

آیا جهان یک کامپیوتر بزرگ است؟ جولین براون، دانشمند، سال ۲۸، شماره ۱۰، دی ۱۳۶۹،

ص ۵۱-۵۶



آیا جهان یک کامپیوتر بزرگ است

ترجمهٔ مهرداد بن محمد باقری

در سالهای اخیر مرزهای نظری محاسبه دستخوش تحولات اساسی شده است. کار به جایی رسیده که اکنون برخی دانشمندان معتقدند همه سیستمهای مادی، از جمله جهان، اساساً نوعی ماشین محاسباتند

نوشته جولین براون

ریاضیات نوشته‌شده‌اند. جیمز جینز، فیزیکدان انگلیسی، موضوع را با این عبارت بیان کرده که خدا ریاضیدان است. گرچه دانشمندان عموماً کارایی ریاضیات را در توصیف پدیده‌های جهان مادی امر مسلمی می‌دانند، از دیرباز این بحث فلسفی مطرح بوده که چرا جهان باید در احاطهٔ قوانینهای ریاضی باشد. ریاضیات در نهایت

جولین براون، تهیه کننده برنامه برای جشن علمی رادو، می‌گوید: «این مقاله معنی است بر یکی از برنامه‌های سمینار که از رادو پیش شده است. تا روزی که کتاب او «بررسی‌ها» نظریه‌ای دربارهٔ همه چیز را نام دارد».

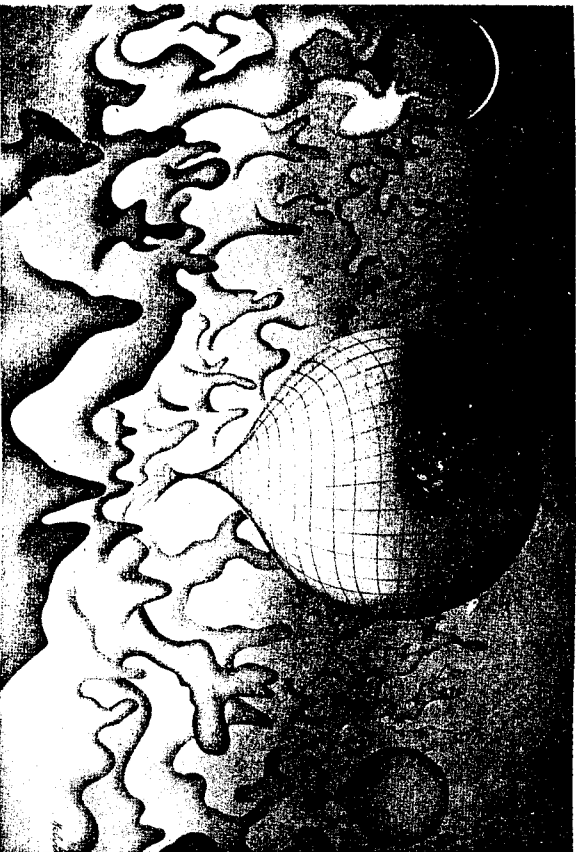
زمانی گالبه گفته بود که کتاب طبیعت راه زمان

همه کاره اساساً می‌تواند هر چیزی را که به وسیله ماشین دیگری قابل محاسبه است حساب کند. به عبارت دیگر همه ماشینهای حسابگر همکار هم ارز یکدیگرند. عملاً انتخابی برای کارهای مختلف از انواع مختلف کامپیوتر استفاده می‌کنند. مثلاً شرکت‌های بزرگ نیایی ندارند که برای تهیه فیشهای حقوق کارکنان از کامپیوترهای شخصی استفاده کنند. اما علت این امر صرفاً سرعتر بودن کار بعضی کامپیوترها نیست به بقیه گنجانیم و اینکه بعضی از آنها نسبت به بقیه ماشینهای حافظه بیشتری دارند. تورینگ ماشین حسابگری را در نظر گرفت که حافظه‌اش عملاً بینهایت باشد. حالاً تواناییهای یک اتومات یاخته‌ای یا برده به پیشتر سه بعدی با ابعاد بینهایت را در نظر می‌گیریم. در اینجا مطمئناً می‌توانیم هر موجود مادی را با دقت بی‌پایان در ماشین جزئیات، شبیه‌سازی کنیم. نتایجی که تورینگ گرفت حاکی از آن است که این شبیه‌سازی می‌تواند با هر کامپیوتری انجام داد، به شرط آنکه حافظه‌ای به قدر کافی بزرگ داشته باشد و وقت کافی داده شود.

