فصل اول

**کلیات تحقیق**

**اهداف فصل:**

* توصیف محیط محاسبات لبه و مه
* معرفی چالش‌های مهم در محاسبات لبه و مه
* معرفی مسئله زمانبندی در محاسبات لبه و مه محور و اهمیت آن
* معرفی ساختار پایان‌نامه

پژوهش پیشنهادی در پنج مرحله اجرا می شود. در فاز اول، بیان مسئله، مفاهیم محاسبات ابری، اینترنت اشیا و ساختار مه و لبه در آن مورد بررسی قرار گرفته در ادامه مسئله زمانبندی در این ساختارها به عنوان چالش مطالعه می شود. در بخش دوم از پژوهش، به بررسی و ارزیابی مفاهیم مربوط به زمانبندی در محیط مه و لبه، الگوها و راهکارهای ارائه شده توسط محققان در این زمینه پرداخته می شود و در ادامه مزایا و معایب هریک از رویکردهای بررسی شده توصف می شود. در فصل سوم، روش پیشنهادی توصیف شده و ساختار آن به صورت کلی مورد ارزیابی قرار می­گیرد. در در فصل چهارم، شبیه سازی و ارزیابی روش پیشنهادی اجرا شده و نتایج به دست آمده از شبیه سازی، با رویکردهای موجود در این زمینه مقایسه می شود. و در نهایت در فصل پنجم جمع بندی رویکرد درنظر گرفته انجام و پیشنهاداتی برای ادامه و بهبود تحقیق و فرایند تخصیص منابع و زمانبندی جهت آیندگان ارائه می شود.

# 2-1) بیان مسئله

در چند سال گذشته شاهد رشد سریع صنعت اینترنت اشیا [[1]](#footnote-1) بوده ایم که امکان اتصال مردم به اشیا و ساختارهای هوشمند فیزیکی را فراهم کرده

رایانش ابری این امکان را تسهیل می کند. با این حال، سرورها در ساختار رایانش ابری معمولاً در فاصله فیزیکی طولانی از دستگاه های اینترنت اشیا قرار دارند

و تأخیر زیاد ناشی از فواصل طولانی نمی تواند به طور مؤثر نیازهای مربوط به برنامه های اینترنت اشیا با نیازهای پردازش آنی را برآورده کند[1]

محاسبات لبه و مه به عنوان یک ساختار محاسباتی محبوب در زمینه اینترنت اشیا پدیدار شده اند.

ساختاری که از منابع لبه برای برنامه های کاربردی اینترنت اشیا به صورت پردازش بلادرنگ استفاده می کند، به عنوان محاسبات لبه در نظر گرفته شده

ساختاری که از لبه استفاده می کند و هر زمان که لازم باشد نیز از منابع ابری استفاده کند، به عنوان محاسبات مه در نظر گرفته شده است.

برنامه ها باید توسط بهترین سرور پردازش شوند.

بار سیستم باید به طور ایده آل متعادل سازی و توزیع شود تا بر روی چندین واحد عملیاتی اجرا شود[1].

این امر زمان پاسخ، عملکرد کلی سیستم و توان عملیاتی را بهبود می بخشد

بهبود سطح توازن بار سرورها و در عین حال کاهش زمان پاسخ به یک مسئله مهم اما چالش برانگیز برای زمان بندی برنامه های اینترنت اشیا در سرورها در محیط های محاسبه لبه / مه تبدیل شده است[3].

بنابراین، زمان بندی وظایف نقش بسیار مهمی دارد.

وظایف در محیط مه به دو دسته، داده فشرده یا محاسبات فشرده طبقه بندی می شوند.

در طول زمان بندی، از منابع محاسباتی با کارایی بالا برای محاسبات فشرده و برای انتقال داده ها از منابع با کارایی پایین استفاده می شود که منجر به کاهش زمان اجرای کار می شود

محققان از ساختارهایی با عنوان یادگیری ماشین و یادگیری عمیق به منظور حل مسئله زمانبندی در محیط لبه و مه استفاده کرده اند، در یادگیری عمیق، عامل به طور مداوم با محیط در تعامل است و تعداد زیادی از مسیرهای تجربی را ثبت می کند

ایجاد تعادل بین سادگی پیاده سازی، پیچیدگی نمونه و عملکرد راه حل، به یک چالش تحقیقاتی کلیدی در استفاده از یادگیری عمیق در محیط های محاسباتی لبه و مه در موقعیت های پیچیده است

# 3-1) اهمیت و ضرورت تحقیق

. ابر به مدلی شایسته برای اجرای برنامه های کاربردی کاربر تبدیل شده است در پردازش برنامه ها در مرکز داده ابری به دلیل موقعیت جغرافیایی دور از کاربران باعث تأخیر است است برای برنامه هایی با زمان پاسخ دهی سخت گیرانه، مانند مراقبت های بهداشتی هوشمند غیرقابل قبول می باشد.

. محاسبات مه یک معماری متشکل از تعدادی دستگاه در مجاورت منابع تولید داده، مانند گوشی های هوشمند ارائه می دهد. از این رو، داده های تولید شده را می توان در دستگاه های مه به موقع پردازش کرد[8], [9].

معماری کلی محاسبات مه را می توان به سه لایه تقسیم کرد. اولین لایه، لایه دستگاه های IoT است

زمان بندی چالش اصلی در محاسبات مه است که ضرورت های خاص خود در این ساختارها را دارد،

# 1-3-1) اهمیت تحقیق

به طور کلی مشکلات زمان بندی نیز به پنج دسته اصلی زمان بندی کار، زمان بندی منابع، تخصیص منابع، زمان بندی تخصیص کار، و زمان بندی گردش کار تقسیم شده اند.

به طور کلی، اهمیت به کارگیری ساختارهای زمانبندی منابع در محیط لبه و مه را می توان از زوایای متفاوت مانند کاهش تأخیر، بهبود مصرف انرژی، هزینه استقرار، بهبود دقت و پردازش چند هدفه بررسی کرد

به حداقل رساندن تأخیر یکی از اهداف اصلی در طول زمانبندی منابع است

دومین هدف متداول در هنگام زمانبندی منابع، به حداقل رساندن مصرف انرژی است

# 2-3-1) ضرورت تحقیق

مزایای زمانبندی در محیط لبه و ابر بسیار زیاد است، زیرا این رویکردها امکان افزایش کیفیت سرویس در برنامه ها را فراهم می کنند و در عین حال عمر باتری دستگاه های پایانی را افزایش می دهند.

# 4-1) جنبه نوآوری پژوهش

منابع محاسباتی محدود سرورهای لبه و مه . برای غلبه بر این چالش ها، در این پژوهش یک رویکرد زمانبندی بهینه مبتنی بر یادگیری عمیق با استفاده از شبکه عصبی LSTM پیشنهاد می شود تا زمان پاسخ را به طور سازگار و کارآمد بهینه کند.

در این پژوهش از یک رویکرد پیش پردازش و حذف افزونگی اطلاعات مبتنی بر مدل پیرسون به منظور مدیریت منابع با استفاده از پارامترهای کیفیت سرویس ارائه می شود.

به منظور زمانبندی وظایف، یک مدل مبتنی بر شبکه عصبی LSTM در محیط های محاسباتی لبه / مه پیشنهاد می شود تا سطح تعادل بار سرورها را بهبود بخشد و زمان پاسخ برنامه را به حداقل برساند.

