۱۴۸۶۰۸۶
۹۵/ع۱۸

به نام خدا

مؤسسه فرهنگی هنری
دیباگران تهران

# دنیای متفاوت کلان داده و چارچوب هدوپ

مؤلفان :

**امیر مولوی خایانی**

(کارشناس ارشد فناوری اطلاعات)

**دکتر امیر مسعود رحمانی**

(دکتری تخصصی مهندسی کامپیوتر )

www.ketab.ir

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

# دنیای متفاوت کلان داده و چارچوب هدوپ

مؤلفان: مهندس امیر مولوی خایانی
دکتر امید مسعود رحمانی

ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
حروفچینی و صفحه‌آرایی: نازنین حصیری
طرح روی جلد: مجتبی حیدری
چاپ: دانشجو
نوبت چاپ: اول
تاریخ نشر: ۱۳۹۵
تیراژ: ۱۰۰ جلد
قیمت: ۲۵۰۰۰۰ ریال

شابک: ۳-۵۶۳-۱۲۴-۶۰۰-۹۷۸

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب، خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان، پلاک ۱۲۵۱

تلفن: ۶۶۴۱۰۰۴۶-۲۲۰۸۵۱۱۱ کد پستی: ۱۳۱۴۹۸۳۱۸۵

پست الکترونیکی: bookmarket@mftmail.com فروش اینترنتی:
www.mftshop.com
www.mftbook.ir

نشانی تلگرام: @mftbook نشانی اینستاگرام: Dibagaran_publishing

سرشناسه : مولوی خایانی،امیر،۱۳۷۰-
عنوان و نام پدید آور : دنیای متفاوت کلان داده و چارچوب هدوپ/مولف : امیر مولوی خایانی
مشخصات نشر: تهران- دیباگران تهران -۱۳۹۵
مشخصات ظاهری:۲۳۱ ص. مصور.
شابک :۳-۵۶۳-۱۲۴-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرستنویسی : فیپا
یادداشت : واژه نامه .
یادداشت : کتابنامه :ص.۲۳۱
موضوع: آپاچی هادوپ
موضوع : Apache Hadoop
موضوع : داده های کلان
موضوع: Big da
موضوع: سازه‌دهی ... ها (کامپیوتر)
موضوع : file organization(computer science)
شناسه افزوده :رحمانی ،امید مسعود ،۱۳۵۳-
رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ ۸ م ۲۳ آ ۱۸۸۷ TK ۵۱۰
رده بندی دیویی : ۰۰۵/۲۱۳۷۶
شماره کتابشناسی ملی : ۴۶۲۷۴۷۹

www.ketab.ir

# فهرست مطالب



www.ketab.ir

www.ketab.ir

www.ketab.ir

www.ketab.ir

www.ketab.ir

www.ketab.ir

www.ketab.ir

www.ketab.ir

www.ketab.ir

www.ketab.ir

www.ketab.ir

**مقدمه ناشر**

*خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی، هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب هایی است که بتواند خواسته های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.*

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگی این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین دست‌یابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران محقق، و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت **"آقایان مهندس امیر ولوی، خایانی- دکتر امیر مسعود رحمانی "** و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

**کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش**

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نماید نظرات خود را به آدرس dibagaran.mft.info (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرمایید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
Publishing@mftmail.com

www.ketab.ir

# پیشگفتار

امروزه با گره خوردن زندگی بشر با دنیای دیجیتال و ورود اینترنت اشیاء به زندگی روزمره ما با پدیدهایی روبرو شده‌ایم که از آن با نام انفجار اطلاعات خام یاد می‌شود. این حجم انبوه اطلاعاتی نیاز به راهکارهای نوین ذخیره‌سازی دارند و از طرف دیگر شیوه‌های مرسوم پردازشی راهکار متناسبی برای پردازش و کشف دانش از این اطلاعات خام ارائه نمی‌کنند. از این رو شیوه‌های نوین ذخیره‌سازی همانند سیستم فایل توزیع شده و پایگاه داده‌های غیر رابطه‌ای به کمک این پدیده آمده‌اند و از طرف دیگر با بهره‌گیری از سیستم‌های توزیع شده نیازهای پردازشی تا حدی رفع شده است. با ارائه مفهومی که با نام نگاشت - تجمیع از آن یاد می‌شود، توانسته‌اند فرآیندهای پردازشی را در میان طیف وسیعی از سیستم‌های کامپیوتری توزیع کنند و پس از اتمام پردازش، نتایج به دست آمده را با هم ادغام کرده و به نتیجه‌ی نهایی دست پیدا می‌کنند.

