

جهان تورمی

کاوشی برای نظریه‌ی جدید منشأ کیهانی

آلن گوث

با مقدمه‌ای از آلن لایتمن

ترجمه‌ی

جمیل آریایی

زمنیات ماریار

سرشناسه	: گوث، آلن ایچ. Guth, Alan H.
عنوان و نام پدیدآور	: جهان تورمی : کاوشی برای نظریه‌ی جدید منشأ کیهانی / آلن گوث؛ ترجمه‌ی جمیل آریایی.
مشخصات نشر	: تهران: مازیار، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۴۰۰ ص.: مصور؛ ۱۴/۵ × ۲۱/۵ س.م.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۴۳-۶۷-۸
وضعیت فهرست‌نویسی: فیا	
یادداشت	: عنوان اصلی:
	: the quest for a new theory of cosmic origins , 1997.
موضوع	: تورم کیهانی
موضوع	: Inflationary universe
شناسه افزوده	: آریایی، جمیل. ۱۳۳۰ - ، مترجم
ده بنده سحر	: QB۹۹۱/ت۹ گ۲ ۱۳۹۵
رده دی‌یوید	: ۵۲۳/۱۸
شماره کتابخانه‌سی	: ۴۴۶۰۸۴۸

www.mazyarpb.ir
mazyarpub@ahc.com

آشنائیات مازیار

مقابل دانشگاه تهران، ساختمان ۱۲۹۶ (ظروفچی) طبقه اول، رده ۴، تلفن ۶۶۴۶۲۴۲۱

جهان تورمی

(کاوشی برای نظریه‌ی جدید منشأ کیهانی)

آلن گوث

با مقدمه‌ای از آلن لایتمن

ترجمه‌ی جمیل آریایی

صفحه‌آرایی مرواک.

چاپ اول ۱۳۹۶

شمارگان ۱۱۰۰

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۴۳-۶۷-۸

فهرست مطالب

۷	درآمد
۱۱	پیشگفتار
۱۵	فصل ۱. بزرگترین بوفه‌ی آزاد
۳۳	فصل ۲. چشم‌انداز کیهانی از ایتاکا در نیویورک
۵۱	فصل ۳. تولد کیهان‌شناسی نوین
۷۷	فصل ۴. پیکان‌های گذشته‌ای سوزان
۱۰۹	فصل ۵. تراک‌سیدن سوپ اولیه
۱۳۳	فصل ۶. ماده و انرژی ماده
۱۴۵	فصل ۷. انقلاب فیزیک دیرت دهه‌ی ۱۹۷۰
۱۶۵	فصل ۸. نظریه‌های رشد و پیری بزرگ
۱۸۳	فصل ۹. نبرد با تهدید تاب‌قطب‌های مغناطیسی
۲۰۷	فصل ۱۰. جهان تورمی
۲۳۳	فصل ۱۱. پیامدهای کشف
۲۴۷	فصل ۱۲. جهان تورمی جدید
۲۵۹	فصل ۱۳. چین و شکن‌های بستری هموار
۲۸۷	فصل ۱۴. سرنخ‌های رصدی از ژرفای زیرین و فرا
۲۹۵	فصل ۱۵. جهان تورمی ازلی خودتکثیر
۳۰۵	فصل ۱۶. کرم‌چاله‌ها و آفرینش گیتی‌ها در آزمایشگاه
۳۲۱	فصل ۱۷. جهانی از هیچ
۳۳۱	سخن آخر
	پیوست‌ها
۳۴۵	پیوست الف: انرژی گرانشی
۳۵۱	پیوست ب: جهان ایستای بی‌نهایت و نیوتون
۳۵۵	پیوست ج: تابش جسم سیاه

۳۶۱

پیوست د: یکاها و سنجه‌ها

۳۶۷

فرهنگ اصطلاحات (انگلیسی-فارسی)