فصل دوم

**پیشینه پژوهش**

**اهداف فصل:**

* توصیف ادبیات پژوهش
* توصیف راهکارهای موجود و پیشینه پژوهش
* مقایسه روش‌های موجود

# 1-2) مقدمه

این فصل جهت آشنایی بیشتر با روش های ایجاد تعادل بار تنظیم شده است.

در ابتدا روش های موجود مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرند. سپس، مزایا و معایب نمونه هایی از آن ها بررسی شده و با یکدیگر مقایسه می شوند.

# 1-2-2) فرایندهای زمانبندی در محاسبات مه

از آنجایی که گره های مه در نزدیکی لایه دستگاه قرار می گیرند، درخواست های دارای الزامات تأخیر بالا را می توان در لایه مه پردازش کرد و سایر درخواست ها را می توان به ابر ارسال کرد.

لایه مه، درخواست ها را فیلتر، تجزیه و تحلیل و پیش پردازش می کند. اگر منابع کافی در دسترس داشته باشد و بتواند وظیفه ای را اجرا کند، کار در لایه مه برنامه ریزی می شود.

در غیر این صورت، اگر منابع کافی برای اجرای کار وجود نداشته باشد، به لایه ابری ارسال می شود.

اگر هیچ یک از آنها (یعنی لبه و مه) نتوانند در زمان مشخص شده پاسخ دهند، کار رد می شود.

لایه مه ممکن است به طور همگن یا ناهمگن سازماندهی شود[14].

در ساختار همگن، منابع مه دارای قابلیت های پردازش، ذخیره سازی و پهنای باند یکسانی هستند، اما در حالت ناهمگن، منابع دارای قابلیت های متفاوتی هستند و زمان بندی وظایف از پیچیدگی بیشتری برخوردار است

هدف محاسبات مه کاهش تأخیر شبکه با ارائه منابع مورد نیاز در لبه شبکه نزدیک به دستگاه های پایانی است،

منابع مه محدود هستند و نمی توانند حجم عظیمی از داده های تولید شده را به صورت محلی پردازش کنند.

زمانبندی در محیط لبه و مه به معنی انتخاب بهترین منبع برای یک وظیفه است

به طور کلی در الگوریتم های زمانبندی لیستی از وظایف وجود دارد که به ترتیب اولویت برای همه ی وظایف ساخته شده است . وظایف بر اساس اولویت انتخاب می شوند و به منابع تخصیص داده می شوند

روش های مختلفی برای مشکل زمانبندی در سیستم های لبه و مه

* **الگوریتم های زمانبدی ایستا و پویا:** در زمان بندهای ایستا اطلاعات لازم در مورد همه منابع در لحظه ی زمانبندی موجود است به همین دلیل زمان اجرا را می توان تخمین زد، در مقابل آن در زمان بندهای پویا ایده اصلی تخصیص وظایف در زمان اجرا می باشد.
* **الگوریتم های زمانبندی سراسری و محلی** : در زمانبندی محلی در مورد تخصیص فرایندها به یک پردازنده ولی در زمانبندی سراسری تخصیص فرایندها به چندین پردازنده تصمیم گیری می شود.
* **الگوریتم های توزیع شده و متمرکز**: در زمانبندی توزیع شده، مدیر مرکزی وجود ندارد که مسئول اجرای ، ولی در زمان بندیهای متمرکز یک کنترل مرکزی برای تخصیص تمامی وظایف وجود دارد.
* **الگوریتم های زمانبندی تقریبی و اکتشافی** : الگوریتم های تقریبی راه حل هایی شبه بهینه ارائه می دهند ولی الگوریتم های اکتشافی سعی در پیدا کردن جوابی نزدیک به جواب بهینه را دارد.
* **الگوریتم های زمانبندی همکار و غیر همکار:** الگوریتم های زمانبندی همکار با اجزای توزیع شده سروکار دارند و در ارتباط هستند و در زمان بندیهای غیر همکار هر پردازنده مستقل از سایر پردازنده ها است

# 3-2) پیشینه پژوهش

# 1-3-2) زمان‌بندی کار در سیستم محاسباتی لبه و مه

وظایف در ابتدا جمع آوری می شوند و سپس برخی از آنها به دلیل ظرفیت محدود دستگاه های محاسباتی مه به پلتفرم های ابری مناسب تخلیه می شوند

# 2-3-2) زمان‌بندی وظایف در سیستم‌های محاسباتی مه ابری

برخی برنامه ها دارای مهلت های پردازشی مرتبط هستند و اعتبار خروجی آنها به زمانی که در دسترس می شوند بستگی دارد. اگر یک برنامه بلادرنگ نتواند ضرب الاجل خود را برآورده کند، دیگر ارزشی ندارد

زمانبند مسئول نگاشت وظایف یک برنامه کاربردی بر روی منابع موجود است تا بتوان به اهداف دست یافت.

# 3-3-2) زمان‌بندی وظایف چند هدفه در محاسبات ابری و مه با استفاده از رویکرد برنامه نویسی هدف

رویکرد محاسبات مه نقش واسطه ای را در اتصال دستگاه های اینترنت اشیا به مرکز ابر ایفا می

دستگاه های اینترنت اشیا در یک شبکه محلی به گره های مه متصل می

دستگاه های اینترنت اشیا اغلب قدرت پردازش ضعیفی دارند و می توانند از قدرت پردازش گره های مه استفاده کنند،

# 4-2) مقایسه روش‌های موجود

رویکردهایی در زمینه بهبود فرایند زمانبندی مورد بررسی قرار گرفتند و نقاط قوت و ضعف آنها ارائه شده.

در جدول (2-1) مقایسه کلی از رویکردهای بررسی شده ارائه می شود

که در اینجا دو مدل با مدل پیشنهادی مقایسه می شود

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **مؤلف** | **روش پیشنهادی** | **سرعت** | **تأخیر** | **مصرف انرژی** | **کیفیت سرویس** | **طول عمر شبکه** |
| **وانگ و همکارانش[2]** | یک الگوریتم زمانبندی مبتنی بر یادگیری تقویتی را پیشنهاد کردند که تا زمان پاسخ‌دهی برنامه های ناهمگن اینترنت اشیا را به‌طور سازگار و کارآمد بهینه کند و بار سرورهای لبه / مه را متعادل کند. | بالا | پایین | متوسط | پایین | متوسط |
| **هوسین و همکارانش[21]** | یک تکنیک زمان‌بندی کار به نام زمان‌بندی وظایف اولویت‌دار آگاه از منابع را در یک محیط محاسباتی مه ناهمگن پیشنهاد کردند. | متوسط | بالا | پایین | متوسط | متوسط |