به ذهن می‌رسد این است که الگوهای بسیار پیچیده و حتی حیات‌گونه را می‌توان با فائوهای بسیار ساده‌ای ایجاد کرد. البته این الگوها قدری شبیه موجودات فله‌های کارتون هستند و نهایتاً تصاویری سطحی‌اند که گاهی خصوصیات شبیه موجودات واقعی دارند. ولی کسانی چون توفولی معتقدند که اتوماتهای یاخته‌ای اساساً می‌توانند مدلی برای هر فرایند مربوط به حیات واقعی باشند. اگر چنین باشد، می‌توانیم یک شبیه‌سازی را تصور کنیم که شباهتی جهان را در بر بگیرد. با فرض امکان این امر، برخی دانشمندان ابراز می‌دارند که جهان به تعبیری یک سیستم محاسباتی غول‌پساست.

جای تعجبی نیست که اندیشه توصیف جهان به عنوان یک کامپیوتر با محالیهایی روبرو شده به عنوان یک بدیهی‌ترین ایراد این است که کامپیوترها (اتوماتهای یاخته‌ای) بسیار محدودتر از آنند که بتوانند مدل چیزی جز چند جنبه ساده از جهان باشند. اما در سالهای دهه ۱۹۳۰ آلن تورینگ (Alan Turing) یکی از پیشگامان دانش کامپیوتر، ثابت کرد که هر ماشین حسابگر

با شبیه‌سازی کارکرد سیستم بزرگ فقهایی چون کل عالم آتیا می‌توان نتیجه گرفت عالم درواقع یک کامپیوتر است.



مهرهای بر می‌شود. مثلاً می‌توان چنین گفت که این یاخته در نتیجه تعدیه شدن به وسیله همسایگانش زنده می‌شود. اگر خامه‌ای دو همسایه بر داشته باشد بدون تغییر باقی می‌ماند. این یاخته دستخوش هیچ درگونی نمی‌شود. سرانجام اگر خامه پرشده‌ای، به تعداد دیگری (۱۰، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸) همسایه‌های پر شده داشته باشد، مهره‌اش را از دست می‌دهد. به عبارت دیگر می‌توان گفت این یاخته به علت بیرومیت از حمایت همسایگان یا بر اثر بلوکی بودن از حد جان می‌یابد. اینها قوانین نوعی بازی به نام "بازی حیات" هستند که به وسیله ریاضیدانی موسوم به جان کانوی (John Conway) ابداع شده است.

بازی را با الگوی خاصی شروع می‌کنیم و ضمن اثر دادن قانونهای فوق بر هر خانه، تغییرات الگو را می‌بینیم. بازی مرتباً تکرار می‌شود و هر بار شکلهایی تغییر یافته پدید می‌آیند. بازی حیات عملاً روی کامپیوتر انجام می‌شود و شکلهای روی صفحه نمایش ظاهر می‌شوند. آنچه از این راه حاصل می‌شود نوعی جهان بازیچه است که در آن قانونهای ذکر شده برای صفحه شطرنجی در نقش قانونهای فیزیک (یا حیات) هستند و الگوها نشانه اشیا مادی به شمار می‌آیند. به این شیوه می‌توان تأثیر بود که این اشیا به این سو و آن سو حرکت می‌کنند، بر یکدیگر اثر می‌گذارند، تولید مثل می‌کنند و حتی به انجام محاسبات می‌پردازند.

اخیراً توماسو توفولی (Tommaso Toftoli) از انستیتوی تکنولوژی ماساچوست (ام. آی. تی) با استفاده از سخت‌افزاری که برای این منظور خاص طراحی شده و قابل وصل به کامپیوترهای شخصی آی‌بی‌ام است، اتومات یاخته‌ای پیشرفته‌ای ساخته است. این دستگاه می‌تواند خیلی سریع و دقیق حرکات جانداران را نمایش دهد و می‌توان قوانین صفحه شطرنجی را نیز در آن به دلخواه تغییر داد. بعضیها آن را "بازی آفرینش" نامیدند زیرا عملاً دنیای تازه‌ای آفریده می‌شود. می‌توان اینها را دانه‌های گونه جهانهای بازیچه می‌تواند تعاشقی باشد و در عین حال از آن در شبیه سازی پدیده‌های پیچیده‌ای چون رشد ریزشتمندان، بروز حالت غلظم در سلولات، واکنشهای شیمیایی و تشکیل لئورها استفاده شده است. نکته تأمل برانگیزی که از این شبیه‌سازیها

