



## مروری بر محاسبات ابری: معماری، برنامه‌های کاربردی، طبقه بندی و نقش آن در اینترنت اشیا

فاطمه آروانه<sup>۱</sup>، فرانہ زرافشان<sup>۲\*</sup>

دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک<sup>۱</sup>

گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، آشتیان<sup>۲</sup>

### چکیده

با افزایش دستگاه‌های اینترنت اشیا، روش‌های محاسباتی متداول نیازمند تغییرات هستند. انواع مختلف و تعداد انبوه دستگاه‌ها، از جمله حسگرها و محرک‌ها به سرویس‌دهنده‌های ابری متصلند. برنامه‌های کاربردی متعددی در زمینه اینترنت اشیا وجود دارند که بر اساس محاسبات ابری عمل می‌کنند. حجم عظیمی از داده شامل داده‌های چند رسانه‌ای مانند عکس توسط حسگرها تولید و به سرویس‌دهنده‌های ابری توسط شبکه منتقل می‌شوند. ابر به تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی نیازمندی‌های برنامه‌های بلادرنگ و حساس به تاخیر باشد. یک روش محاسباتی جدید به نام محاسبات مه به منظور پشتیبانی از برنامه‌های کاربردی بلادرنگ حساس به تاخیر معرفی شده است. بطور کلی سرویس‌دهنده‌های محاسبات مه نزدیک به دستگاه‌های نهایی قرار گرفته‌اند و محاسبات ابری را توسعه می‌بخشند. در این مقاله تکامل تدریجی محاسبات توزیع شده، از محاسبات ابری به محاسبات مه، معماری محاسبات مه، برنامه‌های کاربردی و شرایط کنونی تحقیقات بر روی محاسبات مه با طبقه بندی انواع مختلف برنامه‌های کاربردی مورد بررسی قرار گرفته است. به علاوه براساس نتایج، مواردی جهت تحقیقات آینده ارائه شده است.

کلمات کلیدی: محاسبات مه، محاسبات ابری، اینترنت اشیا، محاسبات توزیع شده



تاریخچه مقاله:

تاریخ ارسال: ۹۷/۱۲/۲۰

تاریخ اصلاحات: ۹۸/۳/۳۰

تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۱۲

تاریخ انتشار: ۹۸/۵/۱۵

Keywords:

Fog computing  
 Cloud computing  
 Internet of things  
 Distributed computing

## Survey on Fog Computing: Architecture, Applications, Taxonomy and Its Role on the Internet of Things

Fatemeh Arvaneh<sup>1</sup>

Faraneh Zarafshan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Islamic Azad University, Arak , Iran

<sup>2</sup>Islamic Azad University, Ashtiyān, Iran

### Abstract

Because of the dramatic increase in IoT devices usage, the traditional computing needs are changing growingly. Various types and huge numbers of devices like sensors and actuators are interconnected with clouds of servers on IoT. There are many applications of cloud computing in the context of IoT devices. Here, a large volume of data including multimedia data like image created by sensors is transmitted to servers in clouds through networks. However, the cloud alone cannot provide the required real-time responses with location aware services. To support the computational demand of real-time latency-sensitive applications a new computing paradigm named “Fog computing” has been introduced. Fog computing resides closer to the end devices and extends the cloud-based computing, storage and networking facilities. In this Paper, we discuss the evolution of distributed computing from the cloud computing to the fog computing, fog computing architecture, the current status on fog computing research along with a taxonomy of various existing works in this direction.

ف.آروانه، ف.زرافشان، مروری بر محاسبات ابری، معماری، برنامه‌های کاربردی، طبقه بندی و نقش آن در اینترنت اشياء، دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده، سال دوم، شماره اول، شماره پیاپی ۳، سال ۱۳۹۸، ص ۳۱-۴۳

روش ارجاع به مقاله:



## ۱ - مقدمه

ظهور اینترنت اشیا<sup>۱</sup> اتصالات و ارتباطات بین همه چیز را در همه جا و به شکل فراگیری فراهم ساخته است. انواع مختلف فناوری‌های ارتباطی در حوزه اینترنت اشیا معرفی شده‌اند. از جمله ZigBee، RFID و Bluetooth و ... که ارتباطات امن را در اینترنت اشیا می‌سازند. در اینترنت اشیا دستگاهها از جمله حسگرها<sup>۲</sup> و محرکها<sup>۳</sup> داده‌ها را از محیط یا سایر دستگاهها جمع‌آوری می‌کنند. چون حسگرها به طور دائم در حال پایش محیط و یا کاربران هستند و بکارگیری دستگاههای مختلف از جمله حسگرها، محرکها و ... موجب تولید مقدار عظیم و بی سابقه‌ای از داده‌های ناهمگن شده است که به آن در اصطلاح انفجار داده<sup>۴</sup> می‌گویند [۱].