جدول 2- 1) جدول مقایسه روش‌های موجود

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **مؤلف** | **روش پیشنهادی** | **سرعت** | **تأخیر** | **مصرف انرژی** | **کیفیت سرویس** | **طول عمر شبکه** |
| گروه تحقیقاتی جیان و همکارانش[28] | ارائه روش کاملاً جدید برای مسئله جای‌گذاری سرویس که می‌تواند زمان قرارگیری ماشین مجازی و مصرف انرژی را کاهش دهد. | متوسط | متوسط | بالا | بالا | پایین |
| گروه تحقیقاتی الشماری و همکارانش[7] | تحلیلی از آخرین تکنیک‌های زمان‌بندی منابع برای محیط‌های یکپارچه اینترنت اشیا و محاسبات مه ارائه کردند | پایین | پایین | بالا | بالا | پایین |
| گروه تحقیقاتی غفاری و همکارانش[10] | نسخه جدیدی از بهینه‌سازی خرگوش‌های مصنوعی به نام بهینه‌سازی خرگوش‌های مصنوعی آشوب‌زده مبتنی بر غیرخطی را پیشنهاد می‌کند و از بهینه‌سازی خرگوش برای زمان‌بندی کار در محیط محاسبات مه استفاده می‌کند | پایین | متوسط | بالا | پایین | متوسط |
| **وانگ و همکارانش[2]** | یک الگوریتم زمانبندی مبتنی بر یادگیری تقویتی را پیشنهاد کردند که تا زمان پاسخ‌دهی برنامه های ناهمگن اینترنت اشیا را به‌طور سازگار و کارآمد بهینه کند و بار سرورهای لبه / مه را متعادل کند. | بالا | پایین | متوسط | پایین | متوسط |
| **هوسین و همکارانش[21]** | یک تکنیک زمان‌بندی کار به نام زمان‌بندی وظایف اولویت‌دار آگاه از منابع را در یک محیط محاسباتی مه ناهمگن پیشنهاد کردند. | متوسط | بالا | پایین | متوسط | متوسط |
| گروه تحقیقاتی صراف زاده و همکارانش[29] | به حداقل رساندن تأخیر برنامه و استفاده از شبکه با پیشنهاد یک الگوریتم قرار دادن سرویس مبتنی بر ژنتیک در محیط‌های ابر-مه | متوسط | پایین | بالا | بالا | پایین |
| گروه تحقیقاتی تقی زاده و همکارانش[30] | برای بهبود در دسترس بودن داده ها و کاهش تأخیر و هزینه دسترسی به داده، از فراابتکاری NSGA-II برای تخصیص داده ها در بهترین گره مه نزدیک کاربر استفاده کردند. | بالا | بالا | پایین | بالا | متوسط |
| گروه تحقیقاتی آرانی و همکارانش[31] | ارائه یک راه حل کارآمد تخصیص خدمات اینترنت اشیا با الهام از استفاده از الگوی محاسباتی خودمختار برای استقرار برنامه های اینترنت اشیا در زیرساخت مه مجازی | بالا | پایین | متوسط | متوسط | بالا |
| گروه تحقیقاتی سالیمان و همکارانش[32] | ارائه یک چارچوب محاسباتی مفهومی مستقل مبتنی بر میان‌افزار کنترل مه-ابر برای مدیریت بهینه مه و منابع ابر | متوسط | پایین | پایین | بالا | متوسط |
| گروه تحقیقاتی تکیه بند و همکاران [33] | بررسی مشکل ارائه خدمات پویا را برای ارائه خدمات کاربردی IoT بر روی زیرساخت مه ناهمگن و پویا | بالا | پایین | متوسط | بالا | بالا |
| گروه تحقیقاتی آرانی و همکارانش [31] | ارائه یک راه‌حل کارآمد قرار دادن سرویس اینترنت اشیا را بر اساس روش‌شناسی خودمختار برای استقرار برنامه های اینترنت اشیا در زیرساخت مه | متوسط | بالا | پایین | متوسط | متوسط |
| گروه تحقیقاتی دجامی و همکارانش[34] | بررسی قرارگیری خدمات اینترنت اشیا در معماری Fog | متوسط | متوسط | بالا | بالا | پایین |
| گروه تحقیقاتی خسروآبادی و همکارانش[36] | پیشنهاد یک الگوریتم اکتشافی را برای حل SPP که به‌صورت خوشه‌بندی دستگاه های مه و خدمات حساس به نیاز ابتدا (SCATTER) نام‌گذاری شده‌است. | بالا | بالا | پایین | بالا | متوسط |
| گروه تحقیقاتی جونگ هاو و همکارانش[37] | ارائه موضوع جای‌گذاری سرویس مه متمرکز شده و روندهای تحقیقاتی اخیر در این موضوع | بالا | پایین | متوسط | متوسط | بالا |
| گروه تحقیقاتی ایوبی و همکارانش[38] | ارائه یک روش مستقل استقرار سرویس اینترنت اشیا شامل چهار مرحله نظارت، تجزیه و تحلیل، تصمیم گیری و اجرا | متوسط | پایین | پایین | بالا | متوسط |
| گروه تحقیقاتی کریما و همکارانش[35] | پیشنهاد یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح برای قرار دادن سرویس با هدف کاهش تأخیر برنامه های کاربردی محبوب | بالا | پایین | متوسط | بالا | بالا |
| گروه تحقیقاتی هالوا و همکارانش[1] | جای‌گذاری سرویس بلادرنگ در چارچوب محاسباتی مه برای کاربردهای اینترنت اشیا: رویکرد مبتنی بر منطق فازی | پایین | پایین | پایین | بالا | بالا |
| گروه تحقیقاتی حسینی و همکارانش[22] | زمان بندی وظایف برای محاسبات مه داوطلبانه به نام‌های Min-CCV و Min-V | پایین | متوسط | متوسط | متوسط | متوسط |
| گروه تحقیقاتی صراف زاده و همکارانش[29] | به حداقل رساندن تأخیر برنامه و استفاده از شبکه با پیشنهاد یک الگوریتم قرار دادن سرویس مبتنی بر ژنتیک در محیط‌های مه | متوسط | بالا | متوسط | متوسط | بالا |
| گروه تحقیقاتی رینو و همکارانش[3] | ارائه الگوریتم جای‌گذاری سرویس جدید در محاسبات مه به نام برای بهینه‌سازی تابع چند هدفه | متوسط | بالا | متوسط | متوسط | بالا |
| گروه تحقیقاتی لاخان و همکارانش[23] | ارائه یک چارچوب الگوریتم جای‌گذاری سرویس کارآمد با در نظر گرفتن پارامترهای انرژی، بر اساس شبکه‌های عصبی عمیق | بالا | متوسط | متوسط | بالا | متوسط |
| گروه تحقیقاتی لیجز و همکارانش[4] | ارائه یک رویکرد جای‌گذاری سرویس را در محیط‌های مه- با در نظر گرفتن مسئله مصرف انرژی در زمان تکمیل برنامه | بالا | متوسط | بالا | متوسط | بالا |
| گروه تحقیقاتی معماری و همکارانش [11] | یک الگوریتم جای‌گذاری سرویس آگاه از تأخیر مبتنی بر تطبیق ماشین مجازی با استفاده از رویکردهای فراابتکاری | بالا | متوسط | بالا | متوسط | بالا |
| گروه تحقیقاتی رفعت و همکارانش[12] | ارائه یک راه‌حل جای‌گذاری سرویس به‌منظور برآورده کردن حداکثر تعداد درخواست‌ها با توجه به الزامات مهلت زمانی آنها | بالا | بالا | متوسط | بالا | متوسط |

3) فصل سوم

**راهکار پیشنهادی**

**اهداف فصل:**

* توصیف رهیافت و روش پژوهش
* ارائه طرح کلی و مدل مفهومی پژوهش
* ارائه مدل پیشنهادی پژوهش

# 3-3) مدل مفهومی پژوهش

می توان از پارامترهای کیفیت سرویس مختلفی از قبیل پهنای باند، نرخ گذردهی، نرخ خطای بیتی، قابلیت اطمینان، قابلیت اعتماد، هزینه و موارد مشابه دیگر برای بهینه سازی انتخاب منابع استفاده کرد، ولی استفاده از پارامترهای بیشتر، ­می­تواند منجر به افزایش پیچیدگی محاسباتی و در نتیجه افت کارایی کلی شبکه شود.

