

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dr. Abolfazl Esfandi

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

مؤلفان:

مهندس ابوالفضل اسفندی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

مهندس سارا صادقی

استاد حق‌التدریس دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد



۱۳۹۵

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور
مشخصات نشر
مشخصات ظاهری
شابک
فهرست نویسی
یادداشت
موضوع
شناسه افزوده
رده بندی کنگره
رده بندی دیویی
شماره کتابشناسی ملی



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:

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 آغازهاست

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 عنوان 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 همچنین تشویق 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 خطیر جز با استمداد از خداوند متعال و چشم یاری داشتن از محققان و پژوهشگران و استادان ارجمند امکان‌پذیر نیست. لذا از همه صاحب‌نظران ارجمند دعوت می‌شود ما را از نقطه‌نظرها 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 برقراری شرایط 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 علمی 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

تقديم به:

امیدها و آینده سازان کشور عزیزمان:

🌸 محمد صالح 🌸 و 🌸 هانا 🌸

پیش گفتار مؤلفان

در دنیای امروز نیاز مبرم به سیستم‌های کامپیوتری و فنآوری‌های 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 جوابگوی نیازهای امروزی نیست. بنابراین ساختارهای جدیدی برای انجام کارها و پردازش‌های مورد نیاز بوجود آمده‌اند که تحت عنوان سیستم‌های توزیع شده و پردازش‌های موازی از آنها یاد می‌شود که علاوه بر امکان پذیر کردن پردازش‌های مورد نیاز، مزایایی همچون سرعت بخشیدن به این اعمال، بالا رفتن قابلیت اطمینان، دسترس پذیری و تحمل پذیری بالاتر خطاها 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 از پیشرفت‌های امروزه جهان عقب مانده‌اند. بطور مثال در تعداد انگشت شماری از آنها درباره ابرها و محاسبات ابری سخنی گفته شده‌است، در حالی که این مفهوم در محاسبات و دنیای فنآوری 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 متاسفانه 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 دانش پژوهان به همراه مثالهایی از سیستمهای واقعی امروزی ارائه گردد. علاوه بر این ویژگیها، کتاب حاضر اکثر سرفصل مطالب درس سیستمهای توزیع و همچنین درس رایانش ابری، مطابق با سرفصل مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را در بر میگیرد و حتی برای درس سیستمهای همروند 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 دانشجو در 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 می پردازیم.

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 می پردازیم.

فصل دوم از جلد دوم. ماشینهای مجازی و مجازی سازی خوشهها: یکی از مباحث بسیار مهم در سیستمهای توزیع شده و بخصوص خوشهها، بحث مجازی سازی و ایجاد خوشههای مجازی است که علاوه بر مزایا 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 اینجا 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 مهندس حسام 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 دانش‌پژوهان 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	مقدمه.....	۱۸
۲-۱	چرا محاسبات موازی؟.....	۱۸
۱-۲-۱	محاسبه ترتیبی.....	۱۹
۲-۲-۱	محاسبه موازی.....	۲۰
۳-۱	مفاهیم و اصطلاحات.....	۲۲
۱-۳-۱	معماری ون نیومن.....	۲۲
۲-۳-۱	رده‌بندی کلاسیک فیلین.....	۲۳
۳-۳-۱	اصطلاحات رایج موازی‌سازی.....	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 چندپردازنده‌ای‌ها.....	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 توزیع‌شده.....	۴۸
۳-۶-۱	حافظه مشترک-توزیع‌شده ترکیبی.....	۵۰