۳۸۹

نمایه

www.ketab.ir

درآمد

هر فرهنگی کیهان‌شناسی خود را دارد، داستان خود از این که جهان هستی چگونه به وجود آمده، از چه ساخته شده، و به کجا می‌رود. شگفتا که کیهان‌شناسی در قرن حاضر رشته‌ی پژوهشی خوش‌تعریفی در قلمرو فیزیک و اخترشناسی است. در دهه‌ی ۱۹۷۰، مطالعه‌ی کیهان‌شناسی دستخوش تغییرات بنیادین شد. پیش از این دوره، کیهان‌شناسان نوین پرسش‌هایی از این دست مطرح کردند که ترکیبات آنچه کهکشان‌ها را می‌سازند چیست و آن‌ها کجاها هستند؟ جهان با چه سرعتی منبسط می‌شود؟ چگالی میانگین ماده در کیهان چیست؟ پس از این دوره، در «کیهان‌شناسی جدید» کیهان‌شناسان پرسش‌های جدی‌تری مطرح کردند که از آن جمله‌اند: چرا باید ماده‌ای وجود داشته باشد؟ این ماده از کجا آمده است؟ چرا جهان هستی به همان اندازه‌ی فاصله‌های بزرگ همگن است؟ چرا چگالی ماده‌ی کیهان از جمله انرژی اساسی جهان تقریباً با انرژی گرانشی متوازن است؟ به بیان دیگر، سرشت پرسش‌ها تغییر کرده پرسش‌ها بنیادی‌تر شدند. «چرا؟» به «چیست؟» و «چگونه؟» و «کجا؟» افزوده شد. این گام‌هایی از پیشگامان جوان کیهان‌شناسی جدید است که چراها را مطرح می‌کنند و سریه‌ی جهان تورمی او پاسخ‌های زیادی در آستین دارد.

پاره‌ای از پرسش‌های چرادرار پیش از این در مباحث بوده‌اند اما عمدتاً به این خاطر که نه امیدی به یافتن پاسخ بود و نه نظریه‌ای که بتواند آن‌ها را توضیح دهد، تلاش چشمگیری صرف آن‌ها نمی‌شد. نظریه‌ی انفجار بزرگ استاندارد هم که با پژوهش‌های اینشتین و فریدمن و لومیتز در دهه‌ی ۱۹۲۰ فراهم آمد نتوانست پاسخی به این پرسش‌ها بدهد. نتیجه این شد که کیهان‌شناسان پژوهش‌گر تعدادی از ویژگی‌های مشاهده‌شده‌ی جالب جهان هستی، از قبیل همگنی و توازن دقیق بین انرژی‌های آن را مسلم پنداشتند. به راستی پیش از دهه‌ی ۱۹۷۰ و در اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰ بسیاری از کیهان‌شناسان این دیدگاه را داشتند که پاره‌ای از ویژگی‌های جهان را باید به عنوان «شرایط اولیه‌ای» بپذیرند که شاید بر اثر حوادثی در آغاز بوده‌اند و چه بسا در اصل قابل محاسبه نباشند. به هر حال، این ویژگی‌ها را که مشاهده شده اما بی‌توضیح مانده بودند، نارسایی‌های جدی نظریه‌ی انفجار

بزرگ استاندارد به حساب نمی‌آوردند.

بی‌توجهی به تعدادی واقعیت، یا ناهنجاری، خاص مشاهده شده که نمی‌شود آن‌ها را در چارچوب نظریه‌ی فعلی توضیح داد، در علم متداول است. برای مثال، پیش از پژوهش‌های آلفرد و گنر در سال ۱۹۱۲ و نظریه‌ی «رانش قاره‌ای» وی، چارچوب نظری پژوهش‌های زمین‌شناسان بر آن بود که توده‌های جرم تنها می‌توانند عمودی جابه‌جا شوند. این تصویر تشابه چشمگیری را که بین شکل کرانه‌های روبروی هم در دو سوی اقیانوس اطلس وجود داشت توضیح نمی‌داد. کرانه‌های روبروی هم آمریکای جنوبی و آفریقا چنان شکلی دارند که انگار دو تکه‌ی جور یک معمای جورچین هستند. زمین‌شناسان به این ویژگی جالب اشاره کردند اما آن را به‌لطف بی‌پاسخی پنداشتند که نمی‌شد معمای‌اش خواند. پس از آن که وگنر نظریه‌ی جدید خود را مطرح کرد که برای رانش قاره‌هایی که زمانی سرزمین یکپارچه‌ای بوده سازوکاری طبیعی داشت، معلوم شد که جفت و جور شدن قاره‌ها مشکل اساسی نظریه‌ی قدیم بود.