با توجه به این که در این روش از پارامترهای کیفیت سرویس چندگانه استفاده می شود. نیاز به نرمال سازی این پارامترها و همچنین حذف افزونگی اطلاعات وجود دارد.

برای نرمال سازی از فرایند نرمال­سازی استاندارد استفاده شده و به منظور حذف افزونگی از مدل پیرسون استفاده می شود.

در شکل زیر ساختار راهکار پیشنهادی شرح داده شده است.

شکل 3- 1) مدل مفهومی رویکرد پیشنهادی

# 1-4-3) پارامترهای کیفیت سرویس

در این بخش از پژوهش، پارامترهای کیفیت منابع پردازشی که به منظور اجرای فرایند تخلیه منابع مورد استفاده قرار می­گیرند، توصیف خواهند شد در این پژوهش، از پارامترهای کیفیت سرویس، نرخ خطای بیتی منابع پردازشی، قابلیت اطمینان، پهنای باند مصرفی و سرعت پردازشی منابع استفاده می شود که در ادامه هریک از این پارامترها توصیف می شوند.

**پهنای­باند**: پهنای باند برابر نرخ انتقال داده در واحد زمان توسط یک اتصال شبکه است. واحد اندازه­گیری این پارامتر بیت بر ثانیه در نظر گرفته می شود.

* در یک شبکه کامپیوتر، حداکثر پهنای باند از رابطه 3-1 به دست می آید[34]:

|  |  |
| --- | --- |
| (3-1) |  |

که در این رابطه، RWINپنجره دریافت TCPو RTT زمان رفت و برگشت[[2]](#footnote-2) در منبع پردازشی است.

**قابلیت اطمینان**: تحمل خطا شامل شناسایی خطاها و خرابی ها در منبع پردازشی و بازیابی خرابی ها برای ادامه ارسال داده ها است.

قابلیت اطمینان در ساختار ابر و مه این امکان را دارد که در آن منبع پردازشی برای مدت معینی در شرایط موجود و از پیش تعیین شده به صورت سالم و بدون نقص فعالیت کند.

تابع قابلیت اطمینان R(t) نشان دهنده احتمال عملکرد بهینه منبع پردازشی در بازه (0, T) است.

قابلیت اطمینان یک منبع پردازشی R برابر با احتمال این است که این منبع در زمان معین و در شرایط خاص ویژگی های مورد نیاز را داشته باشد و در غیر این صورت، عدم اطمینان F برابر است با احتمال اینکه موجودیت مورد نظر نتواند ویژگی های خواسته شده را در بازه زمانی معین تحت شرایط کاری به دست آورد.

در هر لحظه مجموع قابلیت اطمینان و عدم اطمینان برابر با یک خواهد بود. این مسئله را می­توان با استفاده از رابطه 3-2 بیان نمود [38].

|  |  |
| --- | --- |
| (3-2) |  |

**نرخ پردازشی منابع:** . سرعت پردازنده یک منبع یکی از مهمترین عناصری است که باید در هنگام مقایسه منابع پردازشی در نظر گرفت.

**نرخ گذردهی:** نرخ گذردهی برابر متوسط نرخ تحویل موفق پیام در یک کانال ارتباطی است. معمولاً به وسیله [بیت](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%DB%8C%D8%AA_(%D8%B1%D8%A7%DB%8C%D8%A7%D9%86%D9%87)) بر ثانیه ، [اندازه گیری](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%86%D8%AF%D8%A7%D8%B2%D9%87%E2%80%8C%DA%AF%DB%8C%D8%B1%DB%8C) می شود

**فاصله ارتباطی اشیا:** تابع فاصله اقلیدسی برای محاسبه فاصله بین دو گره در یک شبکه استفاده شد. با استفاده از فاصله اقلیدسی، کوتاه ترین فاصله بین دو نقطه بر اساس رابطه فیثاغورث محاسبه می شود.

* فاصله اقلیدسی بین این دو نقطه را می توان با استفاده از رابطه 3-5 محاسبه کرد[28].

|  |  |
| --- | --- |
| *(3-5)* |  |

*که در آن شروط زیر برقرار هستند:*

* *فاصله اقلیدسی باید نامنفی باشد زیرا از مجموع مربعات تفاضل ها ساخته شده است.*
* *وجود رابطه انعکاسی برای فاصله اقلیدسی: برای دو نقطه با مقدار مولفه های یکسان، فاصله اقلیدسی برابر با صفر خواهد بود. در نتیجه دو نقطه بر هم منطبق هستند.*

# 2-4-3) پیش پردازش اطلاعات

جهت تصمیم گیری بر اساس پارامترهای کیفیت سرویس ابتدا باید داده های مختلف ارائه شده همبسته سازی شوند تا بتوان داده های مفید را در قالب یک مدل کلی مشخص نموده و داده های زائد که نقشی در تصمیم گیری ندارند را حذف نمود.

برای تعیین ضریب همبستگی داده ها از آزمون همبستگی پیرسون[[3]](#footnote-3) استفاده خواهد شد

نتایج به دست آمده از این آزمون به عنوان پارامترهای ورودی برای تعیین منابع بهینه استفاده می شوند.

ضریب همبستگی شدت رابطه و همچنین نوع رابطه (مستقیم یا معکوس) را نشان می دهد. این ضریب بین ۱ تا ۱- است و در عدم وجود رابطه بین دو متغیر، برابر صفر است.

درحالت کلی ضریب همبستگی پیرسون بین دو متغیر تصادفی برابر با [کوواریانس](https://fa.wikipedia.org/wiki/%DA%A9%D9%88%D9%88%D8%A7%D8%B1%DB%8C%D8%A7%D9%86%D8%B3) آن ها تقسیم بر [انحراف معیار](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%86%D8%AD%D8%B1%D8%A7%D9%81_%D9%85%D8%B9%DB%8C%D8%A7%D8%B1) آن ها است.

برای یک جامعه آماری، ضریب همبستگی جامعه به صورت رابطه (3-6) قابل تعریف خواهد بود[35].

|  |  |
| --- | --- |
| (6-3) |  |

که در این رابطه cov، نشان دهنده کوواریانس است و نشان دهنده انحراف معیار متغیر X است و نشان دهنده انحراف معیار متغیر Y است. نشان دهنده میانگین متغیر X است و نشان دهند میانگین متغیر Y است. نهایت E نشان دهنده امید به ریاضی است. در حالت کلی ضریب همبستگی پیرسون برای یک نمونه آماری با n زوج داده به صورت با استفاده از رابطه (3-7) تعریف می شود[35].

|  |  |
| --- | --- |
| (7-3) |  |

رابطه بالا را می توان به صورت خلاصه تر با استفاده از رابطه (3-8) بیان نمود[35].

|  |  |
| --- | --- |
| (8-3) |  |

که در آن هر یک از مقادیر،،و به ترتیب با استفاده از روابط (3-9)، (3-10)، (3-11) و (3-12) تعریف می شوند[35].

|  |  |
| --- | --- |
| (9-3) |  |
| (10-3) |  |
| (11-3) |  |
| (12-3) |  |

بعد از تعیین معنی داری و جهت رابطه، باید شدت رابطه ارزیابی شود.

