

مقدمه‌ای بر سیستم‌های توزیع شده
و پردازش موازی
(جلد اول)

مؤلفان:

مهندس ا. ا. الفضل اسفندی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

مهندس م. ا. صادقی

استاد حق‌التدریس دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد



۱۳۹۵

سرشناسه	: اسفندی، ابوالفضل، ۱۳۵۵.
عنوان و نام پدیدآور	: مقدمه‌ای بر سیستم‌های توزیع شده و پردازش موازی / مولفان ابوالفضل اسفندی، سارا صادقی.
مشخصات نشر	: بروجرد: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ج ۲ :
شابک	: ۱۰۰۰۰۰ ریال: ج ۵۱-50-1044-964-978 : ۱۲۰۰۰۰ ریال: ج ۲۲-2۱-4451-10-964-978 :
فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه: ص: ۲۲۳.
موضوع	: داده‌پردازی -- پردازش توزیع شده
موضوع	: Electronic data processing -- Distributed processing
موضوع	: سیستم‌های عامل توزیع شده (کامپیوتر)
موضوع	: Distributed operating systems (Computers)
موضوع	: پردازش موازی
موضوع	: Parallel processing (Electronic computers)
شناسه افزوده	: فی، سارا.
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد
رده‌بندی کنگره	: ۹۶۷ الف ۳۶۵ پ / ۱۳۹۵
رده‌بندی دیویی	: ۰۰۰ / ۳۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۶۲۵



دانشگاه آزاد اسلامی بروجرد

مقدمه‌ای بر سیستم‌های توزیع شده و پردازش موازی (جلد اول)

مؤلفان: مهندس ابوالفضل اسفندی، مهندس سارا صادقی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

مدیر مسؤول: دکتر علی آریاپور

ناظر چاپ: حسام یاریار

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: نویسنده

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۵

شمارگان: ۲۰۰۰

بها: ۱۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰۴۴-۵۰-۵

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

بروجرد - میدان نواب - خیابان یادگار امام - مجتمع دانشگاهی امام خمینی (ره)

تلفکس ۰۶۶-۴۲۵۱۸۰۱۳

Email: Publisher@iaub.ac.ir

سخن ناشر

به نام خداوند لوح و قلم حقیقت نگار وجود و عدم
خدایی که داننده رازهاست نخستین سرآغاز آگاهاست

دانشگاه آزاد اسلامی، به عنوان یکی از ارکان نظام آموزش عالی کشور در چشم‌انداز بیست ساله خود، توسعه کیفی را به طور جدی مدنظر قرار داده است. دانشگاه آزاد اسلامی بروجرد به همان یکی از با سابقه‌ترین واحدهای دانشگاهی سطح کشور با عنایت به پتانسیل‌های موجود و در راستای این حرکت عظیم علمی و فرهنگی و به منظور ایجاد سرعت، دقت و هماهنگی بیشتر در اجرای کلیه امور مربوط به تأمین منابع آموزشی مورد نیاز و هم‌پیش‌روی شوق و ترغیب محققان، مؤلفان و مترجمان دانشگاهی به نگارش و ترجمه کتب معتبر علمی، شورای انتشارات علمی خود را تشکیل داد. بدیهی است که ورود به این عرصه‌ی خلیب جز با استمداد از خداوند متعال و چشم یاری داشتن از محققان و پژوهشگران، استادان ارجمند امکان‌پذیر نیست. لذا از همه صاحب‌نظران ارجمند دعوت می‌شود ما را از نقایص و راهنمایی‌های ارزشمند خود بهره‌مند سازند. در پایان بر خود لازم می‌دانم از ریاست دانشگاه آزاد اسلامی و معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی به سبب برقرار ساختن و بستر مناسب انجام فعالیت‌های حوزه پژوهش واحد در بخش توسعه فعالیت‌های چاپ و نشر، تشکر و قدردانی نمایم. ضمناً شایسته است از فعالیت‌ها و تلاش‌های عالی آقای مهندس ابوالفضل اسفندی و خانم مهندس سارا صادقی در تألیف کتاب مقدمه‌ای بر سیستم‌های توزیع شده و پردازش موازی (جلد اول) مراتب سپاسگزاری خود را ابراز نمایم.

