بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه آموزشی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش معماری کامپیوتر

# عنوان:

# توازن بار در محیط ابر با استفاده از یک روش تحلیلی مبتنی بر تصمیم‌گیری چند-شاخصه

استاد راهنما:

دکتر شهرام جمالی

استاد مشاور:

دکتر مرتضی آنالویی

پژوهشگر:

خدیجه حورعلی

تابستان ۱۳۹۳

## تعهدنامه‌ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه

تمامی حقوق مادّی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات و نوآوری‌هایِ ناشی از انجام این پژوهش، متعلق به **دانشگاه محقق اردبیلی** می‌باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقرّرات مربوطه و با ذکر نام دانشگاه محقق اردبیلی، نام استاد راهنما و دانشجو بلامانع است.

اینجانب خدیجه حورعلی دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش معماری کامپیوتر دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه محقق اردبیلی به شماره‌ی دانشجویی ۹۱۴۴۳۷۳۱۱۵ که در تاریخ ۹۳/۶/۱۶ از پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود تحت عنوان "توازن بار در محیط ابر با استفاده از یک روش تحلیلی مبتنی بر تصمیم گیری چند شاخصه" دفاع نموده‌ام، متعهد می‌شوم که:

۱) این پایان‌نامه را قبلاً برای دریافت هیچ‌گونه مدرک تحصیلی یا به عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده‌ام.
۲) مسئولیت صحّت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.
۳) این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد.
۴) در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه و با رعایت اصل امانتداری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مآخذ ذکر نموده‌ام.
۵) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هر گونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فنّاوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.
۶) در صورت ارائه‌ی مقاله‌ی مستخرج از این پایان‌نامه در همایش‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها، گردهمایی‌ها و انواع مجلات، نام دانشگاه محقق اردبیلی را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.
۷) چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی، طرح شکایت توسط دانشگاه و ...) را می‌پذیرم و دانشگاه محقق اردبیلی را مجاز می‌دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه رفتار نماید.

نام ونام خانوادگی دانشجو: خدیجه حورعلی

امضا

تاریخ:

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه آموزشی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

**پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد**

**در رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش معماری کامپیوتر**

# عنوان:

# توازن بار در محیط ابر با استفاده از یک روش تحلیلی مبتنی بر تصمیم‌گیری چند-شاخصه

**پژوهشگر:**

**خدیجه حورعلی**

**ارزیابی و تصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان‌نامه با درجه‌ی عالی**

| نام و نام خانوادگی | مرتبه‌ی علمی | سمت | امضاء |
|---|---|---|---|
| دکتر شهرام جمالی | دانشیار | استاد راهنما و رییس کمیته‌ی داوران | |
| دکتر مرتضی آنالویی | دانشیار | استاد مشاور | |
| دکتر مهدی نوشیار | استادیار | داور | |
| دکنر غلامرضا زارع فتین | استادیار | داور | |

**شهریور – ۱۳۹۳**

# تقدیم به:

**پدر و مادر مهربانم**

# سپاسگزاری:

**افتتاح کلام بنام آن خدایی که نام او مصباح زجاجه روح است پیغام او مفتاح دریچه فتوح. اکنون که توانسته ام به یاری خدا این اثر را به پایان برسانم، بر خود لازم می دانم مراتب تشکر و قدردانی خود را از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر شهرام جمالی به عنوان استاد راهنما که راهنمای من در تمامی زمینه ها بوده اند و دکتر مرتضی آنالویی به عنوان مشاور که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده‌اند، بعمل آورم.**

نام خانوادگی دانشجو: **حورعلی** نام: **خدیجه**

عنوان پایان‌نامه: **توازن بار در محیط ابر با استفاده از یک روش تحلیلی مبتنی بر تصمیم گیری چند شاخصه**