با گسترش اینترنت اشیا و سیستم‌های CPS<sup>۵</sup> و اینترنت موبایل، اشیا مختلف شامل افراد، ماشین‌ها و دستگاهها به فضای اطلاعاتی در هر جا و هر مکانی متصل شده‌اند. حجم عظیم داده‌های تولید شده نشان می‌دهد که این قابلیت‌های پردازش و ذخیره‌سازی نمی‌توانند درخواست‌ها را بطور کامل پاسخ دهند و این مساله توسط مدل‌های محاسباتی متداول قابل حل نیست. از جمله محاسبات توزیعی، محاسبات ابری<sup>۶</sup> و ... [۲]. در بیشتر برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا ممکن است سیستم، زمان پاسخگویی کوتاهی داشته باشد. مثل سیستم ترافیک در حمل و نقل

هوشمند<sup>۷</sup>، مراقبت از سلامتی هوشمند<sup>۸</sup> و دیگر برنامه‌های حساس به تاخیر. در چنین برنامه‌هایی تاخیر باعث می‌شود پاسخ بدست آمده برای کاربر قابل قبول نباشد. علاوه بر این بسیاری از تصمیمات می‌توانند بطور محلی و بدون انتقال داده به ابر گرفته شوند. حتی اگر برخی تصمیم‌ها باید در ابر گرفته شود لزومی به انتقال همه داده به ابر به منظور پردازش و ذخیره‌سازی نیست. بطور خلاصه چالش‌هایی که توسط اینترنت اشیا در رابطه با پهنای باند، تاخیر، قابلیت اعتماد و امنیت ایجاد شد نمی‌توانند تنها توسط مدل محاسباتی ابر مرتفع شوند [۳].

محاسبات ابری یک مدل محاسباتی متمرکز است به این معنی که همه داده‌ها و تقاضاها باید به ابر منتقل شوند لذا بیشتر محاسبات در ابر انجام می‌شود. با اینکه سرعت پردازش داده بالا می‌رود، پهنای باند شبکه افزایش نمی‌یابد بنابراین پهنای باند به یک گلوگاه در برابر تبدیل می‌شود. این مساله باعث تاخیر<sup>۹</sup> طولانی مدت شود [۴].

با این که محاسبات ابری به عنوان یک روش موثر برای پردازش و ذخیره‌سازی انواع داده‌ها بکار می‌رود، چالش‌هایی از جمله افزایش درخواست‌های بلادرنگ<sup>۱۰</sup> یا برنامه‌های حساس به تاخیر<sup>۱۱</sup> و محدودیت در پهنای باند شبکه نمی‌توانند تنها با استفاده از پردازش ابری حل شوند. بنابراین یک رویکرد محاسباتی جدید که محاسبات مه<sup>۱۲</sup> نامیده می‌شود به عنوان مکمل راه حل محاسبات ابری ارائه

<sup>7</sup>Smart transportation

<sup>8</sup>Smart healthcare

<sup>9</sup>Latency

<sup>10</sup>Real-Time

<sup>11</sup>Latency-sensitive

<sup>12</sup>Fog Computing

<sup>1</sup>IoT

<sup>2</sup>Sensor

<sup>3</sup>Actuator

<sup>4</sup>Data explosion

<sup>5</sup>Cyber-Physical System

<sup>6</sup>Cloud Computing



خدمات مختلف را در هر جایی که هستند فراهم می کند. یکی از مهم ترین ویژگی های ابر دسترسی به خدمات در همه جا است درحالی که منابع در مکان های راه دور از کاربر قرار گرفته اند. Google Apps به عنوان مثال عمده در رایانش ابری است که دسترسی به خدمات از طریق مرورگر مستقر در میلیونها ماشین را از طریق اینترنت فراهم می کند. منابع ابری در هر زمان و از هر مکان در سراسر جهان با استفاده از اینترنت در دسترس هستند [۸]. محاسبات ابری، ارزانتر از مدل های دیگر محاسباتی است. هزینه تعمیر و نگهداری آن صفر است، چرا که ارائه دهنده خدمات مسئول در دسترس قرار دادن خدمات است و مشتریان فارغ از مشکلات نگهداری و مدیریت منابع هستند. با توجه به این ویژگی، محاسبات ابری همچنین به عنوان محاسبات ابزاری نیز شناخته شده است، مقیاس پذیری یکی از ویژگی های کلیدی محاسبات ابری است و از طریق مجازی سازی سرویس دهنده ها فراهم می شود. این نسل جدید محاسبات مبتنی بر وب، از سرویس دهندگان راه دور قرار داده شده در مراکز داده بسیار امن و مطمئن برای ذخیره سازی داده ها و مدیریت استفاده میکند. بنابراین سازمان ها نیازی به پرداخت هزینه و جستجوی راه حل های فناوری اطلاعات داخلی ندارند. پس از ایجاد ابر، استقرار آن با توجه به الزامات متفاوت است و با توجه به هدف، از آن استفاده خواهد شد. خدمات ابری از مراکز داده در سراسر جهان

گردید [۵]. محاسبات مه سرویس های ابری را به لبه شبکه<sup>۱۳</sup> گسترش می دهد و محاسبات، ارتباطات و ذخیره سازی را نزدیک به دستگاههای لبه و کاربر نهایی<sup>۱۴</sup> انجام می دهد که هدف آن بهبود در کاهش تاخیر، قابلیت جابجایی، پهنای باند، امنیت و محرمانگی است. برای حل این مشکلات و به منظور دستیابی به پردازش و ذخیره سازی محلی و کاهش میزان انتقال داده در شبکه و تاخیر مدلهای متفاوتی ارائه شده است. محاسبات مه یک معماری محاسباتی توزیع شده جغرافیایی است که دستگاههای ناهمگن در لبه شبکه را به سرویس های ذخیره سازی، ارتباطی و محاسباتی وصل می کند. ویژگی اساسی مه توسعه سرویس های ابر به لبه شبکه است [۶].