دکتر مجید شمس

رئیس دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

پیش گفتار مؤلفان

در دنیای امروز نیاز مبرم به سیستم‌های کامپیوتری و فناوری‌های کامپیوتری، در زمینه‌های مختلف زندگی روزمره و علوم مختلف غیر قابل انکار است و این نیاز و استفاده روز به روز بیشتر نیز می‌شود. به همین دلیل گسترش زیاد این خدمات و افزایش بسیار زیاد استفاده کنندگان از آنها، دیگر کامپیوترهای عادی و شبکه‌های عادی کامپیوتری - وابگوی نیازهای امروزی نیست. بنابراین ساختارهای جدیدی برای انجام کارها و پردازش‌ها، مورد نیاز بوجود آمده‌اند که تحت عنوان سیستم‌های توزیع شده و پردازش‌های موزی از آنها یاد می‌شود که علاوه بر امکان پذیر کردن پردازش‌های مورد نیاز، مزایایی همچون سرعت بخشیدن به این اعمال، بالا رفتن قابلیت اطمینان، دسترسی پذیری و تحمل پذیری بالا را نیز موجب می‌شود.

در زمینه معرفی و توصیف سیستم‌های توزیع شده کتاب‌های مختلفی وجود دارد، که البته اکثر آنها به زبان فارسی ترجمه نشده‌اند، اما مشکل اصلی که ما را بر آن داشت که این کتاب را تالیف نماییم آن است که بیشتر این کتابها درباره اصول اولیه سیستم‌های توزیع شده صحبت کرده و تا حدودی به پیشرفت‌های امروزه جهان عقب مانده‌اند. بطور مثال در تعداد انگشت شماری از آنها، درباره محاسبات ابری سخنی گفته شده‌است، در حالی که این مفهوم در محاسبات و فناوری امروز، بسیار مهم و حائز اهمیت است. البته این نکته را نیز نباید فراموش کرد که به دلیل آنکه اکثر کتابهای مناسب موجود در زمینه محاسبات موازی و توزیع شده به زبان فارسی ترجمه نشده، فقدان یک کتاب فارسی در این زمینه به شدت احساس می‌شود.

ما در کتاب "مقدمه‌ای بر سیستم‌های توزیع شده و پردازش موازی"، سعی کرده‌ایم علاوه بر بیان اصول سیستم‌های توزیع شده و مسائل مربوط به آن، اشاره‌ای به موضوعات جدید و مفاهیم امروزی مرتبط با آنها نیز کنیم و مثالهایی از سیستم‌های واقعی را نیز ذکر نماییم. شایان ذکر است که بخش اعظمی از مطالب این کتاب (فصل دوم به بعد)، برداشت و ترجمه‌ای آزاد از کتاب بسیار ارزشمند "Distributed and

CloudComputing, From Parallel Processing to theInternet of Things" است که متأسفانه تا زمان چاپ این کتاب، هنوز بطور کامل به فارسی ترجمه و چاپ نشده است. این کتاب برای دانشجویان رشته کامپیوتر و کلیه افراد علاقمند به مباحث سیستمهای توزیع شده و پردازشهای موازی، نوشته شده است. در این کتاب سعی شده در کمال سادگی و مختصر گویی، کلیه مطالب مورد نیاز دانش‌پژوهان به همراه مثال‌هایی از سیستمهای واقعی امروزی ارائه گردد. علاوه بر این ویژگی‌ها، کتاب حاضر اکثر سرفصل‌ها را مطابق با مطالب درس سیستمهای توزیع و همچنین درس رایانش ابری، مطابق با سرفصل‌ها و وب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را در بر می‌گیرد و حتی برای درس سیستم‌های هم‌زمان نیز قابل استفاده است.