این کتاب با این هدف بر نگاشته شده است که بتواند مباحث علمی کلان داده و فناوری‌های وابسته را پوشش دهد و از این رو متداول‌ترین چارچوب موجود که با نام هدوپ از لحاظ فنی بررسی شده است و سعی شده تمام موارد ضروری که در زمان نگارش کتاب موجود بوده است در آن گنجانده شود.

خواهشمندم هرگونه اشکال و ناراسایی در مطالب را به ایمیل زیر ارسال کنید تا اصلاحات لازم انجام شود؛

امیر مولوی خایانی
امیر مسعود رحمانی
زمستان ۱۳۹۵

books@amirbooks.info

www.ketab.ir

# مقدمه

با اینکه هدف از نگارش این کتاب معرفی کلان داده، سیستم‌های مرتبط و کالبد شکافی مؤلفه‌های آن است، قصد داریم مقدمه کتاب را به معرفی سیستم‌های توزیع شده و تعاریف بنیادی آن اختصاص دهیم. از این رو که ممکن است شما خواننده گرامی دانش نسبی کافی با این مقوله نداشته باشید، سعی شده به صورت خلاصه دید مناسبی از این مقوله را در اختیار شما بگذاریم و این فصل بتواند سنگ بنایی برای باقی فصل‌های کتاب قرار گیرد.

## سیستم‌های موازی

بدیهی است که در یک پردازنده تک هسته‌ای، عمل پردازش موازی انجام نمی‌شود. هر هسته پردازنده در آن واحد قادر به انجام یک پردازش است و در واقع سرعت بالای پردازش فرآیندها و جابجایی میان آن‌ها است که به کاربر این حس را القا می‌کند که تمام عملیات به صورت موازی صورت می‌گیرد اما این تصور اشتباه است و در واقع زمان پردازشی یک پردازنده، بر اساس تعداد عملیات و اولویت میان آن‌ها تقسیم می‌شود و تا اتمام پردازش این عمل صورت می‌گیرد. حال اگر از الگوی برنامه نویسی موازی استفاده کنیم در واقع برنامه‌ای ایجاد کرده‌ایم که فرآیندهای آن به تعدادی نخ تقسیم می‌شود زمانی که پردازنده برای اجرای کامل این برنامه صرف می‌کند بیشتر شود، زیرا اتلافی را افزایش داده‌ایم که در جابجایی بین نخ‌ها به وجود می‌آید. با توجه به این نکته وجود پردازنده‌های چند هسته‌ای شکل گرفت که در آن واحد قادر باشیم فرآیندهای مختلف را در این هسته‌های یک پردازنده توزیع کنیم و سرعت پردازش را بالاتر ببریم. این اولین قدم در مورد پیچیده‌تر شدن سخت‌افزارها بود تا مفهومی با نام سیستم‌های موازی[1] همانند چند پردازنده‌ای، چند هسته‌ای و ... شکل بگیرد؛ سیستم‌هایی که توانایی اجرای همزمان چندین عملیات را دارند که همه‌ی آن‌ها از یک حافظه اصلی به صورت مشترک استفاده می‌کند.

اشکال عمده این نوع سیستم‌ها، وابستگی کامل به قدرت سخت‌افزار و پیاده‌سازی آن‌ها است. یعنی در صورت نیاز به افزایش کارایی، تنها راه‌های ممکن ارتقاء سخت‌افزار یا بهینه کردن الگوریتم‌های برنامه است. این عمل را که در اصطلاح، ارتقای عمودی[2] می‌نامند، روش مناسبی برای پیاده‌سازی موازی‌سازی

---

۱ Parallel Systems

۲ Vertical Scaling

www.ketab.ir

نیست چون هزینه‌های گزافی به همراه دارد و یک سیستم به تنهایی قادر به پشتیبانی درخواست‌های زیاد نیست. همین اتفاق است که موجب می‌شود مفهوم سیستم‌های توزیع شده به یاری سیستم‌های موازی بیاید و باعث شود که نقاط ضعف آن را پوشش دهد که در اصطلاح، ارتقای افقی[1] نامیده می‌شود.

## سیستم‌های توزیع شده

تفاوتی که بین سیستم‌های موازی و سیستم‌های توزیع شده[2] وجود دارد، عدم وجود حافظه اصلی اشتراکی است. از سیستم‌های توزیع شده اینگونه یاد می‌شود؛ مجموعه‌ای از سخت‌افزارها و نرم‌افزارها که برای رسیدن به یک هدف واحد از طریق شبکه با یکدیگر در ارتباط هستند. تعریف دیگری از این سیستم‌ها نیز می‌توان داشت: مجموعه‌ای از سیستم‌های کامپیوتری مستقل از هم و خودمختار که از نظر کاربر یک سیستم کامپیوتری واحد و منسجم به نظر می‌رسد.