مثال دیگری که می‌توان از بی‌توانی روش‌شناسی زد، ارگانسیم‌های خاصی هستند که با محیط‌شان سازگار نیستند. از یک‌سایه‌ها هستند که پاهای آن‌ها برای شنا کردن ساخته شده است اما شنا نمی‌کنند. حیواناتی هستند، از جمله موش‌های غار تاریک یا نتوتوما، که چشم دارند اما هیچ‌گاه از آن استفاده نمی‌کنند. پرنده‌هایی هستند، از جمله پنگوئن‌ها، که بال دارند اما هرگز پرواز نمی‌کنند. پیش از نظریه‌ی انتخاب طبیعی داروین، این ناهنجاری‌های طبیعت ملاحظه می‌شدند ولی در چارچوب فکری آفرینش‌گرایان که معتقدند هرگونه‌ای برای محیطی که در آن زندگی می‌کند بی‌عیب و نقص طراحی شده است و هرگز تغییر نمی‌کند، سخن از آن‌ها به میان نمی‌آید. با این حال، سازگاری با محیط یا ناسازگاری با آن در نظریه‌ی داروین شرح داده می‌شود زیرا که انتخاب طبیعی مستلزم تکامل و تغییر است. ارگانسیم‌هایی که با محیط خاصی سازگار شده است چه بسا زیست‌گاه خود را تغییر دهد و ویژگی سازگار با زیست‌گاه پیشین خود را فراموش کند، از جمله صف طولانی موش‌ها که از روشنایی روز به غار تاریک می‌روند. پس از پژوهش‌های داروین، ناسازگاری تعدادی از حیوانات، خطای عمده‌ای در نظریه‌ی آفرینش پنداشته می‌شد. طبیعت محافظه‌کارانه و نیروهای روان‌شناختی خلاقیت علمی نیز همین‌طور است.

تنها پس از پیشنهاد نظریه‌ی تورمی جهان بود که اکثریت جامعه‌ی علمی همگنی مشاهده‌شده و توازن دقیق بین انرژی‌های جهان را از نقایص جدی مدل

انفجار بزرگ استاندارد دانستند. چنین برداشتی از این نظریه‌ی جدید از ایده‌های جدید فیزیکدان‌های نظری فراهم شد که در گذشته به ذرات بنیادی و نیروهای طبیعت پرداخته بودند. در اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ نظریه‌های جدید فیزیک ذرات به نام نظریه‌های وحدت‌یافته‌ی بزرگ پیشنهاد کردند که سه نیرو از چهار نیروی بنیادی طبیعت، یعنی نیروهای هسته‌ای ضعیف و قوی و نیروی الکترومغناطیسی، در واقع نمود تک نیروی زیربنایی هستند. (وحدت و سادگی جام مقدس ازلی فیزیکدان‌ها و هنرمندان بوده است. ارسطو خواست تا همه‌ی ماده‌ی جهان را در پنج عنصر خلاصه کند و پیکاسو می‌گفت که نقاش باید با عناصر هر چه کمتری کار کند.) از این نظریه‌های جدید، برداشت می‌شد که دمایی که در آن، این تک نیرو می‌توانست مشهود شود دمای باورنکردنی 10^{29}°C بود. این دما آن قدر زیاد است که تنها می‌تواند در یک جا، یا دقیق‌تر بگوییم، در یک لحظه وجود داشته باشد، آن هم درست اندکی پس از آغاز انفجار بزرگ، زمانی که جهان هستی بسیار جوان بود. از این رو، فیزیکدان‌ها به کیهان‌شناسی روی آوردند. آن زمان، یکی از پراوازه‌ترین و برجسته‌ترین فیزیکدان‌های ذرات که نظریه‌های وحدت‌یافته‌ی بزرگ را با کیهان‌شناسی را هم آمیخت، استیون واینبرگ بود. یکی از جوان‌ترین این دانشمندان هم آلن گوتم بود.

دست‌آورد بزرگ گوتم که نتیجه‌ی علمی خواص نظریه‌های وحدت‌یافته‌ی بزرگ است این پیشنهاد بود که جهان بسیار جریان دستخوش دوره‌ی کوتاهی انبساط فوق‌العاده سریع شده و پس از آن به حالت شد عادی خود که نظریه‌ی انفجار بزرگ استاندارد می‌گوید برگشته است. اصلاحات گوتم بر نظریه‌ی قدیم، نظریه‌ی جهان تورمی نام دارد. آن نظریه و گونه‌مای اصلاح یافته‌ی متعاقب آن، پاره‌ای از «ناهنجاری‌های» بی‌پاسخ پیشین را که کیهان‌شناسان مشاهده کرده بودند، توضیح می‌داد. از دیدگاه من، نظریه‌ی جهان تورمی مهم‌ترین دست‌آورد ایده‌های کیهان‌شناختی از پژوهش‌های بنیادی دهه‌ی ۱۹۲۰ تاکنون بوده است.