از این تقسیم بندی ها به منظور همبسته سازی داده ها و حذف داده های غیرمفید استفاده می شود

تقسیم بندی ارائه شده در جدول 3-1 نمونه­ای از این تقسیم­بندی است[35].

**جدول 3- 1) شیوه تفسیر شدت رابطه در همبستگی پیرسون**

|  |  |
| --- | --- |
| شدّت رابطه | تفسیر |
| 8/. تا 1 | **رابطه بسیار قوی** |
| 6/. تا 8/. | **رابطه قوی** |
| 4/. تا 6/. | **رابطه متوسط** |
| 2/. تا 4/. | **رابطه کم (یا ضعیف)** |
| صفر تا 2/. | **فقدان رابطه یا رابطه ناچیز** |

# 3-4-3) نرمال‌سازی اطلاعات

نرمال سازی داده ها روشی برای یکنواخت کردن بازه مقادیر مربوط به متغیرهای مختلف پژوهش است و به بی مقیاس سازی داده ها نیز معروف است.

در این پژوهش به منظور بی مقیاس کردن پارامترهای کیفیت سرویس از روش نرمال سازی استفاده می شود.

در این روش کافی است هر عدد در یک مجموعه بر مجموع عناصر آن مجموعه تقسیم شود. در این صورت جمع کل عناصر پس از نرمال سازی یک خواهد بود. در رابطه 3-13 فرایند نرمال سازی اطلاعات به منظور بی مقیاس کردن داده ها ارائه شده است.

|  |  |
| --- | --- |
| (13-3) |  |

*که در این رابطه نشان دهنده پارامتر کیفیت سرویس i ام برای گره jام و نشان دهنده مجموع مقادیر پارامترهای کیفیت سرویس برای گره j ام است هست.*

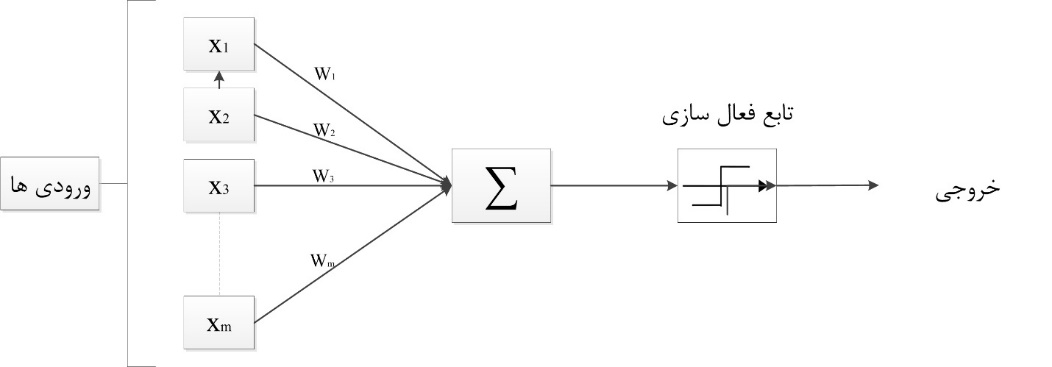
# 4-4-3) شبکه عصبی LSTM

شبکه عصبی یک سامانه پردازشی داده است که از مغز انسان الهام گرفته و پردازش داده ها را بر عهده پردازنده های کوچک و بسیار زیادی سپرده که به صورت به هم پیوسته و موازی با یکدیگر رفتار می کنند تا یک مسئله را حل نمایند

شبكه عصبي مصنوعي با استفاده از مدل ساده شده عصب واقعي به پردازش اطلاعات می پردازد.

ورودی ها در وزن هايي ضرب می شوند تا قدرت سيگنال را تعيين كنند. و يك عملگر رياضي، تصميم­گيري می کند كه آيا نورون فعال شود يا خير و اگر جواب مثبت باشد، ميزان خروجي را مشخص می سازد.

، می توان مدل ساده­اي براي توصيف يك نورون پيشنهاد كرد. اين مدل در شكل 3-3 نشان داده شده است.



**شکل 3- 2) مدل آموزش در شبکه عصبی**

ورودی ها که همان مقادیر هستند.

به هر ورودی یک وزن اختصاص داده می شود. این وزن ها در واقع اهمیت ورودی ها را تعیین می کنند

تمامی ورودی ها با هم جمع شده

در مرحله بعد تابع فعال سازی[[4]](#footnote-4) بر روی داده ها اعمال می شود. تابع فعال سازی در واقع نسبت به نیاز مسئله و نوع شبکه عصبی تعریف می شود. این تابع شامل یک فرمول ریاضی برای به روزرسانی وزن ها در شبکه است که می توان با استفاده از رابطه 3-14 بیان نمود.

|  |  |
| --- | --- |
| (3-14) |  |

که در آن پارامتر تنظیم کننده در ساختار شبکه اینترنت اشیا مبتنی بر مدیریت ساختار مصنوعی است

پس از انجام محاسبات در این مرحله اطلاعات از طریق سیناپس های خروجی وارد نورون دیگر می شوند و این مرحله تا جایی ادامه پیدا می کند که شبکه اصطلاحاً آموزش کامل ببیند.

وزن های گره های می توانند مثبت يا منفي باشند.

الگوریتم ها سعي در نزدیک کردن خروجي تولید شده توسط شبكه به خروجي ایده آل و مورد انتظار دارند.

LSTM ها دارای اتصالات بازخوردی هستند این ویژگی LSTM ها را قادر می­سازد تا اطلاعات مفیدی در مورد داده های قبلی در توالی برای کمک به پردازش نقاط داده جدید حفظ کنند.

در نتیجه، LSTM ها به ویژه در پردازش توالی داده ها مانند متن، گفتار و سری های زمانی عمومی خوب هستند.

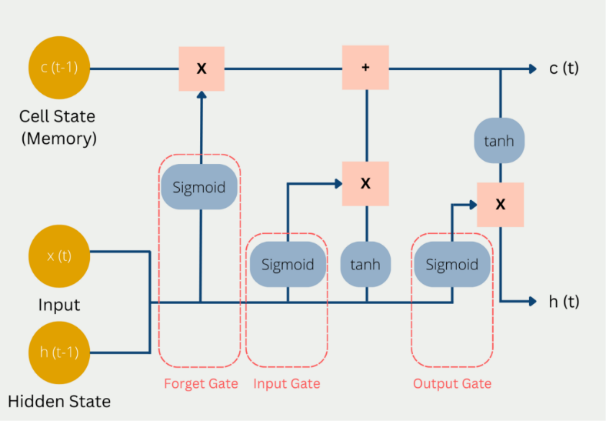
خروجی یک LSTM در یک نقطه زمانی خاص به سه چیز وابسته است:

* حافظه بلند مدت فعلی شبکه - که به صورت وضعیت سلولی شناخته می شود
* خروجی در نقطه قبلی در زمان - به صورت حالت پنهان قبلی شناخته می شود
* داده های ورودی در مرحله زمانی فعلی

LSTM ها از یک سری "دروازه" استفاده می کنند که نحوه ورود، ذخیره و خروج اطلاعات در یک دنباله داده از شبکه را کنترل می کند. سه دروازه در یک LSTM معمولی وجود دارد. گیت فراموشی، گیت ورودی و گیت خروجی. این گیت ها را می توان فیلتر در نظر گرفت

مشکل شبکه های عصبی بازگشتی این است که آنها به سادگی داده های قبلی را که در "حافظه کوتاه مدت" خود ذخیره می کنند در هنگامی که حافظه موجود در آن تمام شد، به سادگی طولانی ترین اطلاعات حفظ شده را حذف می کند و آن را با داده های جدید جایگزین می کند. مدل LSTM سعی می کند با حفظ اطلاعات انتخاب شده در حافظه بلندمدت این مشکل را رفع می­کند.