## ۲ - محاسبات ابری

محاسبات ابری قابلیت پردازش و ذخیره سازی بالایی را با هزینه کم برای کاربران ارائه می کند. کاربران نهایی تنها نیازمند اتصال به اینترنت به منظور اجرای برنامه های کاربردی هستند. محاسبات ابری، دستگاههای نهایی با ظرفیتهای پردازشی محدود را به انجام محاسبات و پردازشهای پیچیده قادر می سازد [۷].

به عبارت دیگر مفهوم ابر، فراهم سازی منابع راه دور برای کاربران نهایی است. یکی از جنبه های مهم ابر تاکید بر مجازی سازی است، به این معنا که خدمات به کاربران بدون اطلاع از جزئیات مکان و زیرساختها ارائه می گردد. ابر یک روش محاسباتی توزیع شده است که برای کاربران نهایی منابع محاسباتی و پردازشی و

<sup>14</sup>end-users

<sup>13</sup>Edge of network



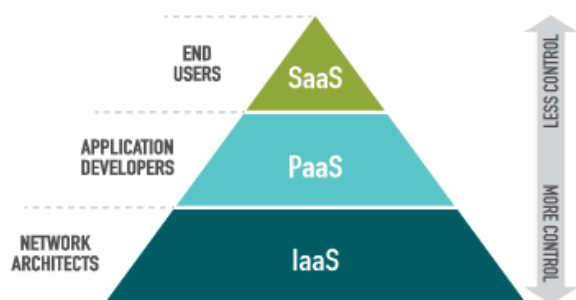
نماید. این مدل‌های خدمات به سه گروه اصلی تقسیم می شوند:

**SaaS<sup>۱۷</sup>**: این مدل اجرای برنامه های کاربردی توسط ابر به آسانی برای کاربر در همه جا فراهم می کند. همه برنامه های کاربردی بدون نیاز به مدیریت در دسترس کاربر هستند.

**PaaS<sup>۱۸</sup>**: این مدل دسترسی به پلتفرمها را برای کاربران فراهم می کند و به آنها اجازه می دهد برنامه های کاربردی و نرم افزارهای خودشان را بر روی پلتفرم های ابر مستقر سازند.

**IaaS<sup>۱۹</sup>**: این مدل مدیریت و کنترل سیستمهای عامل، ارتباطات شبکه و مراکز ذخیره سازی داده را به عنوان زیرساخت برای کاربران فراهم می کند.

شکل ۱. سه لایه مدل سرویس در محاسبات ابری را نشان می دهد.



(شکل-۱): سه لایه مدل سرویس در محیط محاسباتی ابر

مدل های استقرار بر اساس ماهیت خدمات و نیازهای کاربران ابر تعیین شده اند. این مدلها به چهار دسته کلی تقسیم می شوند:

فراهم می شود [۹]. محاسبات ابری با ارائه منابع مجازی از طریق اینترنت باعث تسهیل خدمات به سرویس گیرندگان آن می شود. ابر با ارائه سرویس های محاسباتی و ذخیره سازی تحت وب، رویکرد جدیدی را به عنوان یک ابزار واقعی و کامل در سطح جهانی برای کاربران اتخاذ کرده است. سرویس دهنده ها در هر نقطه ای از طریق اینترنت در دسترس هستند. برنامه های ساخته شده بر اساس این مدل بر روی وب سایت های متعددی اجرا میشوند که اطلاعات را از هر یک از این سایتها می گیرند و پس از ترکیب، در یک فرم سفارشی شده به انواع سیستم ها در هر نقطه ای ارائه می دهند. پتانسیل استفاده از یک وب سرویس نامحدود است. از زمانی که منابع محاسباتی و ذخیره سازی مرز بین اینترنت، برنامه های مستقل و دستگاه های محاسباتی از هر نوعی را شکسته اند، این امکان فراهم شده تا ارائه دهندگان خدمات بتوانند راه حل های تجاری یکپارچه یا سفارشی ارائه بدهند تا سرویس گیرندگان بتوانند در هر زمان و مکانی و با هر دستگاهی به اطلاعاتشان دسترسی داشته باشند [۱۰].

دو مدل پایه برای ابر بعنوان مدل‌های خدمات<sup>۱۵</sup> و مدل‌های استقرار<sup>۱۶</sup> وجود دارد. مدل‌های خدمات به مدل های پایه برای فراهم کنندگان ابر اشاره دارد که کاربر مطابق با نیاز خود می تواند مدل مورد نظر را انتخاب

<sup>18</sup>Platform as a Service

<sup>19</sup>Infrastructure as a Service

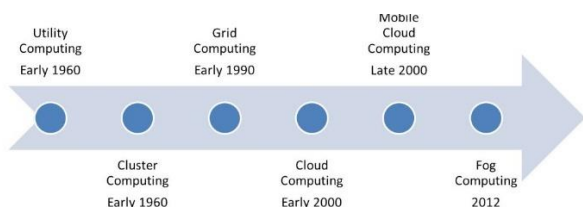
<sup>15</sup>Service Models

<sup>16</sup>deployment models

<sup>17</sup>Software as a Service



نهایی ارائه میدهد. این دستگاهها گره های مه<sup>۲۵</sup> نامیده میشوند. این گره ها میتوانند در هر نقطه با اتصال به شبکه مستقر شوند. شکل ۲ روند تکامل محاسبات توزیعی را در سالهای اخیر نشان می دهد [11].