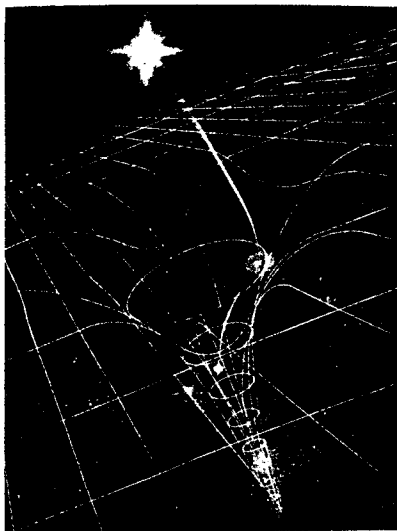
ساخته ذهن بشر است، پس هیچ دلیل فاطمی وجود ندارد که بتواند منکر کننده واقعیهایی مادی باشد.

اگر چند وزنه را یکجا روی ترازو بگذاریم می‌بینیم که اثر آنها دقیقاً طبق قوانین جمع اینجا شته می‌شود. اگر با موگک به فضای بیرون از جو سفر کنیم متوجه می‌شویم که نیروی جاذبه زمین متناسب با عکس معذور فاصله‌ای که از زمین داریم ضعیف می‌شود. اگر توگک ساده‌ای را به آثاری به نوسان درآوریم، شاهد جسم یکی از مفاهیم بنیادی ریاضیات، یعنی موج سینوسی، خواهیم بود. همه اینها نمونه‌های ساده‌ای از قدرت ریاضیات در فلزرو فیزیک است. اما آیا جهان ما الزاماً باید چنین باشد؟ آیا ممکن بود جهان دیگری وجود داشته باشد که در آن توگکها و موگکها از قوانین ریاضیات پیروی نکنند؟

این سوال تازه‌ای نیست، اما در چند ساله اخیر سرخ‌هایی برای پاسخگویی به آن از مطالعه سیستمهای پیچیده پدیدار شده است. امروزه بین فیزیکدانان تازه پیچیدگی واحدی "خودی" به شمار می‌آید. شاید اشخاص بدبین این وضع را نتیجه آن بدانند که بهترین بازچیه فیزیکدانان - یعنی جستجوی ساده‌ترین اجرای ماده، موسوم به ذرات بنیادی - قدری از مدد اعانه جلوه می‌کند زیرا پس از گفتن ذرات W و Z، یعنی از سال ۱۹۸۳ به این سو، بدردت کفنی در این زمینه صورت گرفته است. بنابراین برخی فیزیکدانان توجه خود را به حتمه‌های دیگری از جمله بررسی پیچیده‌ترین موجودات طبیعت معطوف کرده‌اند.

اما مفهوم پیچیدگی به دلیل توجه دیگری موضح بحث روز شده است. قدرت روزافزون کامپیوترها دانشمندان را قادر ساخته تا روز بروز شبیه‌سازی‌های ماهرانه‌تری برای پدیده‌های پیچیده انجام دهند. بخصوص مدلهای موسوم به اتوماتهای یاخته‌ای این شبیه‌سازیها را به موزهای تازه‌ای از پیچیدگی رسانده‌اند.

اتوماتهای یاخته‌ای دستگاههایی هستند که رفتار مجموعه‌های بزرگی از یاخته‌های جاسدار مستقل از آنها شبیه‌سازی شده است. صفحه‌ای شطرنجی را تصور کنید که فقط در بعضی از خانه‌هایش مهره وجود دارد. سپس قانونهای زیر را اعمال می‌کنیم. اگر خانه‌ای خالی سه همسایه پر شده داشته باشد، خودش هم با دریافت



برنامه کامپیوتری که بتواند برنامه کامپیوتری دیگری را بررسی و معلوم کند آیا این برنامه دوم بالاخره به پایان می‌رسد یا در حلقه‌ای دائماً تکرار می‌شود. در چند مورد ساده به آسانی می‌توان معلوم کرد که برنامه متوقف می‌شود یا به طور نامتناهی حلقه‌ای را تکرار می‌کند. اما پیش‌بینی کردن این امر برای هر برنامه‌ای بسیار دشوارتر است. درواقع تورینگ نشان داد که مسئله در حالت کلی محاسبه نشدنی است و بنابراین هیچ برنامه کامپیوتری هر قدر هم که پیچیده باشد برایش کار ساز نیست.