استاد راهنما: **دکتر شهرام جمالی**

استاد مشاور: **دکتر مرتضی آنالویی**

مقطع تحصیلی: **کارشناسی ارشد** رشته: **مهندسی کامپیوتر**

گرایش: **معماری کامپیوتر** دانشگاه: **محقق اردبیلی**

دانشکده: **مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات** تاریخ دفاع:**۹۳/۶/۱۶** تعداد صفحات: **۱۴۴**

چکیده:

در سال‌های اخیر استفاده از فناوری مجازی‌سازی در مراکز داده و سیستم‌های محاسبات ابری بسیار متداول شده است. محاسبات ابری امکان دسترسی و اشتراک منابع محاسباتی را فراهم می‌کند. در محیط ابر انتخاب VM (ماشین مجازی) مناسب از بین VM های موجود برای اجرای کار دریافت شده از اهمیت بالایی برخوردار است. در این میان یکی از راهکارهای اساسی برای ارتقاءکارایی، موازنه بار می‌باشد. توازن بار در زمانبندی رایانش ابر توزیع بار محلی بطور متعادل و مساوی در تمام ابر می‌باشد. انتخاب VM مناسب برای انجام هر کار، تابع پارامترهای مختلفی مانند میزان منابع مورد نیازکار نظیر CPU، حافظه، حجم منابع در اختیار VM ها، هزینه و سررسید VM ها می‌باشد. در این رساله هدف این است که با در نظر گرفتن تک تک این معیار ها، مناسب ترین VM را برای کار مورد نظر انتخاب نمائیم؛ بنابراین می‌توان این انتخاب را به‌صورت یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندشاخصه در نظر گرفت. برای این منظور ابتدا با در نظر گرفتن اهداف طراحی مانند توازن بار، کاهش نرخ ایجاد VM جدید و مهاجرت VM ها، مساله را در قالب پارامترهای موثر درکارایی مدل می‌کنیم. سپس مدل فوق را با استفاده از روش PROMETHEE که یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است، حل می‌کنیم. در این روش که PLB نامیده شده است، مطلوبیت هر VM با توجه به وزن اختصاص داده شده به معیارهای آن و میزان اهمیت هر یک از معیارها برای کاربر که بر اساس تکنیک آنتروپی تعیین شده، تخمین زده می‌شود و انتخاب بهترین VM بر اساس ارزش اختصاص یافته به آن‌ها صورت می‌گیرد. جهت بررسی کارایی این روش، شبیه‌سازی‌های لازم در شبیه‌ساز CloudSim صورت گرفته و نشان داده شده است که روش پیشنهادی نسبت به روش‌های FIFO، DLB و WRR به طور میانگین از نقطه نظرات زمان پاسخ و اتمام، نرخ عدم موفقیت کارها، انحراف بار و نرخ مهاجرت VMها به ترتیب ۷۳/۰۳، ۵۹/۴۳ و ۴۷/۱۴ درصد عملکرد بهتری دارد.

کلید واژه‌ها: محاسبات ابری، موازنه بار، روش PROMETHEE، روش آنتروپی

## فهرست مطالب

**شماره و عنوان مطالب** **صفحه**

### فصل اول: مقدمه


۱-۱- مقدمه ..... ۲
۱-۲- هدف تحقیق ..... ۵
۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق ..... ۶
۱-۴- نوآوری پایان‌نامه ..... ۷
۱-۵- ساختار پایان‌نامه ..... ۸