ساختار کتاب

در مجموعه دو جلد این کتاب برای حفظ یک روند منطقی همراه با پیوستگی مطالب و جلوگیری از سردرگمی دانشجویان، بین مطالب مختلف، سعی کرده‌ایم در پنج فصل به بررسی مفاهیم سیستمهای توزیع شده و پردازشهای موازی بپردازیم:

فصل اول، مفاهیم پردازشهای موازی در این فصل ابتدا به برخی مفاهیم اولیه در زمینه پردازش موازی و کامپیوترهای موازی پرداخته شده و محاسبات موازی و برنامه نویسی موازی نیز بررسی خواهد شد.

فصل دوم، مدل‌های سیستمهای توزیع شده و فناوری‌های آن: در فصل دوم، به بررسی ساختار و معماری‌های سیستمهای توزیع شده و فناوری‌های مورد استفاده شده در آنها می‌پردازیم.

فصل اول از جلد دوم، خوشه‌های کامپیوتری و محاسبات موازی: در این فصل مفهوم خوشه‌های کامپیوتری و مباحث مرتبط با آنها را بیان کرده و به بررسی نحوه محاسبات موازی در آنها می‌پردازیم.

فصل دوم از جلد دوم، ماشین‌های مجازی و مجازی‌سازی خوشه‌ها: یکی از مباحث بسیار مهم در سیستمهای توزیع شده و بخصوص خوشه‌ها، بحث مجازی‌سازی و ایجاد خوشه‌های مجازی است که علاوه بر مزایای بسیار زیاد، بستری برای ایجاد ابرها و مفاهیم

مربوط به آن می‌باشد. در این فصل به بررسی به موضوع و ساختار و انواع آن خواهیم پرداخت.

فصل سوم از جلد دوم. معماری سرویس‌گرا برای محاسبات توزیع‌شده: از جمله مهمترین معماری‌هایی که امروزه بصورت عملی در سیستم‌ها و پردازش‌های توزیع شده مورد استفاده قرار گرفته و پر کاربرد است، معماری سرویس‌گرا می‌باشد. در فصل پنجم به بررسی این معماری به عنوان یکی از نمونه معماری‌های مورد استفاده در سیستم‌های توزیع شده، می‌پردازیم.

در این کتاب لازم می‌دانم که از جناب آقای دکتر مجید شمس ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، دکتر محمدرضا معظمی گودرزی معاونت پژوهش و فناوری واحد و همچنین اسام یاریار مدیر انتشارات علمی واحد به خاطر همکاری‌های بی‌دریغشان قدردانی کرده و همچنین از داوران محترم که با نظرات اصلاحی و سازنده خود موجب ارتقای علمی این کتاب شده‌اند، سپاسگزاری نمایم.

با آنکه زمان بسیاری برای این کتاب صرف شده، لیکن نمی‌تواند خالی از ایراد و اشکال علمی و چاپی باشد. بدیهی است که فرستادن راهنمایی‌ها و انتقادات سازنده اساتید، دانشجویان و سایر دانش‌پژوران به آدرس ناشر یا ایمیل اینجانب (Esfandi@IAUB.AC.IR) می‌تواند موجب تصحیح کتاب و دلگرمی نویسنده گردد.

ابوالفضل اسفندی

سارا صادقی

فهرست مطالب

فصل اول: مفاهیم پردازش‌های موازی

- ۱-۱-۱ مقایسه ۱۸
- ۱-۱-۲ چرا محاسبات موازی؟ ۱۸
- ۱-۲-۱ معماری سیمپل ۱۹
- ۲-۲-۱ محاسبات موازی ۲۰
- ۳-۱ مفاهیم و اصطلاحات ۲۲
- ۱-۳-۱ معماری ون نیومن ۲۲
- ۲-۳-۱ رده‌بندی کلاسیک لین ۲۳
- ۳-۳-۱ اصطلاحات رایج موازی سازی ۲۷
- ۴-۱ معماری چندپردازنده‌ای ۳۰
- ۱-۴-۱ سیستم‌های مبتنی بر گذرگاه ۳۱
- ۲-۴-۱ حافظه نهان تک پردازنده ۳۲
- ۳-۴-۱ حافظه نهان چندپردازنده‌ای ها ۳۴
- ۴-۴-۱ شبکه‌های درون ارتباطی حافظه-پردازنده ۳۵
- ۵-۱ کامپیوترهای موازی ۳۸
- ۱-۵-۱ توپولوژی کامپیوتر موازی ۳۹
- ۶-۱ معماری حافظه کامپیوتر موازی ۴۵
- ۱-۶-۱ حافظه مشترک ۴۵
- ۲-۶-۱ حافظه توزیع شده ۴۸
- ۳-۶-۱ حافظه مشترک-توزیع شده ترکیبی ۵۰