ایا می‌توانیم از کامپیوترها جلو بزنیم؟ اما شگفت اینکه بین‌رژ ثابت می‌کند که انسانها گاهی می‌توانند از مرز این محدودیت‌های منطقی بگذرند. اگر بخواهیم مطلب را قدزی ساده‌تر کنیم استدلال بین‌رژ به این صورت است: گزاره‌ای ریاضی به نام P را در نظر بگیرید که می‌گوید P را نمی‌توان ثابت کرد. حالا می‌پرسم "یا P را می‌توان ثابت کرد؟" اگر جواب چنین باشد که "آری، P را می‌توان ثابت کرد" در این صورت باید درست بودن P را بپذیریم. اما P می‌گوید که گزاره P را نمی‌توان ثابت کرد پس به تناقض غیرقابل قبولی رسیده‌ایم. بنابراین پاسخ سوال باید این باشد: "نه، P را نمی‌توان ثابت کرد". این درواقع مثال خوبی برای گزاره‌های اثبات ناپذیر گودل است. اگر همین مثال را در چارچوب گفته تورینگ بیان کنیم P یک تابع محاسبه نشدنی است. به عبارت دیگر هیچ کامپیوتری با شروع از مجموعه مفروضی از اصول موضوع ریاضی نمی‌تواند ثابت کند P درست است. اما در همین جاست که ما انسانها می‌توانیم بر کامپیوترها پیشی بگیریم. برای پرهیز از برخورد با تناقض، می‌دانیم که P را نمی‌توان ثابت کرد. اما این دقیقاً همان چیزی است که خود P می‌گوید: P را نمی‌توان ثابت کرد. پس P باید درست باشد حتی اگر نتوانیم آن را ثابت کنیم! ما قادر به درک این موضوع هستیم ولی کامپیوترها نیستند.

گرچه شاید بحث قدری گیج کننده باشد، بین‌رژ می‌گوید که این نکته مویذ آن است که عملاً انبوهه بی‌پایانی از حقایق وجود دارد که ریاضیدانان به آن دسترسی دارند ولی از دسترس کامپیوترها خارج است. این داوری گرچه کفه

اگر جهان یک کامپیوتر است و قانونهای فیزیک بخشی از نرم‌افزار آنند، ما نباید بتوانیم چیزی در باره سخت‌افزار آن بدانیم، زیرا همان طور که تورینگ ثابت کرده، کامپیوترها ماشینهایی کم‌ارز هستند و بنابراین رفتار یک برنامه، مستقل از سخت‌افزار خاصی است که برنامه رویش اجرا می‌شود نتیجه نهایی این می‌شود که باید یک فیزیک نهانی حاکم بر کامپیوتر کیهانی وجود داشته باشد

نوع درجه‌ها ساخته شود از عهده همه کارهای کامپیوترهای معمولی برمی‌آید. اندیشه ساختن کامپیوتر برگشت‌پذیر از حد نظری فراتر نرفته است. هیچ کس تاکنون چنین دستگاهی ساخته ولی به این ترتیب بر این تصور قدیمی خط بطلان کشیده شده که برای انجام هر محاسبه‌ای یک مقدار خاص کاهش‌ناپذیر (یک کوانتوم) انرژی لازم است. به این ترتیب دو ایراد فوق بر تلقی جهان به عنوان یک کامپیوتر منتفی می‌شود. اما سومین ایراد به صورت بحث‌هایی مطرح شود درباره آنچه اغلب را از آلودترین نمود پیچیدگی سازمان یافته فلمداد می‌گردد: شعور انسان. اگر جهان یک کامپیوتر است و اگر همه کامپیوترها (چنانکه تورینگ مطرح کرده است) هم‌ارز باشند، کامپیوترها باید بتوانند هر پدیده موجود در جهان را شبیه‌سازی کنند. به عبارت دیگر کامپیوترها باید نهایتاً قادر باشند تفکر آگاهانه را نیز شبیه‌سازی کنند. البته در اینجا پای بحث‌های گوناگون فلسفی به میان کشیده می‌شود.