### فصل دوم: بستر تحقیق


۲-۱- مقدمه ..... ۱۰
۲-۲- محاسبات توزیع شده ..... ۱۱
۲-۳- محاسبات خوشه‌ای ..... ۱۲
۲-۴- محاسبات کاربردی ..... ۱۴
۲-۵- محاسبات ابری ..... ۱۴
۲-۵-۱- عناصر زیربنایی محاسبات ابری ..... ۱۷
۲-۵-۱-۱- محاسبات گرید ..... ۱۷
۲-۵-۱-۲- مجازی سازی ..... ۱۸
۲-۵-۱-۳- وب ۲ ..... ۱۸
۲-۵-۱-۴- معماری مبتنی بر سرویس(SOA) ..... ۱۹
۲-۵-۲- خدمات محیط‌های محاسبات ابری ..... ۱۹
۲-۵-۳- لایه‌های ابر ..... ۲۰
۲-۵-۳-۱- زیرساخت به عنوان سرویس ..... ۲۱
۲-۵-۳-۲- سکو به عنوان سرویس ..... ۲۱
۲-۵-۳-۳- نرم‌افزار به عنوان سرویس ..... ۲۲
۲-۵-۴- انواع ابر ..... ۲۲
۲-۵-۴-۱- ابر عمومی ..... ۲۲
۲-۵-۴-۲- ابر انجمنی(خصوصی) ..... ۲۳

۲-۵-۴-۳- ابر انجمنی ..... ۲۴
۲-۵-۴-۴- ابر پیوندی ..... ۲۴
۲-۶- مدیریت زیرساخت ابر (VIM) ..... ۲۴
۲-۷- مجازی‌سازی سخت‌افزار ..... ۲۸
۲-۷-۱- مهاجرت زنده ..... ۳۰
۲-۷-۲- مهاجرت منظم ..... ۳۳
۲-۸-۱- خوشه بندی فعال بر اساس سرویس ارائه شده ..... ۳۴
۲-۸-۲- تخصیص منابع برای موازنه بار ..... ۳۵
۲-۸-۳- ساختار مدیریتی VIM ..... ۳۵
۲-۸-۴- مدل نگاشت ..... ۳۷
۲-۸-۵- روش برنامه‌ریزی ..... ۳۸
۲-۹- جمع بندی ..... ۳۹

## فصل سوم: پیشینه تحقیق

۳-۱- مقدمه ..... ۴۲
۳-۲- زمانبندی متمرکز ..... ۴۷
۳-۳- زمانبندی توزیع‌شده ..... ۴۷
۳-۴- زمانبندی غیرمتمرکز ..... ۴۷
۳-۵- طبقه‌بندی سلسله مراتبی ..... ۴۸
۳-۵-۱- زمانبندی محلی در برابر عمومی ..... ۴۸
۳-۵-۲- زمانبندی ایستا در برابر پویا ..... ۴۹
۳-۵-۳- بهینه در برابر غیر بهینه ..... ۵۰
۳-۵-۴- توزیع‌شده در برابر غیر توزیعی ..... ۵۰
۳-۵-۵- تقریبی در برابر اکتشافی ..... ۵۰
۳-۵-۶- همکار در برابر غیر همکار ..... ۵۱
۳-۶- الگوریتم‌های موازنه بار موجود ..... ۵۱
۳-۶-۱- مدل‌های اکتشافی برای زمانبندی وظایف ..... ۵۲
۳-۶-۱-۱- استراتژی‌های ایستا ..... ۵۲
۳-۶-۱-۲- استراتژی‌های پویا ..... ۵۷
۳-۶-۱-۲-۱ حالتOn-line ..... ۵۶
۳-۶-۱-۲-۲- حالت Batch ..... ۵۷

۳-۶-۱-۳- زمانبندهای اکتشافی ..... ۶۱
۳-۶-۱-۳-۱- هادوپ ..... ۶۱
۳-۶-۱-۳-۲- درایَد ..... ۶۳
۳-۶-۱-۴- الگوریتم‌های زمانبندی جریان کار ..... ۶۴
۳-۶-۲- الگوریتم‌های زمانبندی وظایف بلادرنگ ..... ۷۱
۳-۶-۲-۱- استراتژی اولویت ایستا ..... ۷۲
۳-۶-۲-۲- استراتژی اولویت پویا ..... ۷۲
۳-۶-۲-۳- زمانبندهای بلادرنگ ..... ۷۳
۳-۷- جمع‌بندی ..... ۷۴