(شکل-۲): تکامل محاسبات توزیعی

محاسبات مه دارای ویژگی هایی می باشد که آن ها را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- آگاهی از محل و کاهش تاخیر زمانی :گره های مه را می توان در مکان های مختلف مستقر کرد. علاوه بر این از آنجا که مه به دستگاه های پایانی نزدیک است لذا به نسبت تاخیر زمانی کمتری در پردازش داده ها را دارا می باشد.
- توزیع جغرافیایی: در مقایسه با ابر متمرکز، خدمات و برنامه های ارائه شده، توسط مه توزیع شده هستند و گره های مه می توانند در هر نقطه مستقر شوند.
- مقیاس پذیری<sup>۲۶</sup>: شبکه های حسگر در مقیاس بزرگ هستند که محیط اطراف را نظارت می کنند.
- پشتیبانی از تحرک<sup>۲۷</sup>: یکی از جنبه های مهم برنامه های مه، توانایی اتصال است و به طور مستقیم به دستگاه های متحرک مانند تلفن همراه متصل شده و به همین ترتیب روش های تحرک را فعال می کند.

ابر خصوصی<sup>۲۰</sup>: زیر ساخت ابر برای اجرا و نگهداری توسط یک سازمان خاص و بدون اشتراک گذاری با دیگر سازمان استقرار یافته است.

ابر اشتراکی<sup>۲۱</sup>: زیر ساخت ابر بین تعدادی از سازمانها با نیازمندی های مشترک و در یک راستا به اشتراک گذاشته شده است.

ابر عمومی<sup>۲۲</sup>: زیر ساخت ابر قابل استفاده و بکارگیری برای عموم بر اساس ظرفیت های فراهم کننده خدمات ابری می باشد.

ابر ترکیبی<sup>۲۳</sup>: زیر ساخت ابر ترکیبی است از انواع ابرها. میتواند ترکیبی از یک ابر عمومی و ابر خصوصی و یا ترکیبی از یک ابر اشتراکی و یک ابر خصوصی مطابق با نوع خدمات و برنامه های کاربردی مورد نیاز کاربران باشد.

### ۳ - محاسبات مه

محاسبات مه در سالهای اخیر به عنوان موضوع تحقیقاتی روز در حوزه اینترنت اشیا به شمار میرود. محاسبات مه رویکردی با قابلیت های متفاوت از جمله محاسبات، ذخیره سازی و شبکه می باشد که سرویس ها را به روشهای توزیع شده بین دستگاه های نهایی<sup>۲۴</sup> مختلف و سرویس دهنده های ابر فراهم می آورد [۱۰]. محاسبات مه یک راه حل مناسب برای برنامه های اینترنت اشیا محسوب میشوند که حساس به زمان هستند. محاسبات مه به عنوان واسطی بین ابر و دستگاه های پایانی عمل می کند و پردازش، ذخیره سازی و خدمات شبکه را نزدیکتر به دستگاههای

<sup>24</sup>End Devices

<sup>25</sup>Fog Nodes

<sup>26</sup>Scalability

<sup>27</sup>Support for mobility

<sup>20</sup>Private Cloud

<sup>21</sup>Community Cloud

<sup>22</sup>Public Cloud

<sup>23</sup>Hybrid Cloud



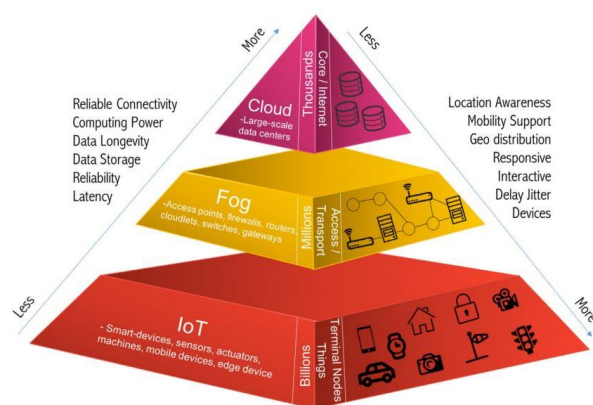
مانند حسگرها، تلفن های همراه، وسایل نقلیه هوشمند و... است.

لایه دوم، لایه مه<sup>۳۱</sup> است که بالای لایه انتهایی قرار دارد. این لایه شامل تعداد زیادی از گره های مه است. این گره ها بین لایه ابر و دستگاههای نهایی توزیع شده اند. این گره های مه می توانند ثابت یا متحرک باشند تا دستگاههای نهایی بتوانند به آسانی به آنها متصل شوند. این گره ها قابلیت پردازش، ارسال و ذخیره سازی موقت داده های دریافت شده از لایه پایینی را دارند.

لایه سوم، لایه ابر<sup>۳۲</sup> است و شامل چندین سرویس دهنده و دستگاههای ذخیره سازی با کارایی بالاست و انواع سرویس را برای سرویس گیرندگان مختلف فراهم می کند. این لایه قابلیت های محاسباتی، پردازشی و ذخیره سازی قدرتمندی دارد. پردازش در ابر می تواند مدت زیادی به طول انجامد.

ویژگی ها و مزایای متعدد مه آن را به گزینه مناسبی برای برنامه های حساس به تاخیر و بلادرنگ تبدیل ساخته است.