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

فصل دوم: مدل سیستم‌های توزیع شده و فن‌آوری آن‌ها

۱-۲ مقدمه.....	۸۶
۲-۲ محاسبات مقیاس‌پذیر بر روی اینترنت.....	۸۶
۱-۲-۲ عصر محاسبات اینترنتی.....	۸۷
۲-۲-۲ روند محاسبات مقیاس‌پذیر و الگوهای جدید.....	۹۴
۳-۲-۲ اینترنت چیزها و سیستم سایبری-فیزیکی.....	۱۰۱
۳-۲ فناوری‌هایی برای سیستم‌های مبتنی بر شبکه.....	۱۰۳
۱-۳-۲ پردازنده‌های چند هسته‌ای و فناوری‌های چند نخه.....	۱۰۳
۲-۳-۲ محاسبات روی GPU تا مقیاس اگزا و فراتر.....	۱۰۸
۳-۳-۲ شبکه‌بندی گسترده، حافظه و انبار.....	۱۱۴
۴-۳-۲ ماشین مجازی و مجازی‌سازی میان‌افزار.....	۱۱۷
۵-۳-۲ مجازی‌سازی مراکز داده برای محاسبات ابری.....	۱۲۱
۴-۲ مدل‌های سیستمی برای محاسبات ابری و توزیع شده.....	۱۲۴
۱-۴-۲ خوشه‌های کامپیوترهای مشارکتی.....	۱۲۵
۲-۴-۲ زیرساخت‌های محاسبات توری.....	۱۲۹
۳-۴-۲ خانواده شبکه‌های نظیربه‌نظیر.....	۱۳۲
۴-۴-۲ محاسبات ابری در اینترنت.....	۱۳۶

۱۴۰	۵-۲ محیط‌های نرم‌افزاری برای سیستم‌های توزیع‌شده و ابرها
۱۴۰	۱-۵-۲ معماری‌های سرویس‌گرا
۱۴۷	۲-۵-۲ گرایش‌ها به سمت سیستم‌عامل‌های توزیع‌شده
۱۵۰	۳-۵-۲ مدل‌های برنامه‌نویسی موازی و توزیع‌شده
۱۵۴	۶-۲ کارایی، امنیت و بهینگی انرژی
۱۵۴	۱-۶-۲ معیارهای کارایی و تحلیل مقیاس‌پذیری
۱۶۱	۲-۶-۲ تحمل خطا و دسترسی سیستم
۱۶۲	۳-۶-۲ تهدیدهای شبکه و یکپارچگی داده
۱۶۶	۴-۶-۲ بهینگی انرژی در محاسبات توزیع‌شده
۱۷۲	۷-۲ سوالات فصل دوم
۱۷۳	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی و فارسی به انگلیسی
۲۲۲	منابع و مراجع

مفاهیم پردازش‌های موازی

در این فصل با مفاهیم زیر آشنا می‌شوید:

- آشنایی با مفهوم پردازش موازی و مزایای آن
- آشنایی با معماری‌های موازی و حافظه آنها
- آشنایی با توپولوژی‌های ارتباطی
- آشنایی با روش‌های برنامه‌نویسی موازی و موازی سازی داده‌ها
- آشنایی با محدودیت‌های پردازش موازی و سربارهای آن

۸-۱ سوالات فصل اول

- ۱- عبارات زیر را مختصراً توضیح دهید:
(الف) وظیفه (ب) حافظه توزیع شده (ج) موازی برآشفته
(د) ازدحام حافظه (ه) قفل/سمافور
- ۲- دلایل استفاده از محاسبات موازی را نام برده و هریک را توضیح دهید.
- ۳- طبق طبقه‌بندی فلین، کامپیوترها به چند طریق دسته‌بندی می‌شوند؟ هریک را توضیح دهید.
- ۴- در شبکه پروانه‌ای با ۱۶ پردازنده و ۱۶ ماژول حافظه، جهت متصل کردن حافظه و پردازنده‌ها به چند سوئیچ نیاز است؟
- ۵- قطر و درجه اتصال شبکه‌های زیر را با توجه به نوع همبندی محاسبه کنید.
 - همبندی خطی با ۱۲ پردازنده
 - همبندی مش دو بعدی 8×8
 - همبندی توری 8×8
 - همبندی فوق‌مکعب ۷ بعدی با ۱۲۸ پردازنده
- ۶- تفاوت دسترسی یکنواخت به حافظه و دسترسی غیریکنواخت به حافظه چیست؟
- ۷- سه مورد از مدل‌های برنامه‌نویسی موازی را شرح دهید.
- ۸- فرض کنید $F=8\%$ از یک الگوریتم قابلیت موازی‌سازی ندارد، اما بقیه الگوریتم به‌طور موازی به‌وسیله $N=16$ پردازنده اجرا می‌شود. در این حالت سرعت اجرای برنامه نسبت به زمانی که تنها روی یک پردازنده اجرا می‌شود، چند برابر خواهد شد؟
- ۹- وابستگی بین داده‌ها را با ذکر مثال توضیح داده و بیان کنید وابستگی بین داده‌ها را چگونه می‌توان کنترل کرد؟
- ۱۰- تفاوت بین ریزدانه و دانه‌درشت را در دانه‌بندی برنامه‌های موازی شرح دهید