## فصل چهارم: روش پیشنهادی برای موازنه بار در محیط ابر

۴-۱- مقدمه ..... ۷۵
۴-۲- مشخصات محیط ابر و ارتباطات میان اجزاء ..... ۷۵
۴-۲-۱- مدل اجزاء ..... ۷۶
۴-۱-۲-۱- مشخصات مدل بار ..... ۷۷
۴-۲-۱-۲- مشخصات مدل زیرساخت ..... ۸۲
۴-۲-۱-۳- مشخصات سیاست‌های نگاشت کارها به منابع ..... ۸۵
۴-۲-۲- مشخصات اجزاء ..... ۸۹
۴-۳- تصمیم‌گیری چندشاخصه ..... ۹۱
۴-۳-۱- روش تصمیم‌گیری PROMETHEE ..... ۹۳
۴-۴- ارائه‌ی الگوریتم پیشنهادی برای موازنه بار (PLB) ..... ۱۰۱
۴-۵- جمع بندی ..... ۱۱۰

## فصل پنجم: شبیه‌سازی روش پیشنهادی و ارزیابی آن

۵-۱- مقدمه ..... ۱۱۳
۵-۲- مشخصات محیط ابر ..... ۱۱۳
۵-۳- نتایج حاصل از شبیه‌سازی ..... ۱۱۸
۵-۴- جمع بندی ..... ۱۲۹

## فصل ششم: جمع‌بندی و پیشنهادات

۶-۱- جمع‌بندی ..... ۱۳۱
۶-۲- پیشنهادات برای کارهای آینده ..... ۱۳۳

فهرست منابع و مأخذ ..... ۱۳۴

# فهرست جدول‌ها

**شماره و عنوان جدول** **صفحه**


جدول ۳-۱: مقایسه الگوریتم‌های زمانبندی ..... ۶۸

جدول ۴-۱: مشخصات پنج گره‌ی پردازشی نوعی (ماتریس تصمیم‌گیری P ) ..... ۱۰۶

جدول ۴-۲: ماتریس بی‌مقیاس شده D ..... ۱۰۷

جدول ۴-۳: بردار J برای کار $j_i$ ..... ۱۰۷

جدول ۴-۴: جریان خالص گزینه‌ها ..... ۱۰۸

جدول ۵-۱: مشخصات منابع ..... ۱۱۴

جدول ۵-۲: مشخصات منابع در ابزار CloudSim ..... ۱۱۵

جدول ۵-۳: مشخصات سرورهای استفاده شده در شبیه سازی ..... ۱۱۶

جدول ۵-۴: مشخصات VMهای استفاده شده در هر سرویس ..... ۱۱۷

جدول ۵-۵: مشخصات کارهای ارسالی به ابر ..... ۱۱۸

جدول ۵-۶: میانگین زمان پاسخ روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۰

جدول ۵-۷: میانگین زمان اتمام روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۲

جدول ۵-۸: میانگین $\alpha$ برای روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۴

جدول ۵-۹: میانگین نرخ عدم موفقیت برای روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۵

جدول ۵-۱۰: میانگین نرخ مهاجرت VMها برای روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۷

