگری از این نوشتار است.

**کلیدواژگان:** حرکت، پارادوکسهای زنون، نظریه «جمع تحلیلی خطی»، ارسطو، کانت، ریاضیات جدید.

\* \* \*

### مقدمه

یکی از معروفترین اختلاف نظرهایی که در تاریخ علم ثبت شده است، اختلاف بین پیروان هراکلیتوس و الثائیان میباشد. هراکلیتوس اشیاء را در حال دگرگونی دائم میدانست و معتقد بود: «ما نمیتوانیم دوبار در یک رودخانه داخل شویم» (راسل، ۱۳۸۸: ۴۹). اما پارمنیدس - که پیشوای مکتب الثائی است - هستی را ثابت و تغییرناپذیر می‌انگاشت. بلکه

وی منکر امکان منطقی تغییر و حرکت بود... میگفت تنها میتوان از چیزی سخن گفت که هست نه از چیزی که نیست. پایه استدلال پارمنیدس همین مطلب است. ... حرکت نیز بهمین قیاس ناممکن است (هالینگ دیل، ۱۳۷۵: ۷۹).

پارمنیدس عقیده داشت حقیقت (یا واحد یا خدا یا کلمه یا وجود) چیزی است یگانه، کامل، ساکن، بدون علت (کرشنزو، ۱۳۷۷: ۱۰۴).

زنون با احتجاجاتش کوشید موضع استاد را تثبیت نماید و بر این نکته تمرکز یافت که اثبات کند مدّعی حرکت با چالش مواجه است. این کوششها نهایتاً به چهار استدلال که به «پارادوکسهای زنون» مشهور شد منتهی گردید و از آنرو که حرکت که یک مسئله بدیهی و روزمره بود را بچالش میکشید، ریشخندها و اعتراضاتی را در پی داشت.

در این نوشتار چند پاسخ به این ایرادات از دانشهای گوناگون در ادوار مختلف، مورد بررسی قرار میگردد؛ این پاسخها عبارتند از: ۱- ارسطو، ۲- کانت، ۳- ریاضیات جدید، ۴- نظریه «جمع تحلیلی خطی» که محور تمرکز این نوشتار است. این نظریه توانسته است راهکاری نوین و مستقل از پیشینیان برای حل این پارادوکسها ارائه کند و بر پایه همین، سایر پاسخها را نیز مورد سنجش و نقّادی قرار دهد. این دیدگاه با استفاده از برخی از مقالات صاحب نظریه (علی

۱۸



عابدی شاهرودی)، همراه با افزوده‌هایی که بر این نوشتار مرقوم کرده‌اند، تبیین می‌گردد.

## پارادوکسهای زنون

زنون برای تشکیک در حرکت، چهار استدلال اقامه کرد. این نوشته به دو مورد از آنها - که گویی مشهورترند - بسنده میکند.

### استدلال اول؛ پارادوکس میدان مسابقه

این استدلال - بگزارش کاپلستون - بدین شرح است:

فرض کنیم که شما میخواهید از یک طرف ورزشگاه یا میدان مسابقه به طرف دیگر آن بروید. برای این کار باید بینهایت نقاط را طی کنید - یعنی بنا بر فرض فیثاغوریان - بعلاوه اگر میخواهید به طرف دیگر برسید باید آن را در زمان متناهی ببیماید. اما چگونه میتوانید بینهایت نقاط، و بنابراین یک فاصله نامتناهی را در یک زمان متناهی طی کنید؟ باید نتیجه بگیریم که شما نمیتوانید ورزشگاه را ببیماید... در نتیجه هر حرکتی محال است (کاپلستون، ۱۳۹۶: ۷۱/۱).

این استدلال نخست سخن خود را با فرض حرکت آغاز کرده و در پایان، مخاطب را با امری محال مواجه مینماید. این یک قیاس استثنایی است که از راه بطلان تالی به بطلان مقدم رهنمون میشود:

**مقدمه اول:** اگر حرکت امری واقعی باشد (مقدم) هیچ مسافت محدودی را نمیتوان پیمود (تالی).

**مقدمه دوم:** لکن مسافتهای محدود، قابل پیمودند.

**نتیجه:** پس حرکت درست نیست.

۱۹ وی ملازمه بین مقدم و تالی را چنین برقرار میکند که اگر سپری کردن مسافتها از طریق حرکت باشد، لازمه‌اش اینست که پیش از رسیدن به مقصد، نقاط میانی طی شوند. مثلاً برای پیمودن مسافت AB، قبل از رسیدن به مقصد B میبایست نقطه C که بین مبدأ و مقصد است، پیموده شود و پیش از پیمایش نقطه C نیز میبایست نقطه D که بین مبدأ (A) و C قرار دارد طی شود. همچنین پیش از D لازم است نقطه E که در میانه مبدأ و D است پیموده شود. این روند، عابر را با بینهایت نقطه مواجه میکند که لازم است برای



رسیدن به مقصد آنها را بییماید.

در این استدلال، زنون میگوید فرض حرکت این بن بست را در پی دارد که نامتناهی در متناهی گنجانده شود؛ گنجاندن بینهایت نقطه در یک مسیر محدود. همچنین گنجاندن مسافت بیپایان در زمان محدود. روشن است که هر دوی این موارد باطل میباشند.

### استدلال دوم؛ پارادوکس آشیل و لاک پشت

کاپلستون در تقریر استدلال دوم زنون میگوید:

فرض کنیم که آخیلس [آشیل] و یک سنگ پشت [لاک پشت] مسابقه دو میدهند. چون آخیلس ورزشکار است اجازه میدهد که سنگ پشت حرکت را آغاز کند. حال، در زمانی که آخیلس به مکانی میرسد که سنگ پشت از آن حرکت را آغاز کرده است، سنگ پشت دوباره به نقطه دیگری پیش رفته است؛ و وقتی آخیلس به آن نقطه میرسد آنگاه سنگ پشت باز هم فاصله دیگری را، ولو خیلی کوتاه، پیش رفته است. بدین سان آخیلس همواره به سنگ پشت نزدیکتر میشود اما هیچگاه عملاً نمیتواند به آن برسد و هرگز نمیتواند چنین کند؛ بنا بر این فرض که یک خط از شماری نامتناهی از نقاط ساخته شده است، زیرا در آن صورت آخیلس باید یک فاصله نامتناهی را طی کند. پس بنا بر فرض فیثاغوریان... اگرچه آنان ادعای واقعیت حرکت را داشتند، بنا بر نظریه خودشان، آن را غیرممکن میسازند، زیرا نتیجه میشود که کندروتر بسرعت تندروتر حرکت میکند (همان: ۷۲).

مطابق این استدلال، آخیلس، تیزپاترین مرد یونان، هرگز نمیتواند از یک لاک پشت که به کندروی مشهور است پیش افتد؛ چون نخست دونده تیزپا میبایست به نقطه‌یی برسد که لاک پشت از آن نقطه حرکت خود را شروع کرده است. آنگاه پس از آنکه آخیلس به نقطه شروع لاک پشت رسید، لاک پشت مقداری مسافت را پیموده و جلوتر رفته است و هرگاه دونده بخواهد به نقطه‌یی که اکنون لاک پشت در آن بسر میبرد برسد، لاک پشت باز هم مقداری پیش رفته است و این روند تا بینهایت ادامه پیدا میکند (خراسانی، ۱۳۵۰: ۳۲۲).