- ناهمگنی<sup>۲۸</sup>: گره های مه یا دستگاههای پایانی توسط تولید کنندگان مختلف طراحی شده و در نتیجه در مدل های مختلف بوده و نیاز به استقرار بر اساس سیستم عامل های متنوع را دارند.
- قابلیت همکاری: مولفه های مه، می توانند با دامنه های مختلف و با ارائه دهندگان خدمات مختلف همکاری کنند.
- پشتیبانی از تجزیه و تحلیل آنلاین و تعامل با ابر<sup>۲۹</sup>: مه در میان ابر و دستگاههای پایانی قرار میگیرد و نقش مهمی در جذب و پردازش اطلاعات ایفا میکند [۱۲].



(شکل-۳): معماری سه لایه محیط محاسباتی مه

معماری محاسبات مه شامل یک معماری سه لایه می باشد. شکل ۳ معماری سه لایه محیط محاسباتی مه را در سه لایه انتهایی، لایه مه و لایه ابر نشان می دهد [۱۳].

لایه اول، لایه انتهایی<sup>۳۰</sup> است که نزدیکترین لایه به کاربر نهایی و محیط فیزیکی می باشد و شامل دستگاههای مختلف و ناهمگن در حوزه اینترنت اشیا

<sup>31</sup>Fog layer

<sup>32</sup>Cloud layer

<sup>28</sup>Heterogeneity

<sup>29</sup>Interoperability

<sup>30</sup>Final layer



(جدول-۱): مقایسه ویژگی های محیط محاسباتی مه و محیط محاسباتی ابر

ویژگی	محاسبات مه	محاسبات ابری
تاخیر	کم	زیاد
وظایف بلادرنگ	پشتیبانی میکند	پشتیبانی میکند
قابلیت تحرک	پشتیبانی میکند	محدود
آگاهی از مکان	پشتیبانی میکند	پشتیبانی محدود
تعداد گره های سرویس دهنده	زیاد	کم
توزیع جغرافیایی	نامتمرکز و توزیع شده	متمرکز
فاصله تا کاربر	نزدیک	دور
مکان سرویس	در لبه شبکه محلی	در اینترنت
محیط کاری	خارجی (خیابان، ایستگاه و ...) داخلی (خانه، اداره و ...)	مراکز داده با شرایط تهویه خاص
فناوری ارتباطات	شبکه بی سیم : 3G,4G, zigBee,...	شبکه IP
هزینه پهنای باند	کم	زیاد
قابلیتهای محاسباتی و ذخیره سازی	ضعیف	قوی
مصرف انرژی	کم	زیاد (بخصوص سیستمهای خنک کننده در مراکز داده های ابر)

داده های تولید شده توسط دستگاههای لبه از جمله حسگرها را پردازش و ذخیره می کنند. بنابراین تاخیر گره های مه در لبه شبکه بطور محلی ها را در سرویس

های بلادرنگ به حداقل می رسانند [۱۴]. تاخیر در ارائه سرویس برای سیستمی بر اساس مدل مه به میزان قابل توجهی نسبت به سیستم براساس مدل ابر کاهش می یابد.

جدول ۱ مقایسه بین ویژگی های محیط محاسباتی مه و محیط محاسباتی ابر را نشان می دهد. مواردی از جمله میزان تاخیر، زمان پاسخ در تقاضاهای بلادرنگ، تعداد سرویس دهنده ها، بار کاری، ارتباطات، پهنای باند، قابلیت های محاسباتی و ذخیره سازی و میزان مصرف انرژی پارامترهای مقایسه شده در این جدول هستند که از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند [۱۵].

#### ۴- برنامه های کاربردی

برنامه های کاربردی متفاوتی برای محیط محاسباتی مه ارائه شده است که می توان از یک منظر آنها را به دو گروه اصلی تقسیم بندی نمود. در این دسته بندی برنامه های کاربردی به دو دسته بلادرنگ<sup>۳۳</sup> و نسبتاً بلادرنگ تقسیم بندی می شوند. شکل ۴.

برنامه های کاربردی بلادرنگ تاخیر کمی دارند و در یک بازه زمانی از پیش تعیین شده اجرا می شوند. برخی از کاربردهای محاسبات مه در ادامه آورده شده است [۱۶].

<sup>33</sup>Real time



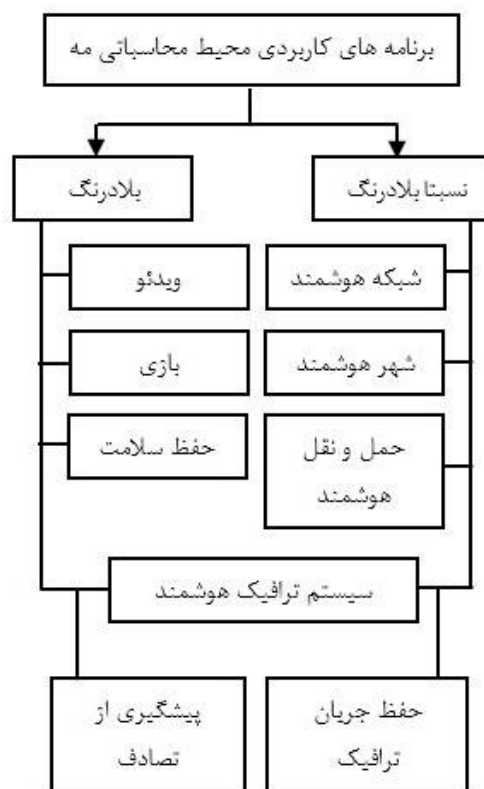
کنندگان بازی های ابری اخیرا کلیه بازی های اینترنتی را به شکل سرویس های ابری ارائه می کنند. عدم وجود تاخیر در محیط محاسباتی مه آن را به گزینه مناسبی برای توسعه بازی های آنلاین با توجه به پهنای باند و کاهش تاخیر و افزایش کیفیت سرویس تبدیل کرده است.