۵۱	۷-۱ برنامه‌نویسی موازی
۵۱	۱-۷-۱ الگوریتم‌های موازی یا همروند
۵۳	۲-۷-۱ موازی‌سازی داده‌ها
۵۴	۳-۷-۱ مدل‌های برنامه‌نویسی موازی
۶۲	۴-۷-۱ محدودیت‌ها و هزینه‌های برنامه‌نویسی موازی
۶۶	۵-۷-۱ طراحی برنامه‌های موازی
۸۳	۸-۱ اعمال، فصل اول

فصل دوم: مدل سیستم‌های توزیع شده و فناوری آن‌ها

۸۶	۱-۲ مقدمه
۸۶	۲-۲ محاسبات مقیاس پذیر بر روی اینترنت
۸۷	۱-۲-۲ عصر محاسبات اینترنتی
۹۴	۲-۲-۲ روند محاسبات مقیاس پذیر و الگوهای جدید
۱۰۱	۳-۲-۲ اینترنت چیزها و سیستم‌های سنجش
۱۰۳	۳-۲ فناوری‌هایی برای سیستم‌های مبتنی بر شبکه
۱۰۳	۱-۳-۲ پردازنده‌های چند هسته‌ای و ساورهای چند نخه
۱۰۸	۲-۳-۲ محاسبات روی GPU تا مقیاس اکزا و داتار
۱۱۴	۳-۳-۲ شبکه‌بندی گسترده، حافظه و انباره
۱۱۷	۴-۳-۲ ماشین مجازی و مجازی‌سازی میان‌افزار
۱۲۱	۵-۳-۲ مجازی‌سازی مراکز داده برای محاسبات ابری
۱۲۴	۴-۲ مدل‌های سیستمی برای محاسبات ابری و توزیع شده
۱۲۵	۱-۴-۲ خوشه‌های کامپیوترهای مشارکتی
۱۲۹	۲-۴-۲ زیرساخت‌های محاسبات توری
۱۳۲	۳-۴-۲ خانواده شبکه‌های نظریه‌نظیر
۱۳۶	۴-۴-۲ محاسبات ابری در اینترنت

- ۵-۲ محیط‌های نرم‌افزاری برای سیستم‌های توزیع‌شده و ابرها..... ۱۴۰
- ۱-۵-۲ معماری‌های سرویس‌گرا..... ۱۴۰
- ۲-۵-۲ گرایش‌ات به سمت سیستم عامل‌های توزیع شده..... ۱۴۷
- ۳-۵-۲ مدل‌های برنامه نویسی موازی و توزیع شده..... ۱۵۰
- ۶-۲ کارایی، امنیت و بهینگی انرژی..... ۱۵۴
- ۱-۶-۲ معیارهای کارایی و تحلیل مقیاس‌پذیری..... ۱۵۴
- ۲-۶-۲ تحمل خطا و دسترسی سیستم..... ۱۶۱
- ۳-۶-۲ تهدیدهای شبکه و یکپارچگی داده..... ۱۶۲
- ۴-۶-۱ بهینگی انرژی در محاسبات توزیع‌شده..... ۱۶۶
- ۷-۲ سوانت فصل دوم..... ۱۷۲
- واژه نامه انگلیسی به فارسی و فارسی به انگلیسی..... ۱۷۳
- منابع و مراجع..... ۲۲۳