استدلال دوم، در قالب قیاس استثنایی اینچنین است:

**مقدمه اول:** اگر حرکت امری واقعی باشد (مقدم) لازم می‌آید هیچگاه تندرو به کندرو نرسد (تالی).

۲۰



**مقدمه دوم:** لکن روشن است که تندرو به کندرو میرسد (بلکه از او جلو هم میزند).  
**نتیجه:** پس حرکت درست نیست.

در این استدلال نیز ملازمه بین مقدم و تالی تابع بینهایت بودن نقاط مسافت است. چون دوندۀ تیزپایی مثل آشیل، هر چند از تندرویی و چالاکی خود بهره میبرد لکن همواره در گرداب نقاط بیپایان گرفتار است و مسافت که از نقاط بیپایان تشکیل شده است، چالاکی و تیزپایی او را مقهور خود میسازد. زنون میگوید در واقع این گرفتاری ناشی از ماهیت حرکت است که پیروان هراکلیتوس آن را باور دارند و تنها با دست کشیدن از فرضیۀ حرکت میتوان فرض کرد آشیل به لاکپشت برسد، چون اگر طی مسافت لاکپشت و آشیل را از سنخ حرکت ندانیم به این محذورات مبتلا نمیشویم. پس آنچه ما از حرکت و کثرت «حس میکنیم یک توهم است» (کاپلستون، ۱۳۹۶: ۱/۷۳).  
پارادوکس دوم دشوارتر از اولی است، چون اگر لاکپشت ببحرکت میبود نیز هرگز آشیل باقتضای پارادوکس اول- به لاکپشت نمیرسید، چه رسد به اینکه لاکپشت - باقتضای پارادوکس دوم- متحرک باشد. بنابراین بر پارادوکس آشیل و لاکپشت دشواری بیشتری حاکم است.

اعتراضات زنون در این گزاره قابل تلخیص است: قبول حرکت بعنوان توجیهکنندۀ وقایع هستی، ما را به پارادوکسهای خندهآور میکشاند؛ چون اگر فرض کنیم وقایع زندگی برپایۀ حرکت پیش میروند، لازمه اش اینست که هیچکس نتواند از نقطه‌یی به نقطه دیگر برسد، یا هیچ تندرویی نتواند از هیچ کندرویی عبور کند، و هر دو مورد، آشکارا باطل است.

### نظریه «جمع تحلیلی خطی»

«جمع تحلیلی خطی» نظریه‌یی است که صاحب نظریه آن را بدنبال تعریف حرکت، موسوم به «تعریف جامع حرکت» آورده است. تعریف جامع حرکت - که صاحب نظریه به آن رسیده است- میگوید:

حرکت عبارتست از انتقال الف از موقعیت صفر به موقعیتهای یک، دو، سه و همچنین تا آنجا که حرکت فرض شود، بگونه‌یی که همه نقطه‌های یک، دو و سه و جز اینها، مسافت الف باشند و الف آنها را بپیماید و نیز بگونه‌یی که از هر نقطه مسافت تا هر نقطه دیگر، بینهایت نقطه مفروض باشد که بین هر دو نقطه از آنها نقطه‌های بیپایان مفروض گردد (عابدی شاهرودی، ۱۳۷۴: ۷۸).



این نقطه‌های بیپایان که هر دو نقطه از آنها یک بازه را نشان می‌دهد، دارای دو شرط اساسیند که اگر در نظر گرفته نشوند، نه حرکت قابل تصور است و نه مسافت و زمان. حرکت، مسافت، زمان، فضا و خط پیوسته‌های خطیند که این دو شرط در نقاط بیپایانشان وجود دارند.

### شرط نخست

بین هر دو نقطه انتقال، حتی بین صفر و یک، بینهایت فاصله وجود دارد که تا بیپایان، در هر فاصله‌ی، فاصله‌های نامتناهی هستند. اما قدر مطلق هر رده‌ی از فاصله‌های پسین کمتر است از قدر مطلق هر رده‌ی از فاصله‌های پیشین... بین هر دو مقطع مسافت، بر طبق تحلیل مابعدالطبیعی و ریاضی بینهایت فاصله هست. این فاصله‌ها هرچه پیشتر رویم کوچکتر میشوند (همانجا).

بر اساس شرط نخست، هر فاصله یا بازه‌ی که بین دو نقطه قرار می‌گیرد قابل تحلیل به فواصل دیگر است. مثلاً پاره خط «AB» قابل تحلیل به «AC» و «BC» است؛ مانند شکل زیر:



آنگاه «BC» را نیز میتوان به دو فاصله دیگر تحلیل کرد و همین روند را تا بینهایت ادامه داد. اما هر چه این روند ادامه یابد، فاصله جدید کوچکتر میگردد و همواره قدر مطلق فاصله مقسم (مثلاً «AB») بزرگتر از قدر مطلق اقسام («AC» و «BC») است. پس بازه‌ها و فاصله‌ها اگرچه تا بینهایت تحلیل و تقسیم شوند، همواره بزرگی فاصله‌های پیشین نسبت به فاصله‌های تحلیلی بعدی محفوظ میماند و روند تحلیل خلی در نظام بزرگی و کوچکی فاصله‌ها ایجاد نمیکند.

قانون مهمی که بر پیوسته‌های خطی حاکم است اینست که: پیوسته‌ها حد کاهشی ندارند و در فرایند تقسیم‌پذیری به حد صفر (= بیفاصلگی = بی‌امتدادی) نمی‌رسند. صاحب نظریه بر این قانون چنین استدلال کرده است:

اگر فرایند کاهشی تحلیل یک فاصله، به حد پایانی (= صفر) بینجامد (مقدم) لازم می‌آورد که آن فاصله برآمده از صفرها باشد (تالی) لکن هیچ فاصله‌ی از صفر بر نمی‌آید. نتیجه اینکه: فرایند کاهشی به حد پایانی (= صفر) نمی‌انجامد.

دلیل بطلان تالی اینست که صفر اگرچه بینهایت باشد، فاقد تأثیرگذاری است و تفاوتی بین یک صفر و بینهایت صفر وجود ندارد. چون فرض صفر فرض یک امر بی‌امتداد است و نمیشود از امر بی‌امتداد - هر چند بینهایت باشد- امتداد دربیاید (همان: ۷۹).

این قانون تضمین‌کننده پیوستگی خط است. بر این اساس پیوسته‌های خطی - که حدّ کاهشی ندارند- فاقد حد عدد گونه (= شماره وار= اسکالر) هستند، چون حدهای عددگونه در کمیت‌های منفصل که از اجزاء منقطع ترکیب شده‌اند جاری می‌باشد. بنابراین کمیت متصل و پیوسته نخواهد بود.

### شرط دوم

حدّ جمع پیوسته و تحلیلی همه پاره‌ها و فاصله‌های مندرج در یک پاره خط یا در یک قطعه حرکت و زمان، مساوی می‌باشد با خود آن پاره خط یا حرکت و زمان (همان: ۸۰).

اگرچه یک خط تا بینهایت قابل انقسام باشد اما همواره حدّ جمع پاره‌ها و فاصله‌های مندرج در خط مساوی با خود خط است و از تجمیع این حدود بینهایت (بالقوه) تغییری در اندازه آن خط حاصل نمیشود؛ نه بزرگتر میشود و نه کوچکتر. بازه «AB» (در مثال گذشته) اگرچه با تحلیل عقلی، در داخل خود بینهایت عضو (= مسافتهای بیکران کوچک شونده) دارد، لکن این اعضای بینهایت، نمیتوانند بازه اول (AB) را کوتاه و بلند کنند، چون این عدم تناهی ناشی از تحلیل عقل است که حکم میکند بازه اول (AB) میبایست از بازه‌هایی دیگر برآمده باشد، چراکه از امر بی‌بُعد، بُعد تشکیل نمیشود؛ چنانکه فیلسوفان به طرفداران اجزاء لایتجزا نیز چنین پاسخ گفته‌اند.

بر اساس شرط دوم، اگر بخواهیم این بازه‌های نامتناهی را یکجا جمع کنیم، این جمع برخاسته از قوه تحلیلی عقل است و بر همین اساس این نظریه «جمع تحلیلی خطی» نام نهاده شده است. جمع تحلیلی در مقابل جمع ترکیبی است. در جمعهای ترکیبی تصاعد و افزایش روی میدهد، چنانکه جمع  $3+1$  یک جمع ترکیبی است و به افزوده ۴ منتهی میشود. اما در اینجا که با جمع تحلیلی مواجهیم که حاصل نهایی جمع اجزاء، چیزی بیش از حدّ آغازین نخواهد شد (همان: ۸۱).