حفظ سلامت<sup>۳۴</sup>: برنامه های کاربردی اینترنت اشیا زیرساخت های مناسبی را برای اجرای خدمات حفظ سلامتی از جمله سیستم های پایش و انتقال داده بیمار به دستگاههای مه بصورت بلادرنگ پیش از ارسال اطلاعات به ابر برای تحلیل بیشتر و تشخیص های پزشکی ارائه می کنند.[۱۷].

سیستم های کنترل ترافیک هوشمند<sup>۳۵</sup>: این سیستم ها به شکل محلی توسط تعدادی از حسگرها جهت شناسایی حضور خودرو، موتورسیکلت، دوچرخه یا عابر پیاده با تخمین سرعت و فاصله وسایط نقلیه عمل می کنند. این اطلاعات می توانند در پیشگیری از تصادفات توسط ارسال سریع سیگنالهای هشدار به وسایط نقلیه ای که به چهارراه نزدیک می شوند. همچنین استفاده از دوربین های هوشمند جهت دریافت داده مرتبط با حضور آمبولانس و تغییر خودکار چراغ راهنمایی و تغییر جهت ترافیک به منظور راه یافتن سریعتر آمبولانس [۱۸].

• کاربردهای نسبتا بلادرنگ<sup>۳۶</sup>:

شبکه هوشمند<sup>۳۷</sup>: یک شبکه هوشمند با استفاده از فناوری های دیجیتال انرژی را از تولیدکنندگان به مصرف کنندگان به شکل هوشمند منتقل می کند تا با



(شکل-۴): دسته بندی برنامه های کاربردی در محاسبات مه

• کاربردهای بلادرنگ:

ویدئو: انتقال داده های ویدئویی در محیط محاسباتی مه به علت قابلیت های محاسبات مه در آگاهی از مکان، تاخیر کم، قابلیت تحرک و تحلیل بلادرنگ کارایی بالاتری را ارائه می دهد. برنامه های کاربردی نظارت که نیازمند یک سیستم سلسله مراتبی چند سطحی برای شناسایی با دوربین های هوشمند، تشخیص چهره و تشخیص هویت از این جمله اند.

بازی: پیدایش محاسبات ابری یک پلتفرم مناسب برای بازی های کامپیوتری فراهم کرد که کاربران بتوانند بدون نگرانی از نیازمندی های سخت افزاری، برنامه های بازی کامپیوتری را اجرا کنند. فراهم

<sup>36</sup>Near Real Time

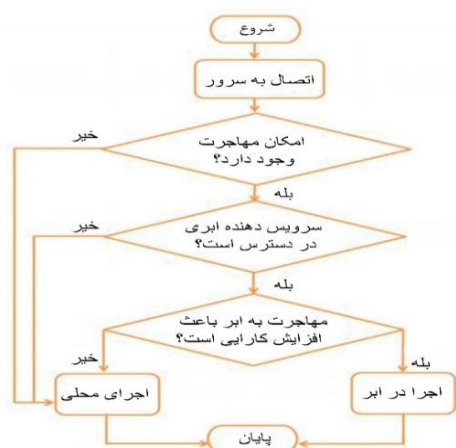
<sup>37</sup>Smart Grid

<sup>34</sup>Healthcare

<sup>35</sup>Smart Traffic System



همچنین برای انتخاب بهترین و مناسب ترین گره در لایه مه و انتخاب کارهایی که باید از گره های موجود در لایه محاسباتی مه به سرویس دهنده های ابری موجود در لایه ابری منتقل شوند روش هایی از جمله مهاجرت با کمترین میزان مصرف انرژی ارائه شده است [۲۱]. تخصیص منابع با تمرکز بر کاهش هزینه ها یکی از اهداف روش های ارائه شده در مدل های سه لایه محاسباتی مه است. یکی از روش ها شامل الگوریتم تخصیص منابع با استفاده از الگوریتم بهینه سازی است. یکی از روش های ارائه شده با استفاده از الگوریتم کلونی زنبور عسل روش تخصیص منابع را در لایه محاسباتی مه بیان می کند [۲۲]. مهاجرت کارها توام با بهینه سازی در کاهش انرژی، تاخیر و هزینه انتقال بطور همزمان با استفاده از توابع بهینه سازی چند هدفه یکی از راهکارهای ارائه شده در زمینه تخصیص منابع و کارها در این مدل محاسباتی مه می باشد [۲۳]. شکل ۵ جریان تصمیم گیری برای مهاجرت را به طور خلاصه نشان می دهد.



شکل-۵): فلوچارت تصمیم گیری برای مهاجرت

کنترل وسایل مصرف کننده انرژی، میزان مصرف را کاهش دهد. این شبکه هوشمند بعنوان راه حلی برای کنترل مصرف، مساله گرمایش جهانی و کاهش هزینه ها توسعه یافته است. این شبکه با نظارت بر چگونگی مصرف انرژی توسط حسگرها و انتقال داده و پردازش آنها بر کاهش مصرف انرژی متمرکز شده است.