از آنجا که پدیده‌ی مهم نظریه‌ی جهان تورمی، یعنی انبساط فوق‌العاده سریع کیهانی، در گذشته‌ای بس دور رخ داده است، به احتمال زیاد ما هرگز با قطعیت نخواهیم دانست که آیا چنین رویدادی به راستی رخ داده است یا نه. (این نظریه پیشگویی‌های دقیقی نیز درباره‌ی جهان امروزی دارد اما براساس این پیشگویی‌ها نمی‌توان آن را ثابت کرد.) با این حال، مثل این باور که روزگاری قاره‌ها سرزمین یکپارچه‌ای بوده‌اند، ایده‌ی «تورم» نیز چنان قدرت توضیحی دارد که فرضیه‌ی

زیربنایی بسیاری از پژوهش‌های کیهان‌شناسان امروزی شده است. بنابراین، در دیدگاه کیهان‌شناسی انقلابی فکری رخ داده است. به قول تاریخ‌دان علم از دانشگاه MIT، توماس کوهن، ما پارادایم تازه‌ای در کیهان‌شناسی داریم.

این کتاب که آن را آلن گوٹ نوشته به چند دلیل کتاب فوق‌العاده‌ای است. ایده‌های علمی پیچیده بدون استفاده از معادلات ریاضی شرح داده شده‌اند. گوٹ آن را به همان روانی و وضوح مقاله‌ی اصلی و پیش‌تاز سال ۱۹۸۱ خود در مجله‌ی *Physical Review* نوشته است. تمام و کمال و فکورانه نوشته شده است. تصویری روراست از انسانی در کار علم است و نیز تاریخ انسانی و علمی کشف عمده‌ای را روایت می‌کند. اما استثنایی‌ترین ویژگی این کتاب، مثل کتاب ماریچ دوگانه نوشته جیمز راتسوان، این است که در رشته‌ی خود یگانه است. دانشمندی آن را نوشته که خود در این کشف دست داشته است. هرچند فیزیکدان‌های دیگری در کشف و توسعه‌ی تئوری تورمی جهان نقش داشته‌اند اما همگان آلن گوٹ را به عنوان هنرپیشه‌ی نشر و ژانر می‌شناسند. چه بسا کتاب‌های خواندنی زیادی درباره‌ی این موضوع بنویسند (نوشته‌ها) اما یک کتاب است که آلن گوٹ می‌تواند بنویسد و آن هم این کتاب است.

آلن لایتمن

کمبریج، ماساچوست، ماه می ۱۹۹۷

پیش گفتار

شناخته‌ها متاهی و ناشناخته‌ها نامتناهی‌اند و اندیشه‌ورزی ما جزیره‌ی کوچکی در میانه‌ی اقیانوس بیکران‌ی از تبیین‌ناپذیری را می‌ماند. نسل‌های ما باید هر یک سرزمین بیشتری را طلب کند.

- تی. ای. هاکسلی، ۱۸۸۷

نظریه‌ی انفجار بزرگ قدیمی طرف‌داران زیادی دارد زیرا تا جایی که ما می‌دانیم تصویر دقیقی از تکامل جهان هستی را به دست می‌دهد. توصیف این نظریه از جهان هستی از نخستین ثانیه پس از آغاز تاکنون، به طور مستقیم یا غیرمستقیم به محک آزمون درآمده است. با وجود این، هرچند نظریه‌ی انفجار بزرگ استاندارد بسیار موفق است، ردیل، تقی، دست داریم که باور کنیم کامل نیست. بر خلاف نام آن، نظریه‌ی انفجار بزرگ واقع نظریه‌ی هیچ انفجاری نیست بلکه فقط نظریه چیزی است که پس از انفجار رخ می‌دهد. معادلات این نظریه توصیف می‌کنند که گوی آتشین آغازین چگونه منبسط و سرد شد و در نگاه گردهم آمده و کهکشان‌ها، ستاره‌ها، و سیاره‌ها را ساخته است که - مکی پیامدهای شگفت‌انگیزی هستند. اما نظریه‌ی انفجار بزرگ استاندارد درباره‌ی این که چه چیزی منفجر شده، یا چه چیزی را منفجره کرده، یا پیش از آن چه روی داده است، حرف نمی‌زند. جهان تورمی نظریه‌ای است درباره‌ی «انفجار» انفجار بزرگ. نظریه‌ی تورم درک ما از نخستین کسرنای چیزی از ثانیه پس از آغاز جهان هستی را تغییر می‌کند و آنگاه با نظریه‌ی انفجار بزرگ استاندارد یکی می‌شود و همه‌ی بنیتهای نظریه‌ی قدیم را حفظ می‌کند. اما از آنجا که تورم خود انفجار را توضیح می‌دهد، توصیف غنی‌تری است و به تعدادی از پرسش‌هایی پاسخ می‌دهد که نظریه‌ی انفجار بزرگ قدیمی نمی‌تواند پاسخ بدهد. نظریه‌ی تورم حتی ما را قادر می‌سازد به پرسش‌های شگفت‌انگیزی از قبیل این که آیا انفجارهای بزرگ دیگری پیوسته در دور دست‌ها رخ می‌دهند و آیا در اصل امکان دارد که تمدن‌های آب‌پیشرفته انفجار بزرگ را بازسازی کنند، نیز پاسخ دهیم.