## مزایای استفاده از سیستم‌های توزیع شده

**کارایی بالا:** به دلیل همزمانی اجرای عملیات در سخت‌افزارهای مختلف، کارایی این نوع سیستم‌ها در مقابل سیستم‌های متمرکز افزایش می‌یابد.

**قابلیت همکاری:** به دلیل این که ذات این سیستم‌ها به صورت توزیع شده است، قابلیت اتصال و همکاری میان باقی سیستم‌ها وجود دارد.

**قابلیت دسترس‌پذیری و قابلیت اطمینان:** با وجود روش‌های مختلفی همچون چند نسخه‌سازی، در این سیستم‌ها می‌توان به آسانی به این ویژگی‌ها دست یافت.

**قابلیت گسترش:** به منظور گسترش سیستم و رفع کردن نیازمندی‌های جدید، به راحتی می‌توان مؤلفه‌های مختلف و زیرسیستم‌های جدید را به کل زیرساخت اضافه کرد بدون اینکه سیستم مختل شود.

---

۱ Horizontal Scaling

۲ Distributed Systems

www.ketab.ir

**افزایش بهره‌وری:** به دلیل ایجاد ساختار سلسله مراتبی و شکست سیستم به زیرسیستم‌ها بهره‌وری کلی سیستم افزایش می‌یابد.

**قابلیت استفاده مجدد:** امکان تعویض زیرسیستم‌ها به راحتی در این سیستم‌ها تعبیه شده است.

**کاهش هزینه:** به علت قابلیت گسترش راحت و همچنین استفاده مجدد از زیرسیستم‌ها، هزینه‌ها کاهش می‌یابد، اما باید توجه داشت که کل معماری پیاده‌سازی باید به صورت صحیح انتخاب شود.

یک سیستم توزیع شده باید در وهله‌ی اول منابع را به آسانی در اختیار کاربران قرار دهد. دوم شفاف باشد و تمام پیچیدگی‌های یک سیستم توزیع شده را از دید کاربر مخفی کند. سوم اینکه سیستم باز و قابل گسترش باشد؛ به آسانی و با شفافیت کامل قادر به اضافه کردن مؤلفه‌های جدید به سیستم باشیم. چهارم، سیستم مقیاس‌پذیر باشد؛ به صورتی که بدون اینکه سیستم مختل شود، بتوانیم منابع موجود سیستم را افزایش دهیم.

## محاسبات گرید[1]

انجمن‌های محاسبات با کارایی بالا[2] (HPC) در حال حاضر از محاسبات گرید سال‌های متوالی است که به پردازش داده‌ها در مقیاس بالا با استفاده از چندین رابط برنامه کاربردی[3] (APIs) به عنوان رابط تبادل پیام[4] (MPI) مشغول هستند. به طور گسترده، روش مورد استفاده در HPC باعث توزیع عملیات در خوشه‌ای از ماشین‌ها با دسترسی به سیستم‌های فایل اشتراکی با پهنای باند شبکه گسترده ذخیره‌سازی[5] می شود. این کارکرد به طور عمده برای کارهای حساس محاسباتی مناسب است، اما زمانی مشکل ساز می شود که یک گره نیاز به دسترسی حجم‌های داده‌ای زیادی دارد، زیرا پهنای باند در این نوع محاسبات یک گلوگاه محسوب می شود و پردازش گره‌ها به حالت تعلیق در می‌آید.

MPI کنترل مناسبی به برنامه نویس می دهد، اما نیازمند به کار بردن صریح مکانیزم‌های جریان داده، در معرض گذاشتن روال‌های زبان C، سازه‌هایی همچون سوکت‌ها و همچنین الگوریتم‌های سطح بالا

---

[1] Grid Computing
[2] High-Performance Computing
[3] Application Program Interfaces
[4] Message Passing Interface
[5] Storage Area Network

www.ketab.ir

برای تحلیل دارد. ایجاد هماهنگی در بین پردازشگرها هنگام محاسبات توزیع شده در مقیاس بزرگ یک چالش است. سخت‌ترین جنبه کار رسیدگی ساده به خرابی‌های جزئی (زمانی که مشخص نیست کدامین پردازش‌ها با خطا مواجه شده است) و هنگامی است که هنوز در حال پیشرفت در کلیات محاسبات کاری هستید. برنامه های MPI به طور صریح به مدیریت نقاط ذخیره و بازیابی می پردازند که موجب اختیارات بیشتری برای برنامه نویس می‌شود و از سوی دیگر نوشتن برنامه را برای آن‌ها سخت می‌کند.