## پاسخ نظریه به اشکالات زنون

تعریف جامع حرکت اگرچه با تعریفهای رایج، از جمله تعریف ارسطو و ملاصدرا و تعریفی که در فیزیک مکانیک آمده است، همسویی دارد اما از دیدگاه صاحب نظریه مقومهایی در آن نهفته است که آن را از سایر تعریفها متفاوت میسازد. این مقومها عبارتند از:

۱- حرکت از هرگونه که باشد استیفای تدریجی حدود تحلیلی غیرمتناهی در هر فراز از مسیر میباشد.

۲- حرکت چونان حرکت، گسسته نیست و طرفه (= جست) در آن تصور ندارد و حدود راه بروش پلکانی پیموده نمیشوند.

۳- مسیر بعنوان راه، یک موقعیت قارالذات است و بعنوان راهه (= راه پیموده شونده) یک موقعیت سیال (= غیر قارالذات).

صاحب نظریه بر پایه تعریف جامع حرکت و مقومهای آن و دو شرط حاکم بر پیوسته‌های خطی، پارادوکسهای زنون را قابل پاسخ میداند. ولی این پاسخ نه بشیوه رفع بلکه بشیوه دفع میباشد. تفاوت رفع اشکال با دفع آن اینست: گاهی اشکال توانایی دارد در هیئت یک اشکال درآید و میبایست پاسخ داده شود. در این حالت اشکال قابل رفع و حل است. اما گاهی پاسخ بگونه‌یی است که اشکال منعقد نمیشود و نمیتواند در هیئت یک مشکل بروز کند. در این حالت اشکال دفع و منحل میگردد.

پرسش اینست که این نظریه چگونه میتواند پارادوکسها را پاسخ گوید و ریشه اشکال را برطرف سازد؟

پارادوکسهای زنون را میتوان بر پایه نظریه «جمع تحلیلی خطی» در دو مرحله پاسخ گفت.

### مرحله اول: ناظر به پارادوکسهای زنون

پارادوکسهای زنون بر این پایه‌ها استوارند:

**نخست:** حرکت هرچه باشد، اگر امری واقعی باشد پدیده‌یی است گسسته؛ یعنی چیزی است مرکب از اجزاء، نه یک واحد بسیط متصل. مسافتی هم که پیموده میشود نیز مرکب از مسافتهای دیگر است که بطور گسسته از یکدیگر در مسافت بزرگتر گنجدند. **دوم:** این اجزاء بی‌پایانند و یک مسافت هرچند از دو طرف محدود دیده شود، مرکب از بینهایت مسافت کوچکتر است.

**سوم:** اگر این قطعات بینهایت را (در هر مسافت و حرکتی) جمع نماییم، با یک بازه



بینهایت مواجه خواهیم شد.

**نتیجه:** اینکه فرض حرکت، ما را با پارادوکسهایی این چنین مواجه میکند که یک مسافت کوتاه را نمیتوان پیمود و یک دوندۀ سریع هرگز به لاک‌پشت نخواهد رسید؛ درحالیکه میبینیم مسافتها سپری میشوند و دوندها از لاک‌پشتهها جلو میزنند. پاسخ نظریۀ «جمع تحلیلی خطی» به پارادوکسهای زنون بدین شرح است:

**پاسخ به بخش اول:** حرکت نه یک حقیقت گسسته بلکه یک واقعیت پیوسته است؛ چنانکه در شرط نخست گذشت.

جسم مسیر چه متصل باشد چه منفصل خود مسیر چونان راهه یا مسافت متصل (=پیوسته) است. زمان نیز بر حسب چستی خود یک پیوستار است و فرض ترکیب آن از آنات گسسته از هم، مستلزم تناقض است، زیرا در این فرض، آنات زمان به رویدادهای زمانمند تبدیل میشوند و زمان ترکیب شده از آنات نیز زمانمند میشود و چستی زمان را از دست میدهد (همانجا).

بنابراین اموری همچون زمان، حرکت و مسافت خط‌گونه‌اند نه ذره‌گونه و بهمین جهت در این نظریه، به آنها پیوسته‌های خطی گفته میشود.

**پاسخ به بخش دوم:** بطورکلی پیوسته‌های خطی (زمان، مسافت و حرکت) قابل تحلیل و تصنیفند تا بیپایان؛ همچنانکه در توضیح شرط نخست گذشت. اما این تجزیه‌پذیری بینهایت نه تنها فرض حرکت را به تباهی نمیکشاند بلکه موجب تقویم آن است، زیرا عدم تناهی مسافتهای تحلیلی، مقوم اتصال حرکت است و اتصال بهمراه تدریج، بنیادهای حرکتند. حرکت (یا هر پیوسته خطی دیگر) از آنرو که امری پیوسته و متصل است، اگر در طرف کاهش تحلیلی به حدّ واحد صفرم برسد، پیوسته نخواهد بود، چون لازم می‌آید که فاصله از صفرها تشکیل شده باشد، درحالیکه از صفر هر چند که بینهایت صفر هم باشند هیچ امتدادی حاصل نمیشود.

برخلاف زنون که میگوید عدم تناهی مسافتها در داخله هر مسافتی، مناقض حرکت است، نظریۀ «جمع تحلیلی خطی» میگوید این عدم تناهی قوامبخش اتصال حرکت است.

**پاسخ به بخش سوم:** در شرط دوم ملاحظه شد که جمع اجزاء مندرج در پیوسته‌های خطی، یک جمع تحلیلی است نه ترکیبی. پارادوکس زنون بر ترکیبی انگاشتن این جمع مبتنی است. او میگوید: نه آشیل میتواند به لاک‌پشت برسد و نه ورزشکار

میتواند از این طرف ورزشگاه به آن طرف برود، چون از ترکیب مسافتها و قطعات میانی که لازم است پیموده شوند، یک مسافت بینهایت پدیدار میشود. پس این یک جمع ترکیبی مانند جمع ۱+۲ است. درحالیکه «این قطعات بینهایت، برآمده از پسروری تحلیلی و کاهش عقل است. در یک متر از مسیر بخشهای کوچکتر گنجدهاند از میلیمترها تا میکرومترها [به یونانی:  $\mu\text{m}$ ] نانومترها [nm=] فرمومترها [fm=] سپس تا x متریهای متوالی و کاهش یابنده بی‌آنکه به x مترم صفر منتهی شوند».

در فرایند ترکیب، چیزی به چیزی افزوده میشود و هرچه این افزوده بزرگتر باشد نتیجه نیز بزرگتر خواهد بود. اما در فرایند تحلیل ما با یک واقعیت ثابت مواجهیم که تنها اجزایش کشف و استخراج میگردند نه به افزایش می‌انجامد و نه به کاهش، هر چند اجزایش تا بینهایت قابل استخراج باشند.

### مرحله دوم: ناظر به تفسیر «جمع تحلیلی خطی»

در این مرحله، با واکاوی جوانب نظریه، به تفسیری از حرکت میرسیم که امکان بروز پارادوکسها را فراهم نمیکند. از دیدگاه صاحب نظریه:

در تعریف جامع حرکت انتگرال حدی نقاط مسیر وارد شده است. همچنین حرکت از حیث چستی خود موازی زمان و موازی مسافت میباشد. حرکت تهی از راستا و حدود پیوسته و متوالی، شناسه ندارد. بر این پایه یکی از قوانین حرکت این خواهد بود: پیمودن انتگرال حدی حدود مسافت در هر لحظه (همانجا).