راجر پن‌رژ (Roger Penrose) از فیزیکدانان نظری در دانشگاه آکسفورد، یکی از آخرین کاشفانی است که وارد این معرکه نبرد شده است. وی با خود سازوبرگ تازه‌ای در حمایت از طرفداران این فکر که "کامپیوترها می‌توانند بیاندیشند" به صورت کتابی با نام مغز جدید/میراثور به همراه آورده است. هجوم او با قضیه تصمیم‌ناپذیری کورت گودل (Kurt Godel) آغاز می‌شود که می‌گوید برخی قضایای ریاضی اثبات ناپذیرند. تورینگ با استفاده از این قضیه گودل ثابت کرده است که بعضی تابعهای ریاضی محاسبه نشدنی‌اند. مثالی در این مورد، "مسئله توقف" است. این مسئله عبارت است از ابداع یک

ایراد دوم مربوط می‌شود به برگشت‌پذیری قانونهای فیزیکی و برگشت‌ناپذیری آشکار کامپیوترها. قوانین میکروسکوپی فیزیک که به وسیله مکانیک کلاسیک و نظریه کوانتومی توصیف می‌شوند نسبت به زمان کاملاً برگشت پذیرند. اگر زمان را بتوان به عقب برگرداند ساره‌ها همچنان گرد خورشید خواهند چرخید بی‌آنکه با یکدیگر برخورد کنند. اتمها نیز همان حواص قلبی را از خود بروز خواهند داد. از سوی دیگر، همه کامپیوترهای موجود از لحاظ عملکرد برگشت‌ناپذیرند. مثلاً این وضع، برگشت ناپذیر بودن درجه‌های منطقی است که پردازنده مرکزی کامپیوتر را تشکیل می‌دهند. با قطع و وصل شدن هر درجه مقداری انرژی به صورت گرما و به طور برگشت ناپذیر از دست می‌رود. پس این سوال مطرح می‌شود که: اگر قوانین فیزیک برگشت پذیر و کامپیوترها برگشت‌ناپذیر باشند، چگونه می‌توان جهان را یک کامپیوتر دانست؟ نکته بسیار حالب این است که در اواسط دهه ۱۹۷۰، چارلز بنت (Charles Bennett) از یکی از مراکز پژوهشی آی‌بی‌ام و اد فردکین (ED Fredkin) از ام‌آی‌تی مستقل از یکدیگر راهی کشف کردند که بتوان کامپیوترهای برگشت پذیر ساخت. انگیزه برداشتن آنها به این موضوع، کاری دیگر از پژوهشگران موسسه آی‌بی‌ام به نام رلف لاندائو (Rolf Landauer) بود که قبلاً ثابت کرده بود حداقل انرژی مورد نیاز برای یک محاسبه، ارتباط مستقیم دارد با مقدار اطلاعات دور ریخته شده. بنت و فردکین هر دو شیوه‌هایی برای محاسبه ابداع کردند که در آنها هیچ اطلاعاتی دور ریخته نشود. مثلاً فردکین یک درجه منطقی AND را در نظر گرفت که معمولاً دو ورودی و یک خروجی دارد و این سوال را پیش کشید که چگونه می‌توان کار کرد درجه‌وار و وارونه کرد تا ورودیها را بتوان با داشتن خروجی دوباره به دست آورد. به طور عادی جواب این است که این کار ناممکن است. اما اگر ترتیبی دهیم که درجه علاوه بر خروجی AND مقدار ورودیهایش را هم از خود عبور دهد (که با این کار دارای سه خروجی خواهد شد)، این درجه AND برگشت پذیر می‌شود زیرا هیچ اطلاعاتی در آن دور ریخته نمی‌شود.

فردکین و همکارش توفولی در ام‌آی‌تی دنباله کار را گرفتند و ثابت کردند کامپیوتری که با این

فقط به یک فرد اندیشمند بلکه به یک جامعه کامل مربوط می‌شود. او توصیف جالبی درباره نوعی شبیه‌سازی کامپیوتری آینده می‌کند که خود آن را ماشین آسانی نامیده است. طبق توصیف فردکین یک روز سروصدای تبلیغات "موسسه ماشین آسمانی" شنیده می‌شود و شما کجکلو می‌شوید بنسبند موضوع از چه قرار است. به دفتر آنها مراجعه می‌کنید و به اتاقی هدایت می‌شوید و بروشورهای شانسان می‌دهد. فروشنده‌گان توضیح می‌دهند که کالای آنها شبیه سازی کامپیوترهای عظیمی است که آن می‌توانند رونقست دقیقی از وضع مغز شما را روی آن پیاده کنند. بناسفاه اگر بخواید پیشنهاد موسسه را بپذیرید، فرایند رونقست برداری، مغز اصلی شما را نابود می‌کند و در آن لحظه زندگی زمینی شما به پایان می‌رسد.