جدول ۵-۱۱: میانگین درصد بهبود عملکرد PLB نسبت به روش‌های پایه ..... ۱۲۹

## فهرست شکل‌ها

**شماره و عنوان شکل** **صفحه**


شکل ۲-۱ تعریف NIST از محاسبات ابری ..... ۱۱
شکل ۲-۲: معماری یک خوشه ..... ۱۳
شکل ۲-۳: فصل مشترک چهار فناوری که باعث ایجاد پردازش ابری شده است. ..... ۱۵
شکل ۲-۴: سیر تکامل محاسبات ..... ۱۶
شکل ۲-۵: لایه‌های پردازش ابری ..... ۲۰
شکل ۲-۶: سخت‌افزار مجازی‌سازی‌شده با میزبانی سه VM ..... ۲۹
شکل ۲-۷: مهاجرت زنده ..... ۳۲
شکل ۲-۸: انواع مدل‌های نگاشت ..... ۳۸
شکل ۲-۹: انواع روش‌های برنامه‌ریزی ..... ۳۹
شکل ۳-۱: جایگذاریVM در فضای دو بعدی (مستطیل) سرور ..... ۴۳
شکل ۳-۲: حل بسته‌بندی مکعبات توسط سینق ..... ۴۴
شکل ۳-۳: حل بسته‌بندی مکعبات توسط میشرا ..... ۴۵
شکل ۳-۴: طبقه‌بندی الگوریتم‌های زمانبندی ..... ۴۷
شکل ۳-۵: انواع الگوریتم‌های زمانبندی ..... ۵۱
شکل ۴-۱: سه بخش مدل 3PCS ..... ۷۶
شکل ۴-۲: بار شبکه محاسباتی ناهمگن شامل برنامه‌ها ..... ۷۷
شکل ۴-۳: مشخصات مدل بار ..... ۷۸
شکل ۴-۴: مشخصات مدل زیرساخت ..... ۸۳
شکل ۴-۵: مشخصات سیاست‌های نگاشت ..... ۸۷
شکل ۴-۶: نمایی از خوشه‌بندی در ابر ..... ۹۱
شکل ۴-۷: ماتریس اولیه P ..... ۹۳
شکل ۴-۸: بردار تبدیل شاخص‌های کیفی به کمی ..... ۹۴
شکل ۴-۹: ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده D ..... ۹۵
شکل ۴-۱۰: بردار J برای کار i ام ..... ۹۶
شکل ۴-۱۱: توابع ترجیحی شش‌گانه برانس و وینکه ..... ۹۹
شکل ۴-۱۲: شبه کد تعیین حالت گره‌ی پردازشی ..... ۱۰۵
شکل ۴-۱۳: موازنه بار در دو سطح سرور فیزیکی و VM ..... ۱۱۰
شکل ۵-۱: زمان اجرا قبل و بعد از انجام موازنه بار با PROMETHEE ..... ۱۱۸
شکل ۵-۲: زمان پاسخ روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۰

شکل ۵-۳: زمان اتمام روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۱
شکل ۵-۴: شاخص $\alpha$ برای روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۳
شکل ۵-۵: نرخ عدم موفقیت کارهای برای روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۵
شکل ۵-۶: نرخ مهاجرت VMها برای روش‌های PLB، FIFO، DLB و WRR ..... ۱۲۷

# فصل اول:

# مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

پردازش ابری از سال ۲۰۰۶ میلادی در حوزه فناوری اطلاعات (IT) مطرح شد، این موضوع به معنای تحویل کارکردهای مفید صنعت IT بدون اطلاع از طریقه کار کردن و ارتباطات داخلی آن است و توسط تأمین کنندگان یا مالکان تجاری مشهوری مانند آمازون، گوگل و مایکروسافت برای ارائه سرویس های پردازشی بر حسب تقاضا حمایت می‌شود. پردازش ابری نشان دهنده مدلی از زیرساخت های پردازشی است که به صورت ابر دیده می‌شوند و قابل دسترس برای اجرای برنامه‌های کاربردی از هر جای جهان هستند (Buyya et al, 2009).

طبق تعریف، محاسبات ابری، مدلی از محاسبات است که دسترسی آسان و برحسب تقاضا را به مجموعه‌هایی از منابع محاسباتی به اشتراک گذاشته شده، فراهم می‌آورد. منبع می‌تواند توان پردازشی[1]، فضای ذخیره سازی[2]، پهنای باند شبکه[3]، یک کاربرد خاص و یا یک سکوی توسعه کاربرد باشد. منابع محاسباتی، به آسانی و با کمترین دخالت و تعامل انسانی فراهم آورند، می‌شوند. کاربران می‌توانند، منابع مورد تقاضا را براساس نیاز کاهش یا افزایش دهند و در انتها برای آنچه که مصرف نموده اند، هزینه پرداخت نمایند (Sakr et al, 2012).