حرکت هیچگاه فاقد مقصد نیست و همواره پیشروی دارد و از این حیث از گذشته به آینده میرود. بنابراین جدای از زمان نیست. همچنین حرکت حدود متصل و پشت سر هم را طی میکند. با این وصف، حرکت، زمان و مسافت، چونان پیوستار در هم تنیده‌اند و حدود تحلیلی مسافت و زمان، استیفا میشوند؛ نمیتوان فرض کرد یک قطعه از مسافت یا بازه کوچکی از زمان در مسیر حرکت، استیفا نشده باشد.

صاحب نظریه میگوید: «مسافت [= راهه] بطور مستقل از اینکه اجسام و مقادیر آنها پیوسته‌اند یا گسسته، یک مسیر پیوسته (= تهی از طفره و گسست) میباشد. حرکت و زمان نیز تهی از طفره و گسست میباشد» (همانجا). در هر مسیری جسم مسیر، یا متصل فرض میشود. چنانکه فیلسوفان مشائی از جمله ابن سینا بر این باور بوده‌اند. یا منفصل، که دیدگاه پیروان مکتب اتمیسم (=ذیمقراطیسیان) و پیروان نظریه اجزاء لایتجزا (=متکلمان)

۲۶



بود. شاید بتوان جسمِ مسیر را مثلاً زمینی که اتومبیل در آن از نقطه‌یی به نقطه‌ی دیگر منتقل میشود- منفصل و گسسته فرض کرد ولی خود مسیر بعنوان مسافتِ موازی با حرکت و زمان، یک امر پیوسته و بدون گسست است. حال که موجودیت زمان، حرکت و مسافت بدور از طفره است، نمیتوان آنها را دارای اجزاء فرض کرد؛ نه اجزاء بالفعل و نه اجزاء بالقوه. چون هر یک از این سه (مسافت، زمان و حرکت) یک واحد ممتد و پیوسته‌اند که بینشان اصل توازی حاکم است. اینکه گفته میشود حتی اجزاء بالقوه ندارند بدین سبب است که بدرستی پیوسته و متصلند. این پیوستگی و توازی موجب میشود متحرک بوسیله حرکت همه حدود مسافت و زمان را استیفا کند و فروگذار کردن یک مقطع از مسافت و زمان ملازم است با از دست دادن همه مقاطع آنها. بنابراین در حرکت دو فرض برقرار است: یا همه مقاطع زمان و مسافت پیموده میشوند یا هیچکدام از آنها. از استیفای حدود حرکت در اصطلاح ریاضی به انتگرال حدی نقاط هر فاصله تعبیر میشود.

از دیدگاه صاحب این نظریه: «اگر فرض شود فواصل حرکت بصورت بالفعل بینهایت باشند، باز هم در حرکت همه حدود و فواصل استیفا میشوند و جمع تحلیلی فواصل اگر کاهشی باشند، انتگرال این فواصل مساوی است با قدر مطلق مسیری که متحرک طی کرده است» (همانجا). در این نظریه اجزاء فاصله حتی اگر بفرض محال، بالفعل و نامتناهی باشند، باز هم با قدر مطلق فاصله آغازین برابرند و بوسیله حرکت همه اجزاء استیفا میشوند. این یکی از اصلیتین نقاط این نظریه است که موجب افتراق این پاسخ از سایر پاسخها میشود. صاحب نظریه نام این خصوصیت را «قانون محاسبه بینهایت‌های تحلیلی» مینهد.

### اشکال وارد بر دیدگاه زنون؛ لزوم طفره

طفره جزو مفاهیمی است که فیلسوفان آن را در شمار مُحالات ذاتیه آورده‌اند؛ چنانکه خواجه نصیرالدین طوسی در تجرید گفته است: «الضرورة قضا بطلان الطفرة؛ بدهات عقل حکم میکند که طفره باطل است» (طوسی، ۱۴۳۳: ۲۲۸). صاحب شوارق در توضیح طفره گفته است: «مقصود از طفره اینست که یک متحرک از نقطه الف مسافت به نقطه دال منتقل شود، بی‌آنکه نقطه‌های میانی را ببیماید» (لاهیجی، ۱۳۸۸: ۱۰۵/۳). در لغت نیز ریشه «ط ف ر» به جستن و جهیدن معنی شده است (زمخشری، ۱۳۸۶: ۹۰؛ فراهیدی، ۱۴۲۵: ۱۰۸۵/۲). مقصود از جهیدن در اینجا، پرش از نقطه‌یی به نقطه دیگر است، بی‌آنکه فواصل میانی پیموده شوند. چنین فرضی در تصوّر به محال می‌انجامد.



اگرچه زنون اسمی از طفره بمیان نیاورده است لکن برای توجیه دگرگونیها یکی از گریزگاههایی که پیش روی خود دارد، همین طفره است که خود بن بستی گریزناپذیر است.

## واکنشها به پارادوکسهای زنون

### ۱- اشاره‌ی به سیر تاریخی واکنشها

زنون با انکار حرکت، خود را در برابر هجمه‌ی از پاسخها و واکنشها قرار داد. برخی از این واکنشها بیانگر تأثیرگذاری عمیق پارادوکسها در محافل علمی است: «دیو گینس فیلسوف مکتب سینیک (کلبی) به آسانی استدلالهای زنون بر ضد حرکت را نفی کرد و آن بدین سان بود که به آرامی برخاست و بی آنکه چیزی بگوید به اینسو و آنسو گام برداشت و حرکت را عملاً ثابت کرد» (خراسانی، ۱۳۵۰: ۳۲۸).

ارسطو نیز پس از تقریر و شرح پارادوکسها، به آنها پاسخ گفته است. حنین بن اسحاق، مترجم مشهور نهضت ترجمه، کلام ارسطو را چنین ترجمه کرده است: «قال ارسطوطالیس: و حجج زینن فی الحركة الّتی یعسر حلّها أربع» (ارسطو، ۲۰۰۷: ۲/ ۷۱۳). طبق این عبارت، ارسطو پارادوکسهای زنون را حجت (=استدلال) مینامد و آنها را ادله‌ی که حلش دشوار است میخواند.

ابوالبرکات بغدادی میکوشد انکار حرکت را بدین وجه توجیه نماید: «گویا زنون - که مشهور شده منکر حرکت است - مقصودش اینست که حرکت دربرگیرنده اجزائی است که به وجود واحد نمیتوانند محقق شوند، چون هر جزء از آن که معدوم شده است نمیتواند با جزئی که موجود است، جمع گردد» (بغدادی، ۱۳۷۳: ۲/ ۲۳).

ابن باجه، شارح طبیعیات ارسطو، میگوید: حرکت معنایی عقلانی دارد. بنابراین یا ممتنع الوجود است یا ضروری الوجود، یا ممکن الوجود. اگر ممتنع الوجود باشد میبایست همه اشیا ساکن باشند. آنگاه میگوید: «و قد قال بهذا القول زینن و برمانیدس إلیّ أن هذا القول منکر بنفسه و الحسّ یشهد بکذبه: زنون و پارمنیدس چنین گفته‌اند - که حرکت ممتنع الوجود است - لکن این سخنی است که بخودی خود باطل است و حس نیز به دروغ بودنش گواهی میدهد» (ابن باجه، ۱۹۹۱: ۱۲۲).