اما در عوض، به شما وعده زندگی ابدی در ماشین داده می‌شود و از این گذشته، به شما می‌گویند که در آنجا زندگی بهشتی خواهید داشت. چون شما را خیلی سرگرد می‌پیشند پیشنهاد می‌کنند با همسایه‌تان که بنازگی با موسسه ماشین آسمانی معامله کرده صحبتی بکنید. برده کامپیوتری به ابعاد یک دیوار روشن می‌شود. در آغاز تصویر شیری رنگ است و لسی بتدریج ابرها پراکنده می‌شوند و همسایه‌تان را می‌شنید. می‌گوید: "های جو، چطور؟" جو جواب می‌دهد "خیلی محتره، واقعا اینجا بهشت. همه آدمای جالب هم اینجا پیدا می‌شن، اینشتین، بودا، کنووسوس - نمی‌تونی باور کنی چه بحثهایی با هم کرده‌ایم. اینجا تا دلسم بخواد ماهیگیری می‌کنیم، بیا یکی از ماهیهارو هم ببین، ایناهاش اراستی اون پسر رو یادت میاد که همیشه تو بازی تنیس از من می‌سررد؟ حالا من همن ازش می‌بوم! اصلا به چیزی هست که باید بهت بگم. قبل از اینکه بیام اینجا، دستگاه چمن‌زنی تورو قرض کرده بودم. الان تو بگو همون کاراره. حتما برو ورزش دار."

با شنیدن این حرفها، مطمئن می‌شوید که این خود جو بوده است. بالاخره این ماشینستی است که زندگی ابدی بهشتی عرضه می‌کند. یاجیزی جز یک رویای مایخیوالیایی نیست؟ در هر حال، فردکین دستاکم بر این عقیده است که شاید روزی چنین اندیشه‌هایی که خاص داستانهای علمی است جامعه، حقیقت بیوشد. □

در مغز، بدون شواهد تجربی مستقیم، در حد کاملاً نظری باقی می‌ماند.

به رغم بحثهای مطرح شده درباره پدیده زیستی شعور، برخی از کامپیوترگرایان از قبیل فردکین هستند که می‌گویند اگر ماشینهایشان از حافظه و سرعت کافی برخوردار شوند توانایی آن را دارند که جهان را با دقت بی‌پایان در جزئیات، بازسازی کنند. این فکر، مستلای را در مورد استدلال گودل واری که پیرز عرضه کرده پیش می‌کشد. با علم به اینکه آن را می‌توان در قالب علام ریاضی و ریائی بیان کرد، چرا چنین تفرکی را نتوان به زبان محاسبه ترجمه کرد؟ به عبارت دیگر، چرا فرایند شهود انسانی را در این مسئله نمی‌توان ماشینتی کرد به طوری که کامپیوتر هم به همان نتیجهای برسد که ما می‌رسیم.

مطالعه بیشتر در زمینه دانش پیچیدگی می‌تواند ادعای فردکین را روشنتر کند. دستکمی توان گفت که دیدگاه محاسبه نسبت به طبیعت فاعدا تا پاید در بهمه سیستمهای پیچیده مورد آزمون قرار گیرد. اگر در مورد پیوند بین فیزیک و محاسبه حق با فردکین و دیگران باشد، ظاهراً خواص ریاضی جهان اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

این بظاهر جواب وسوسه‌انگیزی برای علت ریاضی بودن جهان است، ولی به نظر دویچ به این ترتیب تنها سوالهایی بازای به وجود می‌آید. اگر جهان یک کامپیوتر است و قانونهای فیزیک بخشی از نرم افزار آنند، ما نباید بتوانیم چیزی درباره سخت‌افزار آن بدانیم. زسرا، همان طور که تورینگ ثابت کرده، کامپیوترها ماشینهایی هم‌ارز هستند و بنابراین رفتار یک برنامه مستقل از سخت‌افزار خاصی است که برنامه رویش اجرا می‌شود. نتیجه نهایی این می‌نود که باید یک فیزیک نیایی حاکم بر کامپیوتر کیهانی وجود داشته باشد. در این صورت، ما که اجزای باشعور این برنامه کیهانی هستیم برای همیشه از بی بودن به ماهیت آن فیزیک یا منشأ قانونهای فیزیک محروم خواهیم ماند.

با وجود این فردکین جا نمی‌زند. درواقع او زمانی را پیش‌بینی می‌کند که کامپیوترها دارای آن چنان قدرتی شوند که ما خود بتوانیم قانونها را انتخاب کنیم. زیرا شبیه‌سازی مورد نظر او نه