ساختار اولویت بندی مبتنی بر رویکرد پیشنهادی در شکل 3-3 نشان داده شده است:



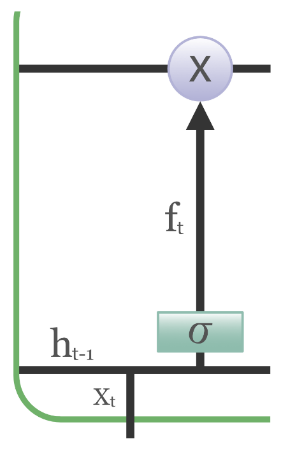
**شکل 3- 3) معماری اولویت‌بندی پارامترهای کیفیت سرویس مبتنی بر شبکه عصبی LSTM**

در راهکار پیشنهادی، به منظور طبقه­بندی توصیه­ها به کاربران سه پارامتر ، و در مسیر خود از گیت­هایی عبور می کنند:

در گیت فراموشی[[5]](#footnote-5)، تصمیم گرفته می شود که کدام اطلاعات فعلی و قبلی در مورد پارامترهای کیفیت سرویس برای هر توصیه نگهداری شود

این مقادیر به یک تابع سیگموئید[[6]](#footnote-6) منتقل می شوند که فقط می تواند مقادیر بین 0 و 1 را خروجی دهد. مقدار 0 به این معنی است که اطلاعات قبلی را می توان فراموش کرد؛ زیرا احتمالاً اطلاعات جدید و مهم تری وجود دارد. عدد 1 به این معنی است که اطلاعات قبلی حفظ می شود.

* ساختار گیت فراموشی باتوجه به شکل 4-3 قابل توصیف است:



**شکل 3- 4) ساختار گیت فراموشی مبتنی بر شبکه عصبی LSTM**

نتایج حاصل از این در حالت سلولی فعلی ضرب می شود، بنابراین دانشی که دیگر موردنیاز نیست فراموش می شود، زیرا در 0 ضرب می شود و در نتیجه حذف می شود. رابطه مربوط به گیت فراموشی بر اساس رابطه 3-15 قابل توصیف است:

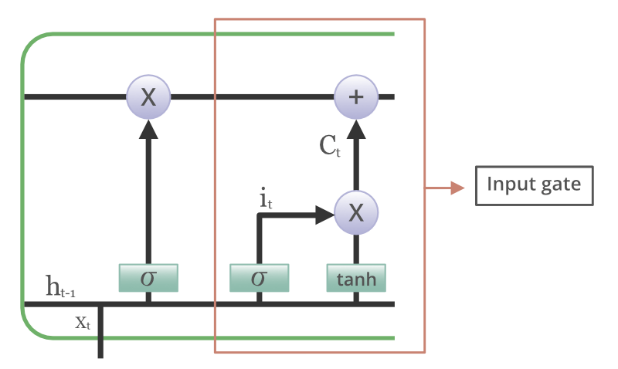
|  |  |
| --- | --- |
| (3-15) |  |

جایی که در آن:

* نشان دهنده ماتریس وزن مرتبط با دروازه فراموشی است.
* نشان دهنده پیوستگی ورودی فعلی و حالت پنهان قبلی است.
* سوگیری با گیت فراموشی است.
* σ تابع فعال سازی سیگموئید است

در گیت ورودی[[7]](#footnote-7)، تصمیم گرفته می شود که ورودی فعلی چقدر برای حل کار ارزشمند است. برای این، ورودی فعلی در حالت پنهان و ماتریس وزن آخرین اجرا ضرب می شود.

* سپس تمام اطلاعاتی که در ورودی مهم به نظر می رسند به حالت سلول اضافه می شوند و حالت سلولی جدید را تشکیل می دهند. این وضعیت سلولی جدید اکنون وضعیت فعلی حافظه بلند مدت است و در اجرای بعدی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. همچنین، افزودن اطلاعات مفید به حالت سلول توسط گیت ورودی انجام می شود. ساختار گیت ورودی در شکل 3-5 نشان داده شده است:



**شکل 3- 5) ساختار گیت ورودی مبتنی بر شبکه عصبی ­LSTM**

در این گیت، ابتدا، اطلاعات با استفاده از تابع sigmoid تنظیم می شود و مقادیری که باید به خاطر سپرده شوند، مشابه دروازه فراموشی با استفاده از ورودی های و فیلتر می شوند. سپس، یک بردار با استفاده از تابع tanh ایجاد می شود که خروجی از 1- تا 1+ می دهد، که شامل تمام مقادیر ممکن از و است. در نهایت، مقادیر بردار و مقادیر تنظیم شده برای به دست آوردن اطلاعات مفید ضرب می شوند. معادله گیت ورودی بر اساس رابطه3-16 قابل توصیف است:

|  |  |
| --- | --- |
| (3-16) | = tanh ()  = ⊙ C)t-1) + ⊙ |

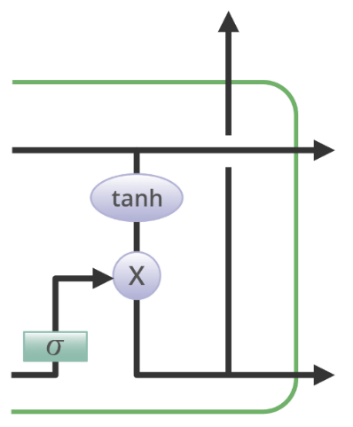
جایی که در آن:

* ⊙ نشان دهنده ضرب عنصر است
* tanh تابع فعال سازی tanh است

گیت خروجی[[8]](#footnote-8)، خروجی مدل LSTM در حالت پنهان محاسبه می شود. بسته به کاربرد، می تواند؛ مثلاً کلمه ای باشد که معنای جمله را تکمیل کند. برای انجام این کار، تابع سیگموئید تصمیم می گیرد که چه اطلاعاتی می تواند وارد گیت خروجی شود

همچنین وظیفه استخراج اطلاعات مفید از وضعیت سلول فعلی برای ارائه به عنوان خروجی توسط گیت خروجی انجام می شود.

ابتدا یک بردار با اعمال تابع tanh بر روی سلول تولید می شود. سپس، اطلاعات با استفاده از تابع sigmoid و فیلتر توسط مقادیری که باید با استفاده از ورودی های و به خاطر سپرده شوند، تنظیم می شوند. ساختار گیت خروجی در شکل 6-3 نشان داده شده است.



**شکل 3- 6) ساختار گیت خروجی مبتنی بر شبکه عصبی ­LSTM**

در نهایت، مقادیر بردار و مقادیر تنظیم شده ضرب می شوند تا به عنوان خروجی و ورودی به سلول بعدی ارسال شوند. معادله گیت خروجی به صورت رابطه 3-17است:

|  |  |
| --- | --- |
| (3-17) | = σ() |

در نهایت وقتی به روزرسانی ها در حافظه بلند مدت شبکه کامل شده است، می توان به مرحله نهایی که نشان دهنده تصمیم گیری در مورد وضعیت پنهان جدید است حرکت کرد. برای تصمیم گیری در این مورد، از سه مؤلفه استفاده می شود. وضعیت سلولی که به تازگی به روز شده است، وضعیت پنهان قبلی و داده های ورودی جدید.