در محاسبات ابری، داده‌ها را به اشتراک گذاشته‌شده و سرویس‌ها را به صورت شفاف از طریق اینترنت ارائه می‌شوند. با افزایش تعداد کاربران ابر، وظایفی که باید زمانبندی شوند نیز افزایش می‌یابد. زمانبندی در ابر، یک مکانیزم است که وظایف کاربران را به منابع مناسب برای اجرا تخصیص می‌دهد و به طور مستقیم بر عملکرد ابر تأثیر می‌گذارد (Choudhary & Peddoju, 2012).

محیط‌های محاسبات ابری مدلی نوین جهت فراهم آوری منابع محاسباتی است. این مدل، زیرساخت محاسباتی را به شبکه انتقال می‌دهد. بدین ترتیب، کاربران از هزینه‌ها و پیچیدگی‌های مرتبط

[1] Proccesing Power
[2] Storage Space
[3] Network Bandwidth

با ایجاد و نگهداری بسترهای محاسباتی به‌دور نگه داشته می‌شوند. در نتیجه، هزینه‌های مرتبط با ایجاد منابع سخت‌افزاری و نرم‌افزاری کاهش می‌یابد و کاربران قادر خواهند بود از هر مکانی و در هر زمانی به منابع محاسباتی دسترسی یابند. کاربران فقط برای منابعی که مصرف نموده‌اند، هزینه پرداخت می‌نمایند (Baliga et al, 2011; Xiao et al, 2012).

تعاریف عمومی‌ای نیز برای پردازش ابری ارائه شده است که در اینجا به آن اشاره می‌شود: آرم براست و همکارانش[1] (۲۰۱۰) ابر را به عنوان پایگاه داده‌ای می‌دانند که سخت‌افزار و نرم‌افزار در آن به صورت سرویس ارائه می‌شود. سوتومایور و همکارانش[2] (۲۰۰۹) اشاره می‌کنند که ابر برای ارائه‌ی زیرساخت IT، توسط ارائه‌ی زیرساخت پایگاه داده توسط مهیا کنندگان به‌کار می‌رود. تعاریف دیگری نیز از ابر وجود دارد از مقایسه‌ی تمامی آن‌ها با یکدیگر و همچنین تعاریف فوق، نقاط مشترکی حاصل می‌شود که می‌توان آن را این‌گونه بیان کرد: یک ابر باید (Buyya et al, 2011):

- قابلیت پرداخت به‌ازای استفاده را داشته باشد.
- ظرفیت انعطاف‌پذیری داشته و نشان‌دهنده منابع نامحدودی باشد.
- واسط سلف‌سرویس داشته باشد.
- منابع در آن به صورت مجازی شده وجود داشته باشد.

بعد از تعریف پردازش ابری، مهم‌ترین موضوع مجازی‌سازی[3] در ابر است. مجازی‌سازی یکی از مهم‌ترین تکنولوژی‌های بکار گرفته شده در محیط‌های محاسبات ابری است. این تکنولوژی، امکان اجرای چندین بار کاری با سکوهای متفاوت را به صورت مجزا از هم در یک ماشین فیزیکی فراهم می‌آورد. همچنین، مجازی‌سازی قابلیت مهاجرت ماشین مجازی را ارائه می‌دهد. قابلیت مهاجرت در کنار محاسبات تورین[4] (مدلی از محاسبات توزیعی)، دیگر تکنولوژی به‌کار گرفته شده در مدل ابری، امکان

[1] Armbrust et al
[2] Sotomayor et al
[3] Virtualization
[4] Grid Computing

استفاده و هماهنگ‌سازی منابع موجود در شبکه در جهت انجام یک کار خاص را فراهم می‌آورند (Buyya et al, 2009).