مدل سیستم‌های توزیع شده و فناوری آن‌ها

در این فصل با مفاهیم زیر آشنا می‌شوید:

- آشنایی با انواع الگوهای محاسباتی
- آشنایی با انواع سیستم‌های توزیع شده
- آشنایی با مفهوم اینترنت چیزها (IOT)
- آشنایی با مفهوم ابر و محاسبات ابری
- آشنایی با مدل‌های برنامه‌نویسی توزیع شده

۷-۲ سوالات فصل دوم

- ۱- محاسبات متمرکز، توزیع شده، موازی و ابری را مختصراً توضیح دهید.
- ۲- پنج مرحله منحنی اشتیاق را نام برده و توضیح دهید. ضمناً بیان کنید که هر مرحله نمایان گر چیست.
- ۳- برای متصل کردن سرویس دهنده‌ها، میزبان‌های مشتری و انبارها چند شبکه میان‌ارتباطی استفاده می‌شود؟ هر یک را نام برده و وظیفه آن‌ها را توضیح دهید.
- ۴- تصویر یگانه سیستم (SSI) به چه معنا است؟ شرح دهید.
- ۵- تفاوت بین توری‌ها و ابرها را بیان کنید.
- ۶- مدل‌های برنامه‌نویسی توزیع شده را نام برده، شرح کار و ویژگی‌های آن‌ها را بیان کنید.
- ۷- ابعاد مقیاس‌پذیری سیستم‌های موازی و توزیع شده را نام برده و توضیح دهید.
- ۸- از نظر دسته‌بندی‌های زیر، شباهت‌ها و تفاوت‌های بین خوشه/توری‌های محاسباتی و ابرهای محاسباتی را بیان کنید.
 - پشیبانی شبکه، سخت‌افزار و نرم‌افزار
 - حفاظت و مدیریت زیرساخت
 - عملکرد و هزینه مدل‌های اعمال شده

**واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
و فارسی به انگلیسی**

منابع و مراجع

- 1- Kai Hwang, Geoffrey C. Fox, Jack J. Dongarra, **Distributed and Cloud Computing, From Parallel Processing to the Internet of Things**, First Edition, Morgan Kaufmann Publishers, October 31, 2011.
- 2- NVIDIA Corp. **Fermi: NVIDIA's Next-Generation CUDA Compute Architecture**, White paper, 2009.
- 3- D. Culler, J. Singh, A. Gupta, **Parallel Computer Architecture**, Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- 4- L. Barroso, U. Holzle, **The Datacenter as a Computer: An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines**, Morgan & Claypool Publishers, 2009.
- 5- K. Birman, **Reliable Distributed Systems: Technologies, Web Services, and Applications**, Springer-Verlag, 2005.
- 6- G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, **Distributed Systems: Concepts and Design**, Wesley, 2005.
- 7- J. Dean, S. Ghemawat, **MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters**, in: *Proceedings of OSDI 2004*. Also, *Communication of ACM*, Vol. 51, 2008, pp. 107–113.
- 8- I. Foster, Y. Zhao, J. Raicu, S. Lu, **Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared**, *Grid Computing Environments Workshop*, 12–16 November 2008.
- 9- B. Sotomayor, R. Montero, I. Foster, **Virtual Infrastructure Management in Private and Hybrid Clouds**, *IEEE Internet Computing*, September 2009
- 10- K. Hwang, Z. Xu, **Support of clustering and availability**, in: *Scalable Parallel Computing*, McGraw-Hill, 1998, Chapter 9.
- 11- O. Celebioglu, R. Rajagopalan, R. Ali, **Exploring InfiniBand as an HPC cluster interconnect**, October, 2004.
- 12- Cray, Inc, **CrayXT System Specifications**. www.cray.com/Products/XT/Specifications.aspx, January 2010.
- 13- Wikipedia, **IBM Roadrunner**. http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Roadrunner, 2010.
- 14- J. Dongarra, **Visit to the National Supercomputer Center in Tianjin, China**, Technical Report, University of Tennessee and Oak Ridge National Laboratory, 20 February 2011.
- 15- V. Kindratenko, et al., **GPU Clusters for High-Performance Computing**, National Center for Supercomputing Applications, University of Illinois at Urban-Champaign, Urbana, IL, 2009.
- 16- TOP500.org. **Top-500 World's fastest supercomputers**, www.top500.org, November 2010.