## محاسبات داوطلبانه[1]

این نوع مدل پردازشی را با معرفی یک پروژه‌ی موفق در این زمینه شرح خواهیم داد و آن پروژه چیزی جز SETI@home نیست. SETI، به دنبال یافتن هوش فرا زمینی است، پروژه اجرایی SETI@home با استفاده از در اختیار گذاشتن داوطلبانه زمان پردازنده کامپیوترهای دیگر در زمان بیکاری برای تحلیل داده‌های امواج رادیویی به منظور یافتن نشانه‌هایی از زندگی هوشمند خارج از زمین استفاده می کند. SETI@home شناخته ترین پروژه محاسبات داوطلبانه از میان ده‌ها پروژه مشابه است؛ به علاوه می‌توان به دو پروژه جستجوی اعداد اول مرسن[2] به کمک دنیای اینترنت برای یافتن اعداد اول بزرگ و Folding@home برای درک ترکیبات پروتین و چگونگی رابطه آن‌ها با بیماری اشاره کرد.

پروژه های محاسبات داوطلبانه با شکستن مسائل به تکه‌های کوچکتر که می‌توان بر حل آن‌ها کار می‌کنند که واحدهای کاری نامیده می شوند و برای تحلیل به کامپیوترهای سراسر دنیا فرستاده می شوند. برای مثال، واحد کاری SETI@home در حدود ۰.۳۵ مگابایت از داده‌های رادیویی است که ساعت‌ها یا روزها بر روی کامپیوترهای معمولی برای تحلیل کردن زمان نیاز دارد. زمانی که تحلیل کامل شد، نتایج به سرور ارسال می شوند و کلاینت واحد کاری دیگری دریافت می کند. به منظور احتیاط و جلوگیری از تقلب، هر واحد کاری برای سه ماشین مختلف ارسال می‌شوند و زمانی که حداقل دو نتیجه یکسان دریافت شود، آن نتیجه قابل قبول است.

[1] Volunteer Computing

www.ketab.ir

مسائل SETI@home خیلی به پردازنده حساس هستند، هر کدام مناسب اجرا بر روی صدها یا هزاران کامپیوتر در جهان ساخته می شوند،[1] هر چند در برخی مسائل زمان انتقال واحدهای کاری به مراتب بیشتر از زمان اجرای محاسبات بر روی آن‌ها است و داوطلبان سیکل‌های پردازنده را اهدا می کنند، نه پهنای باند. از این رو SETI@home برای محاسبات همیشگی خود بر روی ماشین‌های غیر مطمئن در اینترنت با پهنای باند ارتباطی خیلی متغیر و داده‌های غیر محلی مناسب است.

## محاسبات ابری

محاسبات ابری[2] با محاسبات با کارایی بالا شباهت‌های زیادی دارد اما این دو در تعاریف بنیادی خود تفاوت‌های چشمگیری دارند که مهم‌ترین آن‌ها مورد استفاده و معماری این دو سیستم توزیع شده با هم است. محاسبات با کارایی بالا بیشتر در پژوهش‌ها و کاربردهای درون سازمانی استفاده دارد و هزینه‌ی زیادی در بحث راه‌اندازی و نگهداری آن‌ها اعمال می‌شود. در مقابل پردازش ابری با این فرضیه پدید آمده است که کاربران به جای ذخیره و حتی پردازش اطلاعات بر روی سیستم‌های شخصی، این موارد را بر روی مجموعه‌ای از سیستم‌ها انجام دهند که دسترسی کاربران به طور معمول از طریق شبکه‌ی اینترنت با آن‌ها میسر است و به این صورت سهولت دسترسی به اطلاعات در هر زمان و هر مکان را ایجاد می‌کند و با ارائه مدل تجاری دریافت هزینه در برابر خدمات برای سازمان‌های فراهم کننده ابر درآمد زایی داشته باشد.

شکل گیری این نوع سیستم‌های پردازشی و ذخیره‌سازی به اوایل دهه ۹۰ بر می‌گردد و بدین شکل تعریف می‌شود: یک الگوی توزیع شده پردازشی در مقیاس بالا است که قادر به ارائه مجازی‌سازی با قابلیت گسترش پویا، کنترل قدرت محاسباتی، بسترهای ذخیره‌سازی و خدماتی است که در صورت درخواست کاربران و دریافت هزینه مطابق این خدمات، آن‌ها را به کاربر آن عرضه می‌کند.

---

[1] در ژانویه سال ۲۰۰۸، طبق گزارشی پروژه SETI@home روزانه ۳۰۰ گیگابایت داده را با استفاده از ۳۲۰۰۰۰ کامپیوتر پردازش می کند.

[2] Cloud Computing

www.ketab.ir