در واقع مجازی‌سازی به عنوان هسته اصلی تأمین منابع در ابر می‌باشد. توسط مجازی‌سازی یک سرور فیزیکی[1] می‌تواند به ماشین‌هایی تقسیم شود که هر کدام میزان CPU، حافظه و شبکه، سیستم عامل و برنامه‌های مخصوص به خود را داشته باشد که به آن VM گویند (Bellur et al, 2011). VMها بدون اینکه وقفه‌ای در ارائه سرویس‌هایشان به‌وجود بیاید، قابلیت مهاجرت از یک سرور فیزیکی دیگری را دارند که به این ویژگی مهاجرت زنده VM گویند. فرایند مهاجرت یک VM، باعث مصرف شدن منابعی نظیر CPU و شبکه‌ی سرورهای مبدأ (فرستنده) و مقصد(گیرنده) VM می‌شود به همین دلیل کارایی سایر VMهای مستقر بر روی سرورهای مبدأ و مقصد نیز تحت تأثیر قرار گرفته و کم می‌شود ( Mishra et al, 2012)، ایجاد یک VMجدید نیز زمان‌بر بوده و باعث کم شدن کارایی سامانه و منقضی شدن کارهای ارسالی به آن خواهد شد؛ بنابراین حداقل کردن ایجاد و مهاجرت VMها از اهداف زیرساخت ابر است. ابر دارای سه لایه است که مجازی‌سازی منابع، در لایه اول یعنی IaaS مطرح می‌شود. ابزاری که در این لایه مدیریت منابع را بر عهده دارد، مدیر زیرساخت مجازی[2] نامیده می‌شود. لایه‌های دوم و سوم به ترتیب PaaS و SaaS هستند که در آن سکو و نرم افزار تحت سرویس ارائه می‌شود.

تمامی مدیرهای زیرساخت مجازی، مدیریت چرخه حیات (ایجاد، مهاجرت، آزادسازی) VMها، ارتباط و شبکه آنها با یکدیگر و ایجاد ظرفیت‌های مورد نیاز آن‌ها را بر عهده دارند. سرویس‌های ابری ارائه شده توسط ابزار فوق باید شامل مشخصات زیر باشند: دسترسی انعطاف‌پذیر نامحدود به منابع، قابلیت تحرک و جابجایی کارها/وظایف[3]، قابلیت همکاری با عملگرهای عمومی، قابلیت چکیده‌سازی[4] منابع (مجازی‌سازی). این ابزارها شامل واحدهای اکتشاف منابع، پایش وضعیت، برنامه‌ریزی، مدیریت

[1] Physical Server (PM)
[2] Physical Server (PM)
[3] Jobs/Tasks
[4] Abstract

ذخیره‌سازی و مدیریت عملکرد هستند. واحد برنامه‌ریز که به عنوان راه‌کاری برای حل مشکل پیچیدگی انتخاب منابع معرفی شده است، مسئولیت برنامه‌ریزی را بر عهده دارد. وظیفه‌ی برنامه‌ریز ابر یافتن نگاشتی مناسب از مجموعه‌ی کارها به فضای منابع است. از آنجا که ابر محیطی پویا است و لذا کارهای محاسباتی در هر لحظه از زمان به ابر ارسال می‌شوند، طراحی مناسب واحد برنامه‌ریزی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. برنامه‌ریز برای انجام مناسب فرایند مدیریت و برنامه‌ریزی نیاز به اطلاعات کاملی از نیازهای کاربر و ویژگی‌های منابع دارد. اطلاعات مربوط به کار ارسال شده و نیازهای کاربر به‌طور مستقیم از سوی کاربر برای برنامه‌ریز ارسال می‌شود، در حال که برنامه‌ریز مشخصات منابع را در صورت نیاز از سرویس اطلاعاتی ابر نیز واحدی است که در بازه‌های زمانی مشخص به جمع‌آوری اطلاعات پویای منابع موجود در شبکه می‌پردازد.