- 17- K. Hwang, H. Jin, R.S. Ho, Orthogonal striping and mirroring in distributed RAID for I/O-Centric cluster computing, *IEEE Trans. Parallel Distributed Systems*, 2002, pp. 26–44.
- 18- L. Barroso, J. Dean, U. Holzle, Web search for a planet: The Google cluster architecture, *IEEE Micro*. 2003, pp. 22–28.
- 19- L. Shi, H. Chen, J. Sun, vCUDA: GPU accelerated high performance computing in virtual machines, in: *Proceedings of the IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing*, 2009.
- 20- M. Steinder, I. Whalley, et al., Server virtualization in autonomic management of heterogeneous workloads, *ACM SIGOPS Operating Systems*, 2008, pp. 94–95.
- 21- A. Menon, J. Renato, Y. Turner, Diagnosing performance overheads in the Xen virtual machine environment, in: *Proceedings of the 1st ACM/USENIX International Conference on Virtual Execution Environments*, 2005.
- 22- P. Wells, K. Chakraborty, G.S. Sohi, Dynamic heterogeneity and the need for multicore virtualization, *ACM SIGOPS Operating Systems*, 2009, pp. 5–14.
- 23- M. Marty, M. Hill, Virtual hierarchies to support server consolidation, in: *Proceedings of the 34th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA)*, 2007.
- 24- J. Frich, et al., On the potential of NoC virtualization for multicore chips, in: *IEEE Int'l Conf. on Complex, Intelligent and Software-Intensive Systems*, 2008, pp. 801–807.
- 25- Intel Open Source Technology Center, *System Virtualization—Principles and Implementation*, Tsinghua University Press, Beijing, China, 2009.
- 26- P. Ruth, et al., *Automatic Live Migration of Virtual Computational Environments in a Multi-domain Infrastructure*, Purdue University, 2006.
- 27- Y. Song, H. Wang, et al., Multi-tiered on-demand resource scheduling for VM-based data center, in: *Proceedings of the 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid*, 2009.
- 28- R. Fielding, *Architectural Styles and the Design of Network-Based Software Architectures*, University of California at Irvine, 2000, p. 162, <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=932295>
- 29- G. Fox, D. Gannon, *A Survey of the Role and Use of Web Services and Service Oriented Architectures in Scientific/Technical Grids*, <http://grids.ucs.indiana.edu/ptliupages/publications/ReviewofServicesandWorkflow-IU-Aug2006B.pdf>, 2006.
- 30- LabVIEW Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench, <http://en.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>.
- 31- LabSoft LIMS laboratory information management system, www.labssoftlims.com/.
- 32- LIMSsource Internet LIMS resource, <http://limsource.com/home.html>.

- 33- L. Ramakrishnan, B. Plale, A multi-dimensional classification model for scientific workflow characteristics, in: 1st International Workshop on Workflow Approaches to New Data-Centric Science, Indianapolis, 2010.
- 34- J. Edwards, 3-Tier server/client at work, first edition, John Wiley & Sons, 1999.
- 35- H. Shen, Content-based publish/subscribe systems, in: X. Shen, et al., (Eds.), Handbook of Peer-to-Peer Networking, Springer Science+Business Media, LLC, 2010.
- 36- S. Marru, S. Perera, M. Feller, S. Martin, Reliable and Scalable Job Submission: LEAD Science Gateways Testing and Experiences with WS GRAM on TeraGrid Resources, in: TeraGrid Conference, 2008.
- 37- J. Yu, R. Buyya, A taxonomy of workflow management systems for grid computing, in: Technical Report, GRIDS-TR-2005-1, Grid Computing and Distributed Systems Laboratory, University of Melbourne, Australia, 2005.
- 38- S. Weerawarana, F. Curbera, F. Leymann, T. Storey, D.F. Ferguson. Web Services Platform Architecture: SOAP, WSDL, WS-Policy, WS-Addressing, WS-BPEL, WS-Reliable Messaging, and More, Prentice Hall, 2005.

Dr. Abolfazl Esfandi