# 5-3) زمانبندی وظایف با استفاده از روش پیشنهادی

حال با نرمال سازی و تعیین همبستگی مقادیر پارامترهای کیفیت سرویس هر یک از منابع، از مدل شبکه عصبی LSTM به منظور طبقه بندی منابع برای حل مسئله استفاده می شود.

با توجه به اینکه هر یک از پارامترهای کیفیت بیان شده، دارای واحدهای مختلفی بوده و نمی توان آن ها را با یکدیگر مقایسه کرد، باید از یک روش نرمال سازی برای نرمال نمودن مقادیر و قابل مقایسه کردن پارامترها استفاده شود.

نهایت یک ماتریس m در n به منظور ارزیابی هریک از منابع به دست می آید. این ماتریس شامل یک ترتیب نزولی از منابع مناسب (بر اساس پارامترهای کیفیت سرویس) برای تخلیه بار در شبکه است

گزینش، منبعی با پارامترهای کیفیت سرویس مناسب، که دارای قابلیت اطمینان، نرخ خطای بیتی و نرخ گذردهی بالا و فاصله بین گره های کمتری هستند، می تواند منجر به ایجاد تعادل بار در شبکه شده و کارایی را افزایش دهد.

روش پیشنهادی با کاهش ترافیک در شبکه نرخ تحویل موفق بسته را افزایش داده و تأخیر را به صورت چشمگیری کاهش می­دهد.

بعد از اتمام هر دور از تخصیص وظایف در شبکه، مقادیر هر یک از پارامترهای بیان شده برای منابع به­روزرسانی شده و مراحل فوق برای دور بعدی زمانبندی وظایف تکرار می شوند.

# 6-3) فلوچارت روش پیشنهادی

به‌طور کلی فلوچارت روش پیشنهادی در شکل 3-7 نشان داده‌شده‌است.



شکل 3- 7) فلوچارت رویکرد پیشنهادی

# 7-3) الگوریتم نهایی

در این بخش از پژوهش، الگوریتم نهایی رویکرد پیشنهادی به صورت گام به گام شرح داده شده و در ادامه فلوچارت روش پیشنهادی بیان می شود.

گام اول) شروع

گام دوم) تعیین جمعیت اولیه منابع پردازشی

گام سوم) مقدار دهی اولیه پارامترهای کیفیت سرویس برای منابع موجود

گام چهارم) ارزیابی پارامترهای کیفیت سرویس برای هریک از درخواست­ها و منابع به منظور بارگذاری وظایف

گام پنجم) نرمال سازی پارامترهای کیفیت سرویس به منظور یکسان کردن مقیاس داده ها

گام ششم) ورود داده ها در گیت فراموشی شبکه عصبی LSTM

گام هفتم) انتخاب داده های مورد نظر با استفاده از گیت فراموشی و انتقال آنها به گیت شبکه عصبی LSTM

گام هشتم) اجرای تابع سیگموئید به منظور طبقه بندی منابع پردازشی بر اساس ورودی های کیفیت سرویس

گام نهم) ارسال داده ها به گیت خروجی شبکه عصبی LSTM به منظور تعیین طبقه منابع پردازشی

گام دهم) اجرای فرایند زمانبندی و تخصیص منابع

گام یازدهم) به روز رسانی پارامترهای کیفیت سرویس پس از بارگذرای منابع پردازشی

گام دوازدهم) تکرار مراحل چهارم تا دهم تا پایان بارگذاری وظایف

گام سیزدهم) پایان

4) فصل چهارم

**ارزیابی نتایج**

**اهداف فصل:**

* توصیف نتایج شبیه سازی
* ارزیابی نتایج شبیه سازی
* مقایسه روش پیشنهادی با رویکردهای موجود

# 2-4) معرفی محیط شبیه سازی

. با این وجود، شبیه سازهای موجود اغلب به دلیل معماری یکپارچه، فقدان مجموعه داده واقعی و محدوده کوچک برای به روزرسانی دوره ای، از ویژگی های مدیریت خدمات پیشرفته پشتیبانی نمی‌کنند.

شبیه ساز IfogSim، که یک شبیه ساز پرکاربرد است و یک کتابخانه با زبان برنامه نویسی جاوا می باشد.

از جمله مزایای این شبیه ساز می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

* در نظر گرفتن تأثیرات زمان
* این شبیه ساز کاملاً منعطف و کاربردی است.
* تست سیاست های مورد نظر در یک محیط قابل کنترل و قابل تکرار.
* تنظیم گلوگاه های سیستم قبل از استقرار روی ابر واقعی.
* پیکربندی قراردادهای SLA و چک کردن میزان تخطی روش های مختلف از آن.
* ارزیابی سیاست‌هایی مانند بهینه سازی روی سرویس دهنده های مورد استفاده.

با استفاده از جعبه ابزار IfogSim، بسیاری از عملیات مربوط به محاسبات ابری و لبه را می‌توان، شبیه سازی کرد. برخی از کاربردهای مهم این ابزار به شرح زیر می باشند:

* مدل سازی و شبیه سازی مراکز داده
* شبیه سازی ماشین های مجازی مبتنی بر مه همراه با تخصیص سیاست های مختلف بر روی آن ها
* درج پویای عناصر شبیه سازی، متوقف کردن و راه اندازی مجدد یک شبیه سازی
* شبیه سازی و مدل سازی توپولوژی های شبکه ای استفاده شده در مراکز مدیریت داده
* مدل سازی محاسبات مه و لبه
* نمایش چگونگی ساخت یک فضای مه و لبه
* چگونگی ساخت یک فضای مه و لبه
* چگونگی ساخت و پیکربندی محیط های مه و لبه
* نمایش گردش کار در مراکز داده ها و اختصاص دادن ساختار لبه به ماشین های مجازی و....

، از میحط شبیه سازی IfogSim و ویرایش گر NetBeans با زبان برنامه نویسی مبتنی بر جاوا و ماشین مجازی جاوا JDK استفاده‌شده است. در این ارزیابی ها، از یک کامپیوتر با سیستم عامل ویندوز 10 شرکت مایکروسافت نسخه 64 بیتی با پردازنده اینتل 4 هسته‌ای و رم پردازشی 8 گیگابایتی استفاده شد.

در این پژوهش از مجموعه داده ای استفاده می شود که به صورت آنلاین در اختیار محققان قرار داده شده است. این مخزن مجموعه ای از مجموعه داده های EUA را که محققان از منابع داده های دنیای واقعی جمع آوری کرده و نگهداری می‌کنند. مجموعه داده ها به‌صورت عمومی منتشر شده است.

# 4-4) معیارهای عملکرد در فرایند شبیه سازی

برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی برای زمانبندی در محیط‌های محاسباتی لبه و مه مبتنی بر یادگیری عمیق با استفاده از شبکه عصبی حافظه طولانی کوتاه مدت برای بهینه سازی بار سیستم و زمان پاسخ، پارامترها و معیارهای زیر درنظر گرفته می شوند.