فیلسوفان غرب نیز به پارادوکسهای زنون پرداخته‌اند. هیوم و برگسون را از این جمله شمرده‌اند. کانت نیز در مسائل جدلی‌الطرفین، پارادوکسها را به آنتی‌نومیها ملحق کرده است. گروه دیگری از دانشمندان که به پارادوکسها واکنش نشان داده‌اند، ریاضیدانان

بودند که بر پایه پیشرفتهای حاصل شده در حسابان (=دیفرانسیل و انتگرال) استدلالهای زنون را پاسخ گفتند. در بخش بعدی مقاله پاسخ ارسطو، کانت و ریاضیدانها تحلیل میشود. باری! پارادوکسهای زنون در طول زمان مورد توجه دانشمندان بود. در دوره معاصر نیز توجه خاصی به آنها شده و دانشمندان درصدد تحلیل، توجیه یا پاسخگویی برآمده‌اند. استاد سیدمحمد خامنه‌ای در مقدمه بر المظاهر الإلهیه، پس از اشاره به اشکالات زنون بر حرکت و اینکه پارادوکسهایش «او را در تاریخ فلسفه زنده نگه داشته است» (خامنه‌ای، ۱۳۷۸: ۹۶)، دیدگاههای برخی از محققان غربی را اشاره‌وار بیان میکند که بتلخیص چنین است: ۱- انکار اصل حرکت هراکلیتوس؛ ۲- ردّ نظریه فیثاغورث مبنی بر تشکیل اشیاء از بینهایت نقطه هندسی غیر متکّم و تثبیت نظر پارمنیدس؛ ۳- بیان تعارض احکام حسّ و عقل (همانجا). آنگاه نظر کسانی که زنون را منکر حرکت میندازند را «نوعی ساده‌اندیشی و از روی تقلید کورکورانه از ارسطو» میدانند و در توجیه پارادوکسها میگویند:

اولاً: از برهان خلف زنون ثابت میشود که انکار حرکت انکار واقعیت است... ثانیاً: بنظر میرسد وی میخواسته... اصالت حرکت قطعیه و انتزاعی بودن حرکت توسطیه را... ثابت نماید. ... از اینرو زنون پیروی از اساتید خود، نه فقط منکر حرکت متصل خارجی نیست بلکه آن را یک «واحد» بی‌اجزاء میدانند و با هراکلیتوس و حکمای ایونی که برای موجودات مادی حرکت جوهری دائمی قائل بودند موافق است (همان: ۹۷).

استاد مصباح یزدی بی‌آنکه اسمی از زنون ببرد، از وی بعنوان «کسانی که وجود خارجی حرکت را انکار کرده و آن را مفهومی ذهنی و حاکی از توالی سکونات انگاشته‌اند» یاد کرده است و آنگاه دو استدلال وی را نقل و سپس پاسخ ارسطو را نیز گزارش نمود و در مقام پاسخگویی به زنون، استدلال وی را پاسخ گفته است (مصباح یزدی، ۱۳۷۰: ۲/۲۸۹).

استاد مطهری در داوری بین ابوریحان بیرونی و ابن‌سینا که آیا جسم اجزاء نامتناهی بالفعل دارد یا خیر؟ و آیا این موجب میشود سریع به بطئی نرسد؟ اشاره میکند که این اندیشه «همانست که ارسطو در کتاب الطبیعة به زنون الیائی در اثبات نفی حرکت نسبت داده است. زنون به تقریبی شبیه آنچه در بیان ابوریحان آمده است استدلال کرده که اساساً تحقق حرکت محال است» (مطهری، ۱۳۷۳: ۱۳/۱۱۵). آنگاه فرض ارسطو و بتبع وی ابن‌سینا که گمان کرده‌اند لازمه ترکب مسافت از اجزاء غیرمتناهی اینست که حرکت به مجموع وصولات

۲۹



رضا شاکری، علی عابدی شاهرودی؛ حلّ پارادوکسهای زنون با نظریه «جمع تحلیلی خطی» و سنجش تطور پاسخها

تبدیل شود را نادرست میدانند. در پایان با اشاره به سخن صدرالمآلهین در جلد دوم اسفار، میگوید: «با بیان صدرا جواب زنون الیائی و هم جواب شبهه ابوریحان بنحوی دیگر که رساتر است و از تحلیل ماهیت حرکت ناشی میگردد، داده میشود» (همان: ۱۱۸). یکی دیگر از دیدگاههایی که به پاسخگویی پارادوکسها پرداخته، نظریه «جمع تحلیلی خطی» است که در همین مقاله به تحقیق رسید.

## ۲- پاسخ ارسطو

در استدلالهای زنون، ما با مسافتهایی مواجهیم که دارای اجزاء و مقاطع بشمارند و همین بشمار (عدم تناهی) منشأ آنست که نتوان مسافتی را بیپایان برد (: پارادوکس میدان مسابقه)، یا هیچ متحرک سریعی نتواند از متحرک کند جلو بزند (: پارادوکس آشیل). ارسطو در کتاب سماع طبیعی (فیزیک) میگوید:

هر مقدار، قابل تقسیم به مقادیر است، زیرا ثابت کردیم که شیء متصل، ممکن نیست مرکب از اجزاء قسمت‌ناپذیر باشد و هر مقداری متصل است. پس بضرورت این نتیجه حاصل میشود که از دو شیء، آن که سریعتر است - بنا به تعریفی که از سریعتر میکنند- باید مقداری بزرگتر را در زمان برابر (= با شیء آهسته‌تر) طی کند و مقدار برابر را در زمان کمتر و مقدار بزرگتر را در زمان کمتر (ارسطو، ۱۳۷۸: ۱/ ۲۴۸).

در این بیان، دو نکته برجسته است:

۱- هیچ مقداری (چه زمان و چه مسافت) مرکب از اجزاء قسمت‌ناپذیر نمیباشد. از گذشته دور، این پرسش مطرح بوده که آیا جسم مرکب از اجزاء است یا چنین نیست؟ مقدار که عارض بر جسم است نیز با همین پرسش مواجه است. ذیمقراطیس (=دموکریتوس) جسم را مرکب از اجسام کوچک سخت (اجسام صغار صلبه) و متکلمان جسم را مرکب از اجزاء بیبُعد (جوهرهای فرد) در نظر میگرفتند. در این دو دیدگاه، جسم دارای اجزاء تقسیم‌ناپذیر بود. ارسطو بر خلاف ایشان میگوید: هیچ جسمی مرکب از اجزاء تقسیم‌ناپذیر نیست. بنابراین مقادیر که عارض بر اجسامند نیز دارای اجزاء تقسیم‌ناپذیر نیستند.

۲- هر مقداری، متصل است. ارسطو باور دارد که جسم نه تنها از اجزاء تقسیم‌ناپذیر تشکیل نشده است بلکه اساساً مرکب از اجزاء (چه تقسیم‌پذیر و چه تقسیم‌ناپذیر) نیست؛ بر این اساس، هم جسم یک امر پیوسته و متصل است و هم مقادیر عارض بر آن. ارسطو

۳۰



با بیان اینکه جسم (یا مکان یا مسافت) متصل است، گام بلندی در پاسخگویی به استدلالهای زنون برداشت. چون نفی اجزاء در جسم و مقدار، نفی اجزاء در مسافت و زمان که جزو مقادیرند، را هم در پی دارد. ارسطو تفکیک بین زمان و مسافت را برمیدارد و معتقد است آنجا که زنون میگوید:

یک شیء ممکن نیست اجزاء نامتناهی را در زمان متناهی طی کند یا با آنها تماس گردد، بر مقدمه غلط استوار است، زیرا مقدار و زمان و بطور کلی هر شیء متصل، به دو معنی نامتناهی خوانده میشود: یا به این معنی که شیء متصل بطور نامتناهی قسمت‌پذیر است و یا بدین معنی که آن شیء از جهت نهایتش نامتناهی است (همان: ۲۵۱).

بنا بر معنی اول از نامتناهی، شیء متصل بصورت بالفعل متناهی است و بصورت بالقوه نامتناهی. در این فرض میتوان گفت «تقسیم‌های نامتناهی درون کلی متناهی، آن کل را بزرگتر از آنچه بود نمیکند» (آزبورن، ۱۳۸۹: ۸۶). اما طبق معنای دوم، شیء متصل بالفعل نامتناهی است، هرچند بظاهر متناهی بنظر آید. همه مقادیر از نظر ارسطو، چه زمان و چه امتدادهای جسمانی و مسافتات، بالفعل متناهیند و بالقوه نامتناهی. از اینرو وقتی زنون میگوید لازمه حرکت گنجاندن مسیر نامتناهی در زمان متناهی است، پاسخ میدهد:

زمان نیز به این معنی اخیر نامتناهی است... پس نه طی نامتناهی ممکن است در زمان متناهی صورت بگیرد و نه طی متناهی در زمان نامتناهی. بلکه اگر زمان نامتناهی است مقدار نیز باید نامتناهی باشد و اگر مقدار نامتناهی است زمان نیز باید نامتناهی باشد (ارسطو، ۱۳۷۸: ۱/ ۲۵۲).