شهر هوشمند<sup>۳۸</sup>: شامل برنامه های کاربردی کلیدی اینترنت اشیا است که شامل مدیریت شهری از مدیریت ترافیک هوشمند تا مدیریت انرژی ساختمان ها می باشد. شهر هوشمند نیازمند یک محیط محاسباتی توزیع شده جهت پشتیبانی از حجم عظیم داده های در حال انتقال در شبکه و خدمات هوشمند با تاخیر کم و مصرف انرژی کم می باشد [۱۹].

حمل و نقل هوشمند<sup>۳۹</sup>: با ظهور محاسبات ابری، فناوری هایی از جمله سیستم حمل و نقل هوشمند که در حال نظارت محیط و پردازش داده و انتقال نتایج به مراکز داده هستند توسعه یافتند. حمل و نقل هوشمند شامل ارتباطات داخلی و خارجی از جمله وسیله نقلیه- وسیله نقلیه (V2V<sup>۴۰</sup>)، وسیله نقلیه - حسگر (V2S<sup>۴۱</sup>)، وسیله نقلیه - زیرساخت جاده (V2R<sup>۴۲</sup>) و وسیله نقلیه - اینترنت (V2I<sup>۴۳</sup>) مانند برنامه های کاربردی راهیابی که رانندگی را در جاده ها تسهیل می کنند می باشد [۲۰].

## ۵- مهاجرت

در زمینه مهاجرت کارها<sup>۴۴</sup> در مدل محاسباتی مه روش ها و تکنیکهای متفاوتی ارائه شده است.

<sup>42</sup>Vehicle-to-Road infrastructure

<sup>43</sup>Vehicle-to-Internet

<sup>44</sup>Tasks

<sup>38</sup>Smart city

<sup>39</sup>Smart Vehicles

<sup>40</sup>Vehicle-to-Vehicle

<sup>41</sup>Vehicle-to-Sensor



- [2] Saharan, K. P., and Anuj Kumar. "Fog in comparison to cloud: A survey." *International Journal of Computer Applications* 122, no. 3 (2015).
- [3] Wan, Jiafu, Baotong Chen, Shiyong Wang, Min Xia, Di Li, and Chengliang Liu. "Fog computing for energy-aware load balancing and scheduling in smart factory." *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 14, no. 10 (2018): 4548-4556.
- [4] Hussain, Syed Asad, Mehwish Fatima, Atif Saeed, Imran Raza, and Raja Khurram Shahzad. "Multilevel classification of security concerns in cloud computing." *Applied Computing and Informatics* 13, no. 1 (2017): 57-65.
- [5] Li, Yuqing, Shichuan Wang, Xin Hong, and Yongzhi Li. "Multi-objective Task Scheduling Optimization in Cloud Computing based on Genetic Algorithm and Differential Evolution Algorithm." In *2018 37th Chinese Control Conference (CCC)*, pp. 4489-4494. IEEE, 2018.
- [6] Yousefpour, Ashkan, Caleb Fung, Tam Nguyen, Krishna Kadiyala, Fatemeh Jalali, Amirreza Niakanlahiji, Jian Kong, and Jason P. Jue. "All one needs to know about fog computing and related edge computing paradigms: A complete survey." *Journal of Systems Architecture* (2019).

## ۶- نتیجه‌گیری و پژوهش‌های آتی

با افزایش دستگاه‌های اینترنت اشیا، محاسبات متداول نیازمند تغییر است. با اینکه محاسبات توزیع شده سال‌هاست که ارائه شده است اما قادر به فراهم‌سازی همه خدمات مورد نیاز کاربران نمی‌باشد بنابراین به پشتیبانی از سرویس‌دهنده‌های ابری برای توسعه منابع مجازی نیاز است. برنامه‌های کاربردی بسیاری از اینترنت اشیا با استفاده از محاسبات ابری اجرا می‌شوند. با این حال ابر به تنهایی نمی‌تواند نیازمندی‌های برنامه‌های کاربردی بلادرنگ با خدمات آگاه‌مکان را فراهم‌سازد. نیازمندی‌های متعددی از جمله توزیع جغرافیایی گسترده دستگاه‌های نهایی، قابلیت تحرک، پشتیبانی از تعداد بسیار زیاد گره، دسترسی بی‌سیم، ناهمگنی دستگاه‌ها و ... وجود دارد. بنابراین پردازش و ذخیره‌سازی در نزدیک دستگاه‌های نهایی به منظور فراهم‌سازی کیفیت ارائه خدمات مورد نیاز است و این آغاز شکل‌گیری مفهوم محیط محاسباتی مه است. در این مقاله مفاهیم محیط محاسباتی مه، معماری، مزایا، برنامه‌های کاربردی و مهاجرت به ابر مورد بررسی قرار گرفته است. تصمیم‌گیری برای مهاجرت یکی از چالش‌های پیش‌رو در تحقیقات آتی است.

## ۷- مراجع

- [1] Baccarelli, Enzo, Paola G. Vinueza Naranjo, Michele Scarpiniti, Mohammad Shojafar, and Jemal H. Abawajy. "Fog of everything: Energy-efficient networked computing architectures, research challenges, and a case study." *IEEE access* 5 (2017): 9882-9910.