نظریه‌ی تورمی محصول علوم مدرن است و از ایده‌های دانشمندان زیادی در

فیزیک ذرات و کیهان‌شناسی ساخته شده است. من شانس آن را داشتم که قطعات مختلف این معمّا را گرد آورم و برای نخستین بار آن‌ها را کنار هم بچینم تا پاسخ تعدادی از بنیادی‌ترین اسرار جهان هستی را پیدا کنم. این‌ها دوران نشاط‌انگیزی بود. هدف من از نوشتن این کتاب این بود که خواننده نیز شانس آن را داشته باشد که نگرش تازه‌ای به ریشه‌های کیهانی پیدا کند و دوران هیجان‌انگیز کشف را با من تجربه کند.

هرچند خوشحال می‌شوم همکاران دانشمند من این کتاب را خواندنی توصیف کنند، اما هدف اصلی من این بوده است که کتاب را برای آنانی بنویسم که دانشمند نیستند. اما به علم علاقه دارند. معادلات را حذف کرده‌ام و به جای آن‌ها کوشیده‌ام تا علل زیربنایی آنها با واژه‌ها و نمودارها شرح دهم. با وجود این، سخت تلاش کرده‌ام تا ارتباطات منطقی قطع نشوند که علم را این چنین شگفت‌انگیز کرده‌اند، هرچند با حذف ابداً چنین امری اغلب اجتناب‌ناپذیر است. بدون آوردن ریاضیات، توضیح داده‌ام که چگونه نظریه پردازان ذرات با به کار بردن ریاضیات میدان‌ها (از قبیل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی) ذرات کوانتومی را توصیف می‌کنند و چگونه خواص بنیادی آن‌ها دست‌آخر به سازوکار تورم می‌انجامد که می‌تواند اساساً ریشه‌ی همه‌ی ماده‌ی ارثی در جهان قابل رؤیت را توضیح دهد. لازم نیست خواننده دانش علمی خاصی داشته باشد اما به احتمال زیاد وی مطالبی درباره‌ی اتم‌ها، پروتون‌ها، نوترون‌ها، و لکتران‌ها می‌داند. به محض معرفی عبارت‌ها و مفاهیم علمی تخصصی‌تر، آن‌ها را شرح داده‌ام و فزون بر آن در پایان کتاب بخش واژگان کامل‌تری آورده‌ام تا این ساریف در ذهن خواننده ماندگار شوند. با این حال، کتاب خواسته‌هایی نیز دارد. دریازم که همه‌ی ما این کتاب را بنویسم مگر این که خواننده همراه با من اندک اشتیاقی به جهان هستی داشته باشد، اشتیاقی که از زمان نوشتن کتاب مقدس تا عصر علمی سده‌ی بیستم نظریه‌ی کوانتومی بخشی از آگاهی آدمی بوده است. تعدادی از ایده‌هایی که در این کتاب توصیف کرده‌ام پیچیده‌اند و خواننده باید اندکی تحمل از خود نشان دهد. به ویژه که به گمان من بسیاری دنبال کردن بحث میدان‌های هیگز در فصل‌های ۸ و ۹ این کتاب را اندکی چالش‌برانگیز خواهند یافت. از این خوانندگان می‌خواهم حتماً این فصل‌ها را بخوانند و سپس ادامه دهند. خواننده با مهم‌ترین ایده‌ها آشنا خواهد شد، هرچند تعدادی از ارتباطات منطقی را به روزگار دیگری موکول می‌کنم. در این کتاب پرداخت نظریه‌ی تورمی را از چشم‌اندازی شخصی بازگو می‌کنم.