با این تحلیل، هم به استدلال اول پاسخ داده میشود و هم به استدلال دوم، چون با نفی اجزاء بالفعل در مسافت و در زمان، راهی برای فرض مسافت مرکب از اجزاء بیپایان باقی نماند و استدلال اول مندفع میشود. همچنین از آنرو که اجزاء بالفعل مسافت و زمان منتفی شدند، و متحرک سریعتر زمان کمتری را برای پیمودن مسیر برابر با متحرک کندتر نیاز دارد و بسادگی سریع، کند را پشت‌سر میگذارد، استدلال دوم هم از بین میرود.

### نقد پاسخ ارسطو

نقد صاحب نظریه جمع تحلیلی خطی بر پاسخ ارسطو این است: «اشکال زنون اگر بر اجزاء تحلیلی بیپایان بر پا شده باشد پاسخ ارسطو برای انحلال اشکال کفایت نمیکند. در

این صورت اشکال زنون بر حرکت همچنان نیاز به پاسخ دارد» (عابدی شاهرودی، ۱۳۷۴). پاسخ ارسطو مبتنی بر تفکیک موقعیت بالفعل و بالقوه تقسیم است. وی میگوید: اجزاء مورد ادعای زنون، بالقوه‌اند نه بالفعل. حال اگر منکشف شود که زنون آگاهانه اجزاء را بالفعل میداند، پاسخ ارسطو کارآیی خود را از دست میدهد. افزون بر این، اگر اجزاء تحلیلی بالفعل بیپایان باشند اشکال را گسترده‌تر میکند: «گو اینکه این اشکال سراغ اشکال زنون نیز می‌رود و پارادوکس وی را به پارادوکسیکال تبدیل میکند، زیرا زمان نیز اجزاء تحلیلی نامتناهی دارد و از اینرو حتی گذراندن یک قطعه اندک زمان یک ثانیه - نیاز به زمان نامتناهی دارد. بدینگونه پارادوکس گرفتار پارادوکس می‌گردد» (همانجا).

نظریه «جمع تحلیلی خطی» با فرض بالفعل دانستن اجزاء نیز کارآیی دارد و بشیوهی دیگر بسراغ انحلال اشکال می‌رود. اگر اجزاء بالفعل باشند، نظر ارسطو نه تنها پاسخگوی مشکل حرکت نیست بلکه در مورد زمان نیز جاری نمی‌باشد، چون اجزاء نامتناهی بالفعل - چه در مسافت باشند و چه در زمان - با مبنای ارسطو قابل سپری شدن نیستند و نه تنها پارادوکس برطرف نمیشود بلکه مضاعف می‌گردد. «راه حل این مشکل در قانون محاسبه نامتناهی تحلیلی گنجد است. بر طبق این قانون حرکت، زمان و مسافت بطور موازی با یکدیگر منظور گردیده و محاسبه میشوند» (همانجا). در بخش تفسیر نظریه، این توضیح گذشت که توازی حاکم بر این سه متغیر، موجب می‌گردد انفکاک وجودی از میان برخیزد و تنها استقلال ماهوی مفروض باشد.

### ۳- پاسخ کانت

کانت در سنجش خرد ناب به قضایایی اشاره میکند که اگرچه متناقض بنظر میرسند لکن هر دو طرف تناقض، قابل استدلال است. وی این وضعیت را جدلی‌الطرفین، و در فلسفه خود آنتی‌نومیک مینامد، چرا که هر تزی با آنتیتز (=نهاد و برابر نهاد) مواجه میشود. مسائل جدلی‌الطرفین در منطق و فلسفه سابقه دیرین دارند. نمونه بارز این نوع مسائل، حدوث و قدوم عالم است که ارسطو آن را جدلی‌الطرفین خوانده است (لاهیجی، ۱۳۹۱: ۱۶۲). دومین مسئله از چهار مسئله‌ی که کانت آنها را جزو آنتی‌نومیها میخواند، این است: آیا میشود یک ماده از ذرات کوچک و تقسیم‌ناپذیر تشکیل شود؟ پاسخ به این سؤال چه منفی باشد و چه مثبت، موجه است و هر دو طرف میتوانند برای مدعای خود استدلال کنند. کانت پس از بررسی و تحلیل، میگوید: اینکه برخی مسائل به وضعیت



جدلی‌الطرفین مبتلا میشوند بدین علت است که عقل به ساحت‌هایی پا میگذارد که دست تجربه از آن ساحتها کوتاه است و این نوع مسائل را «ترانسندنت» مینامد. از آنرو که تجربه نمیتواند به ساحت عقل رود، حکم عقل و تجربه متفاوت (بلکه متناقض) میگردد. آنگاه استدلالهای زنون را مورد اشاره قرار داده و آنها را داخل در این وضعیت میداند. وی میگوید: زنون یک مناظره‌کننده باریک‌بین است که افلاطون او را یک سوفسطایی گستاخ خطاب میکند. «زیرا او برای نشان دادن تز خود میکوشید تا گزاره واحدی را از راه استدلالهای ظاهری استوار کند و دوباره، در دم دیگر، آن را از راه استدلالهای دیگری بهمان نیرومندی، وازند» (کانت، ۱۳۸۸: ۵۸۳). آنگاه در دفاع از او میگوید: «من ملاحظه نمیکنم که این اتهام بتواند بحق بدو داده شود» (همان: ۵۸۴).

وی در ادامه به توضیح مسائل مذکور میپردازد و در مورد منشأ ابتلا به آنتی‌نومیها تصریح میکند:

بنابراین ناموسان پیکاری خرد ناب در مینوهای کیهان‌شناختی خود، بدین راه رفع میشود که نشان دهیم که صرفاً دویچمگویانه است و ستیزه‌ی ناشی از یک فرانمود. این فرانمود خود از اینجا برمیخیزد که مینوی تمامیت مطلق را که فقط چونان شرط شی‌های فی‌نفسه معتبر است، بر پدیدارهایی اعمال کنیم که فقط در تصوّر وجود دارند<sup>۱</sup> (همان: ۵۸۷).

بنظر کانت احکام جدلی‌الطرفین، دیالکتیکند و به تز و آنتیتز منتهی میشوند و بهمین سبب تناقض واقعی محسوب نمیشود. منشأ احکام تناقض‌نما اینست که یک واقعیت در دو ساحت دور از هم در نظر گرفته میشود. با این وصف پارادوکسهای زنون نیز متناقض‌نمایند نه متناقض.

### نقد پاسخ کانت

کانت با گنجاندن نقاط بیپایان اندازه در آنتی‌نومیها، استدلالهای زنون را جزو رویدادهای جدلی‌الطرفین میداند. به نظر وی هر دو طرف مدعا قابل استدلال است و از این جهت چاره ندارد. «از دیدگاه کانت این قضایا از آن جهت که ترانسندنت میباشند و همه شرطها و مرزهای استعلایی تجربی ممکن را بدون روادید درنوردیده‌اند، جدلی‌الطرفین هستند و راه‌حل ندارند. درباره پارادوکس زنون نیز همین دیدگاه را در نظر میگیرد» (عابدی شاهرودی، ۱۳۷۴). صاحب نظریه جمع تحلیلی خطی، پس از تقریر دیدگاه کانت، نظر وی را اینگونه نقد میکند:

۳۳



در این مسئله صرفنظر از نقد دیگر آنتی‌نومیها، نقد عمده بر نظریه کانت اینست که هر دو طرف قضیه جدلی در اجزاء مقادیر از دو طریق منتفی میشوند، زیرا شقّ سومی هست که منفصله آنتی‌نومیک کانت را دچار انحلال میسازد و آن اینست که: اجزاء، مقادیر و مسافات، نه متناهی بالفعل هستند نه نامتناهی بالفعل. در هیچیک از دو موقعیت تناهی و عدم تناهی، نقطه صفرم وجود ندارد و متحرک مسیر را بی‌طرفه و بی‌پیمودن نامتناهی در زمان متناهی خواهد پیمود (همانجا).