- fog computing in the internet of things (IoT)." *Internet of Things* 1 (2018): 14-26.
- [14] Du, Jianbo, Liqiang Zhao, Jie Feng, and Xiaoli Chu. "Computation offloading and resource allocation in mixed fog/cloud computing systems with min-max fairness guarantee." *IEEE Transactions on Communications* 66, no. 4 (2018): 1594-1608.
- [15] Oma, Ryuji, Shigenari Nakamura, Tomoya Enokido, and Makoto Takizawa. "An energy-efficient model of fog and device nodes in IoT." In *2018 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, pp. 301-306. IEEE, 2018.
- [16] Datta, Parul, and Bhisham Sharma. "A survey on IoT architectures, protocols, security and smart city based applications." In *2017 8th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, pp. 1-5. IEEE, 2017.
- [17] Rahmani, Amir M., Tuan Nguyen Gia, Behailu Negash, Arman Anzanpour, Iman Azimi, Mingzhe Jiang, and Pasi Liljeberg. "Exploiting smart e-Health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things: A fog computing approach." *Future Generation Computer Systems* 78 (2018): 14-26.
- [7] Marston, Sean, Zhi Li, Subhajyoti Bandyopadhyay, Juheng Zhang, and Anand Ghalsasi. "Cloud computing—The business perspective." *Decision support systems* 51, no. 1 (2011): 176-189.
- [8] SLAVKOVIKJ, Marija. "DOCTEUR DE L'UNIVERSIT E DU LUXEMBOURG EN INFORMATIQUE." PhD diss., University of Amsterdam, 1979.
- [9] Walters, Mallory E., Ramak Esfandi, and Apollinaire Tsopmo. "Potential of food hydrolyzed proteins and peptides to chelate iron or calcium and enhance their absorption." *Foods* 7, no. 10 (2018): 172.
- [10] Mahmud, Redowan, Ramamohanarao Kotagiri, and Rajkumar Buyya. "Fog computing: A taxonomy, survey and future directions." In *Internet of everything*, pp. 103-130. Springer, Singapore, 2018. [11] S. B. Nath, H. Gupta, S. Chakraborty, and S. K. Ghosh, "A Survey of Fog Computing and Communication : Current Researches and Future Directions," no. i, pp. 1-47.
- [12] Montenbruck, Oliver, Eberhard Gill, and Fh Lutze. "Satellite orbits: models, methods, and applications." *Appl. Mech. Rev.* 55, no. 2 (2002): B27-B28.
- [13] Oma, Ryuji, Shigenari Nakamura, Dilawaer Duolikun, Tomoya Enokido, and Makoto Takizawa. "An energy-efficient model for



[23] Liu, Liqing, Zheng Chang, Xijuan Guo, Shiwen Mao, and Tapani Ristaniemi. "Multiobjective optimization for computation offloading in fog computing." *IEEE Internet of Things Journal* 5, no. 1 (2017): 283-294.



فاطمه آروانه مدرک کارشناسی خود را در رشته ریاضی در سال ۱۳۸۶ از دانشگاه بوعلی سینا، مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار در سال

۱۳۹۴ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب اخذ کرده است و در حال حاضر در مقطع دکترا در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک در حال تحصیل می باشد. زمینه های پژوهشی: محاسبات مه، محاسبات ابری، اینترنت اشیا



فرانه زرافشان فارغ التحصیل ممتاز مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد به ترتیب در رشته های مهندسی کامپیوتر گرایش سخت افزار و مهندسی کامپیوتر گرایش معماری

کامپیوتر از دانشگاه آزاد اسلامی اراک و فارغ التحصیل مقطع دکتری رشته مهندسی سیستم های کامپیوتری از دانشگاه UPM است. ایشان در حال حاضر استادیار تمام وقت گروه مهندسی فناوری اطلاعات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان و عضو هیأت مدیره شرکت دانش بنیان تحلیل پردازش ارقام هوشمند می باشد. وی استاد راهنما و مشاور بیش از ۴۰ پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد و دکترا و استاد داور پایان نامه های ارشد در دانشگاه های مختلف بوده است. علاقه مندی های پژوهشی ایشان عبارتند از اینترنت اشیا سیستم های توزیع شده و امنیت بحرانی، شبکه های موردی و بی سیم و امنیت شبکه.

(2018): 641-658.

[18] Liu, Jian, Jiangtao Li, Lei Zhang, Feifei Dai, Yuanfei Zhang, Xinyu Meng, and Jian Shen. "Secure intelligent traffic light control using fog computing." *Future Generation Computer Systems* 78 (2018): 817-824.

[19] Perera, Charith, Yongrui Qin, Julio C. Estrella, Stephan Reiff-Marganiec, and Athanasios V. Vasilakos. "Fog computing for sustainable smart cities: A survey." *ACM Computing Surveys (CSUR)* 50, no. 3 (2017): 32.

[20] Bonomi, Flavio, Rodolfo Milito, Jiang Zhu, and Sateesh Addepalli. "Fog computing and its role in the internet of things." In *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing*, pp. 13-16. ACM, 2012.

[21] Rocha Filho, Geraldo Pereira, Leandro Yukio Mano, Alan Demetrius Baria Valejo, Leandro Aparecido Villas, and Jo Ueyama. "A low-cost smart home automation to enhance decision-making based on fog computing and computational intelligence." *IEEE Latin America Transactions* 16, no. 1 (2018): 186-191.

[22] Zhu, Qiliang, Baojiang Si, Feifan Yang, and You Ma. "Task offloading decision in fog computing system." *China Communications* 14, no. 11 (2017): 59-68.