## ۱-۲- هدف تحقیق

مسئله زمان‌بندی ماشین‌های مجازی موضوع بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه محیط-های محاسبات ابری است (Buyya et al, 2009; Sakr et al, 2012; Baliga et al, 2011; Xiao et al, 2012). معمولاً این مسئله به همراه مسائلی همانند جایابی ماشین‌های مجازی با هدف کاهش مصرف انرژی و با افزایش بهره‌وری مطرح می‌گردد. روش‌های مبتنی بر بسته‌بندی اقلام[1] رویکرد متداول حل این مسئله است (Calcavecchia et al, 2012). در این رویکرد ماشین‌های مجازی اقلام و ماشین‌های فیزیکی صندوق‌ها هستند. در انتها اقلام باید طوری در صندوق‌ها جایابی شوند، که کمترین میزان صندوق‌ها مصرف شود (Calcavecchia et al, 2012). هدف اصلی زمانبندی در ابر، کوتاه کردن زمان تکمیل کار، بالا بردن توان عملیاتی سیستم و ایجاد تعادل بار روی منابع است.

هر دسته از VMها در ابر سرویس خاصی را ارائه می‌دهند و کاربران زیادی نیز درخواست استفاده از این سرویس‌ها را می‌کنند. ایجاد VMجدید در هر سرویس و اختصاص آن به هر کاربر ممکن است،

[1] Bin Packing Problem

باعث کمبود منابع شود؛ بنابراین راه‌کار مناسب این است که با حداقل ایجاد و مهاجرت VMها و با تخصیص صحیح کارهای ارسالی از طرف کاربران به ابر (یعنی مهاجرت کارها)، بیشترین بهره‌برداری از منابع ابر را داشت. به عبارت دیگر با ورود کار جدید در یک سرویس، برای پردازش آن، ابتدا سراغ VMهایی رفت که آن سرویس را در ابر ارائه می‌دهند و با توجه به مشخصات VMها (مانند قدرت پردازش، حافظه، قیمت و غیره) و کارها (مانند سررسید، بودجه و غیره)، تصمیم‌گیری مناسبی برای اختصاص آن‌ها به یکدیگر اتخاذ می‌شود. در صورت پیدا نشدن VMمناسب، اقدام به ایجاد VM کرد؛ بنابراین در دو مرحله نیاز به انتخاب منبع مناسب وجود دارد، یکی انتخاب بهترین منبع برای تخصیص به کار ورودی و دیگری انتخاب سرور فیزیکی مناسب برای ایجاد یا مهاجرت VM به آن. به دلیل اینکه مشخصات گره‌های پردازشی و کارهای ورودی به ابر متنوع می‌باشد، این انتخاب با چالش‌های زیادی روبرو خواهد بود برای غلبه بر این چالش‌ها نیاز به تصمیم‌گیری چندشاخصه[1] می‌باشد. قبلا از روش-هایی مانند TOPSIS وAHP برای محیط‌های گریدی و ابری مطرح شده بود که در آن‌ها یا معیارهای محدودی برای انتخاب استفاده شده بود و یا انتخاب توسط کاربر انجام می‌شد و همچنین کاربر نیز برای استفاده از منابع درگیر انتخاب منابع می‌شد. در این پایان‌نامه، الگوریتم PROMETHEE به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه انتخاب شده است، روش پیشنهادی ابن پروژه ابتدا به ارائه‌ی شاخص‌های موجود، طریقه وزن‌دهی به آن‌ها، و در نهایت، زمانبندی بهینه کارها می‌پردازد.

## ۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق

در محیط ابر، فراهم‌کنندگان می‌خواهند بیش‌ترین بازده را از منابع خود ببرند و کاربران نیز می‌خواهند هزینه‌های خود را حداقل نمایند، درعین‌حال عملکرد مورد نیازشان را نیز به دست آورند. استفاده مناسب و بهینه از منابعی همچون حافظه، پردازشگر یک چالش است؛ از این رو، چگونگی زمانبندی وظایف مسئله‌ای مهم محسوب می‌شود که تأثیر زیادی در عملکرد فراهم‌کنندگان سرویس ابر

[1] Multi-Attribute Decision Making (MADM)