تفاوت دیدگاه کانت و نظریه «جمع تحلیلی خطی» اینست که کانت هر دو طرف قضیه را موجه میداند لکن این نظریه هر دو طرف را ناموجه شمرده و شقّ سومی را درست میداند. بر پایه این نظریه مسافت حرکت بهیچ‌روی جزء ندارد و اینگونه پارادوکس منحل میشود. صاحب نظریه در مورد سه دیگر از آنتی‌نومیهای کانت نیز، با افزودن ضلع سوم به منفصله، به کانت پاسخ میگوید: دیگر آنتی‌نومیهای کانت نیز، بویژه آنتی‌نومیها و شرطها و مشروطهای متوالی، با انحلال منفصله به قضیه سومی میرسیم که میگوید: زنجیره شرط و مشروطهای متوالی در هر دو صورت [=نهایت و بینهایت] به شرط و مشروط (مبدأ نخستین) منتهی میشود. تفصیل نقد بر مسائل جدلی‌الطرفین کانت در نوشته‌ی بموازات بیانات کانت آمده است (همانجا).

#### ۴. پاسخ بر بنای ریاضیات جدید (مفهوم «کمتهای بینهایت کوچک»)

پس از آنکه ریاضیات در دو شاخه دیفرانسیل و انتگرال (=حسابان) به پیشرفتهای چشمگیری رسید ریاضیدانان دریافتند که میشود با استفاده از این پیشرفتهای حساب انتگرال، راه‌حلی برای پارادوکسهای زنون در نظر گرفت. این راه حل بر پایه کمیات بسیار کوچک که به صفر نزدیک میشوند (ولی صفر نیستند)، موسوم به «اندازه‌های بینهایت کوچک» (infinitesimals) شکل گرفته است. در ریاضیات جدید، نامتناهی بودن تقسیم مسافت یا زمان پذیرفته میشود لکن از آنرو که پیشروی تقسیم به منطقه‌ی میرسد که بسیار به صفر (یا هر مبدأ مفروض دیگر) نزدیک است میتوان همان را حدّ پایانی تقسیم محسوب کرد. این حد (limit) اگرچه برابر با صفر نیست اما از آنرو که به صفر میل کرده است، میتواند حدّ پایانی در نظر گرفته شود. فرایند حدگیری که در حساب دیفرانسیل با مبحث مشتق رخ میدهد و در نقطه مقابل با حساب انتگرال مجموع حدود را محاسبه میکند، امکان محاسبه مجموعه‌های نامتناهی را فراهم میسازد.

هیچیک از این نقاط تقسیم را نمیتوان واپسین نقطه شمرد بلکه تا بیپایان ادامه دارند و همواره نزدیک به مقصد در یکدیگر انبوه و بهم نزدیکتر میشوند. بدینسان انتقال بحدی ممکن میشود که فاصله یا مسافت میان نقطه‌های واسط و بیپایان خط را در دست راست به صفر میرساند (خراسانی، ۱۳۵۰: ۳۲۱-۳۲۰).

در این فرایند برغم بیشمار بودن نقاط، «حد» پایانی قابل فرض است. ریاضیدانهای جدید پس از بهره بردن از حسابان، شیوه‌هایی را برای حل اشکالهای زنون آزموده‌اند اما گویی هنوز این مسئله در آغاز راه است و پارادوکسها توسط ریاضیدانان هنوز بخوبی پرداخت نشده‌اند، بهمین سبب جستجو در کتابهای ریاضی جدید برای یافتن حل پارادوکسها چندان نتیجه‌بخش نیست. یکی از کسانی که به تبیین دیدگاه ریاضیات جدید در حل پارادوکسهای زنون پرداخته، کاترین آزبورن است. وی میگوید: «در ریاضیات تکنیک‌هایی برای محاسبه مجموع یک زنجیره نامتناهی وجود دارد» (آزبورن، ۱۳۸۹: ۸۷) و پس از اشاره به ساده‌ترین برهان ریاضیدانها، اشاره میکند که «اگر حساب حرکتها در این هندسه را جمع بزینم متوجه میشویم که دونه در نهایت نه مسیری نامتناهی که مسیری متناهی را باید طی کند و تا زمانی که سرعتش ثابت باشد، همینطور که کارش کمتر و کمتر میشود، زمان انجام دادنش هم کوتاهتر و کوتاهتر میشود... پس ریاضیات میتواند با ارائه برهانی اثبات کند که انواع خاص از زنجیره‌های نامتناهی که به صفر میل میکنند، دارای مجموع متناهند و مبنای پارادوکس زنون چنین زنجیره‌هایی است» (همان: ۸۸). نتیجه کاوشهای ریاضی جدید بدین‌جا منتهی میشود که زنجیره‌های نامتناهی، محاسبه‌پذیرند و مجموع آن حدود، هم مسافتی محدود پدید می‌آورند و هم در زمان محدود قابل پیمایشند.

### نقد پاسخ ریاضیات جدید

۳۵ اول: اگرچه ریاضیات راهی برای محاسبه شیب خط در خطوط منحنی و بطور کلی راهی برای محاسبه زنجیره‌های نامتناهی پیشنهاد کرده است اما اشکال زنون بر نقاط بیپایان حقیقی تکیه دارد. بنابراین «از آنرو که طفره محال است مبیایست نقاط بیپایان پیموده شود». صرفنظر کردن از حدود بسیار ریز که به صفر میل میکنند، راه را برای نپیمودنشان هموار نمیسازد، چون امتناع طفره هیچ حدی را فروگذار نمیکند. اگر تنها یک حد که به صفر بسیار نزدیک باشد پیموده نشود، موجب جهش یا طفره خواهد شد، چون



«حد تابع ریاضیاتی، بازه‌های زمان و مسافت و حرکت را تبدیل به صفر نمیکنند».

**دوم:** راه‌حل ریاضیاتی از اصل تجربی استفاده کرده است درحالی‌که برای برطرف کردن اشکال، اصلی پیش از تجربی بکار می‌آید. اگر اجزاء تحلیلی طول پاره خط AB نامتناهی باشد، پارادوکس، خود طول AB را نیز به طول نامتناهی تبدیل میکند. بدین سبب راه‌حل یادشده از اصل موضوع تجربی استفاده میکند. در تجربه آشیل دونده و تیر پرنده و ... واقعیت اینست که مجموع نقاط نامتناهی مساوی است با طول پاره خط AB. اما پارادوکس بر یک اصل پیش از تجربی استوار شده است و آن اینست: مسافت ترکیب شده از نقاط نامتناهی نیاز به زمان نامتناهی دارد. واقعیت تجربی بدون التفات به پارادوکسها حرکتها را سامان میدهد و طی مسافت را امکانپذیر میسازد. اما حل پارادوکس زنون و حل پارادوکس مضاعف از آن جهت که پیشین است، نیاز به راه‌حل پیشین دارد. بنا بر نقد دوم، ریاضیات جدید سراغ پارادوکسها نرفته است و با استفاده از یک اصل موضوع تجربی برخی مشکلات ریاضیاتی را حل کرده است، درحالی‌که پارادوکسها بر اصل مابعدطبیعی استوارند. از اینرو لازم است با اصول پیش از تجربی انحلال یابند.