* **میانگین تأخیر زمان:** میانگین تأخیر زمان بیانگر زمان مورد نیاز برای انتقال داده در پردازنده است.
* **درجه تفاوت سرویس دهنده جهت انتقال داده**: این متریک عملکرد برای اندازه گیری تعادل سرویس تخصیص داده شده استفاده می شود. تعادل مصرف انرژی و توازن بار ارتباط نزدیکی با این متریک عملکرد دارد.
* **کیفیت سرویس و زمان بهینه:** ویژگی خوب متریک عملکرد QoS است. این مؤلفه به صورت تعدادی از داده های ارتباطی است که با موفقیت در مقصد در زمان ارتباط موردنیاز دریافت می شود.
* **توان**: میزان کارایی میزان تحویل پیام موفق از طریق کانال بی سیم ارتباطی، در محیط محاسباتی مه است.
* **زمان بارگیری از سرور (DLTS):** زمان بارگیری از سرور در شبیه سازی ها اندازه گیری می شود تا عملکرد تأخیر زمانی از سرور در چارچوب های مختلف محاسباتی را در محیط محاسباتی مه نشان دهد.

# 5-4) نتایج شبیه سازی

نتایج مربوط به ارزیابی های ارائه شده توسط روش پیشنهادی و رویکردهای پیشنهادی گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2] مورد بررسی قرار گرفته و در قالب نمودار مقایسه می شوند.

**اولین مورد ارزیابی شامل تأخیر متوسط**

مقادیر مربوط به تأخیر برای روش پیشنهادی و گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2] در شکل 4-1 نشان داده شده است. این شکل نشان می دهد که با افزایش مقدار داده های ارتباطی برای هر دو، میانگین تأخیر زمان افزایش می‌یابد.

اما افزایش تأخیر برای روش پیشنهادی نسبت به رویکرد گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2] سطح پایین تری دارد،

با توجه به اینکه روش پیشنهادی قبل از انجام محاسبات روی ساختار خود، از یک فرایند یادگیری عمیق به منظور پیش بینی سطح ترافیک و پرهیز از ایجاد ازدحام در سطح شبکه استفاده می کند، این ساختار موجب بهبود تعادل بار در شبکه شده و میانگین زمان انتظار در شبکه را کاهش می دهد.

در نتیجه میانگین تأخیر برای روش پیشنهادی نسبت به رویکرد گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2] سطح بهتری خواهد داشت.

**شکل 4- 1) مقایسه تأخیر میانگین روش پیشهادی و رویکرد گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2]**

**عملکرد سربار محاسباتی**

سربار محاسباتی وظایف به روش های مختلف و برای تعداد متفاوتی از گره ها و مراکز داده هایی که توسط ساختار مدل پیشنهادی ارزیابی می شوند، در شکل 4-2 ارائه شده است. به طور کلی، نرخ سربار محاسباتی از هر استراتژی با افزایش مهلت و تعداد مراکز داده افزایش می یابد. با توجه به ارزیابی ها می‌توان دو مسئله را در نظر گرفت، مورد اول ارسال و تحویل اطلاعات بدون در نظر گرفتن مهلت زمانی پردازنده ها و مورد دوم با در نظر گرفتن مهلت زمانی است،

بر اساس شکل 4-2 (الف) و بدون در نظر گرفتن مهلت زمانی برای پردازش، ساختار پیشنهادی، نرخ سربار محاسباتی کمتری در مقایسه با رویکرد گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2] دارد. با کاهش سربار محاسباتی، سرعت اجرای فرایند زمانبندی بهینه تر می شود.

با افزایش مهلت زمانی، این مقدار در روش پیشنهادی و رویکردهای مقایسه شده نیز سطح بالاتری به خود اختصاص داده و حجم پردازش‌های قابل اجرا در شبکه افزایش پیدا می‌کند.

**شکل 4- 2) مقایسه سربار محاسباتی روش پیشهادی و رویکرد گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2]**

با توجه به اینکه روش پیشنهادی از اطلاعات پالایش شده و پیش پردازش شده به منظور اجرای فرایند زمانبندی استفاده می‌کند، به نظر می‌رسد، در هر دو حالت استفاده از مهلت زمانی و عدم وجود مهلت زمانی، کارایی قابل توجهی نسبت به رویکرد گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2] با محاسبه مه و لبه کارایی بالاتری را نشان‌می دهد.

**تعادل بار**

تعادل بار در زمانبدی وظایف، یک متریک عملکرد برای شبکه بوده و شاخصی مفید برای ارزیابی کارایی است. این فرایند نشان می دهد که تعادل توزیع داده های دریافت شده از منبع تا چه اندازه موفق است. نتایج ارزیابی عملکرد تعادل بار برای روش پیشنهادی رویکرد مقایسه شده در شکل 4-3 نشان داده شده است.

**شکل 4- 3) مقایسه تعادل بار روش پیشهادی و رویکرد گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2]**

با توجه به اینکه روش پیشنهادی مؤثرترین منبع برای زمانبندی را انتخاب خواهد کرد، در نتیجه مقادیر مربوط به عملکرد نرخ تعادل بار به دلیل توزیع بهینه منابع به وظایف نیز برای روش پیشنهادی بهتر از رویکردهای مقایسه شده خواهد بود.

فرایند انتخاب منابع بهینه برای تخصیص درخواست در شبکه با فرایند یادگیری عمیق انجام شده و نتایج به صورت قابل توجهی بهبود پیدا می‌کنند. با بهبود تعادل بار، عملکرد کیفیت سرویس نیز نسبت به رویکرد مقایسه شده نیز بهبود پیدا می‌کند.

با بهبود تعادل بار، عملکرد کیفیت سرویس نیز نسبت به رویکرد مقایسه شده نیز بهبود پیدا می‌کند.

**انرژی مصرفی**

انرژی مصرفی در مقادیر داده های مختلف برای روش پیشنهادی و رویکرد مقایسه شده در شکل 4-4 ارائه شده است. نتایج ارزیابی نشان می دهد مصرف انرژی برای روش پیشنهادی نسبت به رویکرد مقایسه شده گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[21] سطح بهتری دارد ولی گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[2] نسبت به روش پیشنهادی سطح پایین تری دارد.

**شکل 4- 4) مقایسه انرژی مصرفی روش پیشنهادی و رویکرد گروه تحقیقاتی هوسین و همکارانش[21] و گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2]**

با توجه به اینکه روش پیشنهادی از ساختار ارزیابی منابع مبتنی بر یادگیری ماشین در داخل شبکه استفاده می‌کند، خروجی حاصل از این فرایند، یک ساختار بهینه شده از نظر ترافیک شبکه می‌باشد. همچنین با استفاده از محاسبات ابری، روش پیشنهادی سعی در ایجاد تعادل بار ترافیکی در شبکه داشته و موجب افزایش پهنای باند قابل استفاده در شبکه می‌گردد، این فرایند به نوبه خود تأثیر بسزایی در انرژی مصرفی سیستم دارد. بر اساس شکل 4-4 مشاهده می شود که انرژی مصرفی برای روش پیشنهادی در تمامی حجم داده‌ای ارزیابی‌شده، نسبت به رویکرد مقایسه شده گروه تحقیقاتی وانگ و همکارانش[2] سطح بهتری دارد.

1. IoT [↑](#footnote-ref-1)
2. Round-Trip Time [↑](#footnote-ref-2)
3. Pearson's Correlation Coefficient [↑](#footnote-ref-3)
4. Multi Layer Perceptron [↑](#footnote-ref-4)
5. Forget Gate [↑](#footnote-ref-5)
6. Sigmoid function [↑](#footnote-ref-6)
7. Input Gate [↑](#footnote-ref-7)
8. Output Gate [↑](#footnote-ref-8)