چون آن را خوب می‌دانم. قصدم این نبوده که تاریخچه‌ی جامع این پژوهش را بنویسم که مثنوی هفتاد من کاغذ می‌شد و بحث سطح فنی‌تری به خود می‌گرفت، بلکه صادفانه خواسته‌ام نقش افرادی را توصیف کنم که با آن‌ها حشر و نشری داشته‌ام چون این‌ها نقش‌آفرینان نمایش‌نامه‌ای بوده‌اند که می‌خواستم بازآفرینی کنم. با وجود این، در این موارد نیز احتمالاً مرتکب غلفت‌های مهمی شده‌ام و پیشاپیش عذرخواهی می‌کنم. تعدادی از سلسله پژوهش‌های مرتبط را به کل از قلم انداخته‌ام از جمله پژوهش‌های افرادی چون گلینر، استاروبنسکی، کاراناس، ساتو، روت، انگلرت، و گونزیگ را و پژوهش‌های آغازین موخانوف و شیسوف دربارۀ یونان باستان غیریکنواختی چگالی را که در فصل ۱۳ شرح داده‌ام را نیز حذف کرده‌ام. حذف این پژوهش‌ها به هیچ روی به قصد داوری اهمیت آن‌ها نبوده بلکه صرفاً به خاطر نتیجه‌ی نگرش شخصی من برای یک دست ساختن کتاب حاضر بوده است.

درباره‌ی خود نیز باید بگویم. بهمان توری، بسیاری سهم بسزایی در این کتاب دارند. در وهله‌ی اول ناشر من، جان بروکمن، مرا متقاعد ساخت تا این کتاب را بنویسم و او همراه با کاتینکا ماسون (برعکس بدقولی‌های من در کامل کردن کتاب به قرارداد چاپ آن پای‌بند ماندند) تلاش فشرده‌تری کردند که دست‌یار بود مطالب مرجع را پی گرفته و از دست‌نوشته‌های من استخراج بسیار سازنده‌ای کرد. آندری شولتز کتاب را کامل خواند و برای خواندنی‌تر کردن پیشنهادهای زیادی داد. سرانجام، با واپسین ویرایش‌های جفری رابینز از انتشارات ای‌اچ‌اچ و زلی کتاب دستخوش اصلاحات نهایی شد و آنگاه او همراه با لین ریچر و دیگر اعضای بخش تولید و طراحی فایل‌های کامپیوتری مرا به شکل کتابی جذاب درآورد.

در طول مدتی که این کتاب را می‌نوشتم تعداد زیادی از دانشمندان و دیگران همه یا بخشی از دست‌نوشته‌های مرا خواندند و توصیه‌های مهمی کردند. این گروه به ترتیب حروف الفبای انگلیسی عبارت‌اند از بیل باردین، کریگ بری، بفرورد، مارتین بوچر، کانالینا بوتز، لری گوث، سوزان گوث، جمال گوون، بهوونش جاین، نیل خیمنز، دیوید کایسر، اولین فاکس کلر، پاون کومار، آندرو لانگه، یانائوین، آلن لایتمن، آندرو لینه، جان ماتر، کن الوم، ویلی ازبورن، دنیس اوربای، جیم پیلز، آرنو پنزیاس، سویانگ پای، لیلی رکانتی، پل ریچاردز، پل شچتر، آرلین سویفر، پل اشتاینهارت، دابلیو. پتر تروور، مایکل ترنر، هنری تای، آلکساندر ویلنکین، اریک واینبرگ، راینر وایس، ویکتور وایسکوف، دیوید ویلکینسون، باب ویلسون،

و جوشا وین. از آنان که ندانسته از این فهرست حذف شده‌اند پوزش می‌طلبم. از پل لنگاکر و کریگ کوپی باید سپاس‌گزاری کنم که داده‌های تعدادی از نمودارها را فراهم کردند.

دست‌آخر، می‌خواهم از همسر سوزان، و فرزندانم جنی و لری تشکر کنم که به من دلگرمی دادند و چند سال بهم ریختگی زندگی خانوادگی‌مان را تحمل کردند تا این کتاب را سامان دادم. حمایت آن‌ها نبود هرگز نمی‌توانستم این کتاب را بنویسم.

— آلن گوٹ