**سوم:** «بینهایتها فراگیر میباشند. حرکت، مسافت و زمان همه ذیل قانون یا قانونهای بینهایتها قرار دارند و اگر قانون محاسبات بینهایتها تحلیلی اکتشاف نمیشد، پارادوکس زنون همچنان پابرجا میماند. با این وصف، گرچه از دیدگاه حساب ریاضی بدون قانون یادشده، پارادوکس زنون در حال حاضر راه‌حل ریاضی ندارد اما حکما از طریق مابعدطبیعی، بطور پیشین (= پیش از تجربی) توانسته‌اند پارادوکس را دچار انحلال سازند» (عابدی شاهرودی، ۱۳۷۴). هرچیز که بینهایت باشد، محدود بهیچ حدی نیست و هیچ بازدارنده حدی یارای مقابله با آن را ندارد. بنابراین از آنرو که بینهایتها گسترده‌اند و پارادوکسها نیز ناظر به عدم تناهی نقاطند، راه‌حل ریاضی و امثال آن پاسخگوی آن نمیباشد. اما نظریه «جمع تحلیلی خطی» همراه با تعریف جامع حرکت که ناظر به توازی حرکت، مسافت و زمان است، با توضیحی که گذشت. توانسته است پاسخگوی اشکالات زنون باشد.

۳۶

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پارادوکسهای زنون، بخودی خود در تاریخ علم مشهورند و موجب زنده ماندن نام وی در محافل علمی شده‌اند. این اشکالات واکنشهای زیادی در پی داشته است. برخی وی را منکر حرکت و برخی دیگر موافق حرکت دانسته‌اند. نظریه «جمع تحلیلی خطی»



بگونه‌ی متفاوت از دیگر پاسخها، پارادوکسها را به انحلال کشانیده است. با این حال، صاحب این نظریه درباره اشکالات زنون میگوید: «شاید که زنون پارادوکسها را برای آزمون (= تست) انظار فلاسفه پرداخته باشد. این نیاز به بررسی تاریخی و تفسیری دارد. لازم است که در اینباره به مورخان فلسفه و طبیعیات مراجعه شود». از آنرو که اشکالات زنون توانسته‌اند چونان پارادوکس استقرار یابند، پاسخهای مطرح شده نیز مورد سنجشگری قرار گرفته‌اند. بدین جهت صاحب نظریه برخی از پاسخها را مورد نقد قرار داده و باور دارد تنها با قانون محاسبه نامتناهی تحلیلی که در نظریه «جمع تحلیلی خطی» منظور شده است، اشکال برطرف میگردد. این قانون بتلخیص چنین تقریر میشود:

حرکت هیچگاه تهی از راستا و حدود پیوسته و متوالی نمیباشد. بنابراین حرکت، زمان و مسافت موازی همدند. از اینرو این سه موجودیتی پیوستارگونه دارند. پیوستار حرکت-زمان-مسافت نتایجی دارد؛ از جمله اینکه: حرکت عبارتست از استیفای انتگرال حدی حدود مسافت در هر لحظه چون زمان نیز داخل در پیوستار است و هر لحظه‌ی برآیند حدود درونی پیوستار است. بنا بر توازی این سه، تمامیت حرکت با تمامیت زمان و تمامیت مسافت مواجه است. این سه از آنرو که پیوستارند، ۱- جدای از هم نیستند (از حیث وجود خارجی متحد و از حیث ماهیت مستقلند)، ۲- مطابقت جزء با جزء ندارند بلکه کلشان با کلشان منطبقند، (چنین نیست که این مقطع از حرکت با این مقطع از مسافت و زمان منطبق باشد، چون در این صورت در هر یک از سه، تنالی آفات لازم می‌آید)؛ ۳- پیمایش حدود زمان و مسافت بدور از طفره خواهد بود. از آنچه گفته شد همچنین نتیجه میشود که اگر بفرض محال- حدود مسافت بالفعل و گسسته باشند یا بازه‌های زمان نیز از آفات بشمار تشکیل شده باشد، باز هم متحرک با نفس حرکت- که با زمان و مسافت یک پیوستارند- همه حدود بشمار را درمینوردد، و اگر این سه، پیوسته و متوالی باشند- چنانکه پیوسته‌های خطی چنینند- استیفا و پیمایش حدود تصورپذیر است.

## پی‌نوشت

۱. معادلها بر اساس ترجمه بهروز نظری؛ ناموسان پیکاری خرد ناب=حکم جدلی‌الطرفین عقل محض؛ مینو= ایده؛ دویچمگویانه= دیالکتیک، جدلی؛ فرانمود= توهم (کانت، ۱۳۸۹: ۵۴۹).

## منابع

آزبورن، کاترین (۱۳۸۹) فلسفه پیش سقراطی، ترجمه گلناز صالح کریمی، تهران: ماهی.



ابن باجه، محمد بن يحيى (١٩٩١م) شرح السماع الطبيعي، تحقيق ماجد فخري، بيروت: دارالنهار.  
ارسطو (١٣٧٨) سماع طبيعي (فيزيك)، ترجمه حسن لطفی، تهران: طرح نو.  
\_\_\_\_\_ (٢٠٠٧م) الطبيعة ترجمه اسحق بن حنين، محقق عبدالرحمن بدوي، قاهره: المركز القوي  
للترجمة.

بغدادی، ابوالبركات (١٣٧٣) المعتبر في الحكمة اصفهان: دانشگاه اصفهان.  
خامنه‌ای، سيدمحمد (١٣٧٨) مقدمه بر المظاهر الالهية، تهران: بنياد حکمت اسلامي صدر.  
خراسانی، شرف‌الدين (١٣٥٠) نخستين فيلسوفان يوناني، تهران: شرکت سهامی کتابهای جیبی.  
راسل، برتراند (١٣٨٨) تاريخ فلسفه غرب، ترجمه نجف دريابندري، نشر الكترونيكي.  
زمخشري، محمودبن عمر (١٣٨٦) مقدمة الادب، بهمت مهدي محقق، تهران: دانشگاه تهران.  
طوسي، نصيرالدين (١٤٣٣ق) تجريد الاعتقاد، بهمهراه شرح علامه حلي، تحقيق حسن حسن‌زاده آملی،  
قم: نشر اسلامي.

عابدي شاهرودي، علي (١٣٧٤) «حرکت و مسافت»، کيهان انديشه شماره ٦٤، ص ٨٨-٧٤.  
فراهيدي، خليل بن احمد (١٤٢٥ق) ترتيب كتاب العين، تحقيق مهدي مخزومي و ابراهيم سامرايي،  
قم: اسوه.

کاپلستون، فردريك چارلز (١٣٩٦) تاريخ فلسفه، ج ١، ترجمه سيدجلال‌الدين مجتبوي، تهران: علمی و  
فرهنگي.

کانت، ايمانوئل (١٣٨٨) سنجش خرد نابه ترجمه ميرشمس‌الدين اديب سلطاني، تهران: اميرکبير.  
\_\_\_\_\_ (١٣٨٩) نقد عقل محض، ترجمه بهروز نظري، کرمانشاه: باغ ني.  
کرشنزو، لوچانو. د. (١٣٧٧) فيلسوفان بزرگ يونان باستان، ترجمه عباس باقري، تهران: ني.  
لاهيحي، عبدالرزاق (١٣٨٨) شوارق الإلهام في شرح تجريد الكلام، تحقيق اكبر اسدعلي‌زاده، قم:  
مؤسسه الإمام الصادق(ع).

\_\_\_\_\_ (١٣٩١) الكلمة الطيبة تحقيق حميد عطايي نظري، تهران: مؤسسه حکمت و فلسفه ايران.  
مصباح يزدي، محمدتقي (١٣٧٠) آموزش فلسفه تهران: سازمان تبليغات اسلامي.  
مطهري، مرتضی (١٣٧٣) مقالات فلسفي، در مجموعه آثار، ج ١٣، تهران: صدر.  
هالينگ ديل، ر.ج. (١٣٧٥) مباني و تاريخ فلسفه غرب، ترجمه عبدالحسين آذرنگ، تهران: کيهان.