



**دانشگاه پیام نور تهران**

**واحد شهر ری**

**سمینار**

**عنوان:**

**رویکرد مبتنی بر مدل برای پردازش داده ها در بستر اينترنت اشياء IoT**

**استاد راهنما:**

**جناب آقای دکتر سید علی رضوی ابراهیمی**

**نگارش:**

**مجيد لطفي**

**پاييز 1400**

چکیده

پیشرفت‌های اخیر در زمینه‌های مختلف، از جمله فناوری‌های حسگر، شبکه و پردازش داده‌ها، باعث شده اند چشم‌انداز اینترنت اشیا (IoT) هر روز بیشتر و بیشتر به واقعیت تبدیل شود. در نتیجه این پیشرفت‌ها، اینترنت اشیا امروزی امکان توسعه برنامه‌های کاربردی پیچیده برای محیط‌های اینترنت اشیا، مانند شهرهای هوشمند، خانه‌های هوشمند یا کارخانه‌های هوشمند را فراهم می‌کند و باعث شده با توجه به تبادل مکرر داده‌ها آنها به شکل جریان‌های داده دربيايد.

با این حجم فزاینده داده ای که به طور مداوم پردازش می شود، چالش های متعددی چون جلوگيري از تداخل و آسيب در فرآيند هاي گذرا به وجود می آید كه نيازمند بررسي پردازش مبتنی بر جریان داده در محیط های IoT مي باشد و از سوي ديگر با شبكه توزيع شده ناهمگون مواجه هستيم متشكل از انواع سخت افزار ها و سنسور ها كه بايد بتوان اطلاعات آنها را پردازش كرد كه بهترين محيط براي پردازش، محيط ابري مي باشد.

اما با وجود حجم بالاي اطلاعات و پردازش هاي طولاني، نمي توان تمامي اطلاعات در فضاي ابري متمركز پردازش نمود و پيشنهاد مناسب انجام اين پردازش ها در محل نزديك توليد اطلاعات مي باشد (گره پردازشي) و ارائه مدل اجراي اين ساختار بصورت جريان داده و سيستم ناهمگن و توزيع شده، هدف اصلي اين پايان نامه دكتري مي باشد.

**کلمات کلیدی:** اينترنت اشياء ، داده ، جريان داده ، پردازش ابري ، سرویس‌دهنده ابري

فهرست مطالب

[عنوان](#_Toc413125201) صفحه

# **فصل اول**

**آشنايي و معرفي**

## **مقدمه**

پیشرفت‌های اخیر در زمینه‌های مختلف، از جمله فناوری‌های حسگر، شبکه و پردازش داده‌ها، چشم‌انداز اینترنت اشیا (IoT) را قادر ساخته است که هر روز بیشتر و بیشتر به واقعیت تبدیل شود و در نتیجه این پیشرفت‌ها، اين فناوري امکان توسعه برنامه‌های کاربردی پیچیده مانند شهرها ، خانه‌ها يا کارخانه‌های هوشمند را فراهم می‌کند.

در محيط IoT با توجه به اندازه‌گیری‌های مداوم حسگر و تبادل مکرر داده‌ها بین اشیاء ، داده‌های تولید شده به شکل جریان‌های داده درآمده اند و با این حجم فزاینده داده ای که به طور مداوم پردازش می شود، چالش های متعددی براي پردازش کارآمد داده های اینترنت اشیا وجود دارد. به عنوان مثال، چگونه می توان پردازش داده های اینترنت اشیا را بدون تأثیر بر واکنش پذیری برنامه های آن تحقق بخشید. علاوه بر این، چگونه می‌توان از طریق پردازش داده‌های IoT، نیازمندی‌های مختلف عملکردی، غیرعملکردی و تعریف‌شده توسط کاربر برنامه‌ها را برآورده کرد.

در این پایان نامه دکتری، یک رویکرد کلي جدید برای پردازش برنامه های کاربردی مبتنی بر جریان داده در محیط های IoT ارائه شده است كه تمرکز آن بر قرار دادن کارآمد اپراتورهای برنامه های کاربردی در محیط های ناهمگن، توزیع شده و پویا است.

این پایان نامه دکتری توسط مدل های اطلاعاتی مختلف و تکنیک های قرار دادن اپراتور پشتیبانی می شود، به طوری که کل چرخه حیات محیط های اینترنت اشیا و برنامه های مبتنی بر جریان داده را می توان به راحتی مدیریت کرد.

در این رویکرد، یکی از اهداف اصلی پردازش داده‌های اینترنت اشیا تا حد امکان نزدیک به منابع داده است، به طوری که زیرساخت‌های ابری تنها در مواردی استفاده می‌شوند که محیط‌های اینترنت اشیا منابع پردازش کافی را برای کاربرد اینترنت اشیا ارائه نمی‌دهند.

از طریق رویکرد این پایان نامه دکتری، پردازش داده های برنامه های کاربردی اینترنت اشیا را می توان برای موارد استفاده خاص، پشتیبانی از نیازهای خاص دامنه ها، و علاوه بر این، کاربران برنامه های اینترنت اشیا، تنظیم کرد. پس از تعیین مکان‌های امکان‌پذیر، اپراتورهای پردازش با استفاده از استانداردهایی مانند TOSCA بر روی اشیاء IoT مربوطه مستقر می‌شوند و برنامه اینترنت اشیا آماده و اجرا می‌شود. در نهایت، محیط اینترنت اشیا به‌منظور شناسایی و واکنش به اختلالات مؤثر بر پردازش داده‌های برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا مستقر شده، به‌طور مداوم نظارت می‌شود.

رویکرد این پایان‌نامه دکترا توسط پلتفرم چند منظوره Binding and Provisioning (MBP) كه یک پلت‌فرم منبع باز اینترنت اشیا، مي باشد پشتیبانی می‌شود.

### 1-1 تعريف مسئله و سؤال

چنانچه در مقدمه بيان شد موضوع تبادل اطلاعات در محيط IoT نيازمند جريان داده و محيط ابري مي باشد و پردازش جريان داده نيز چالش خاص را داشته و نيازمند سيستم هاي توزيع شده مي باشد كه ما در اينجا با توجه به تنوع دستگاه ها، با يك سيستم ناهمگن روبرو هستيم. در اين نوع سيستم ها با توجه به حجم بالاي اطلاعات بهترين راهكار براي پردازش اطلاعات، قراردادن پردازش در اپراتورهاي پردازش (گره هاي پردازشي) نزديك به محل ايجاد اطلاعات و ارسال پردازش نهايي به سيستم ابري است. لذا سؤالاتی كه تا پايان اين تحقيق پاسخ داده می‌شود را این‌گونه بيان می‌کنیم.

1. چگونه بايد پردازش مناسب براي انواع جريان داده را تشخيص داد؟
2. چگونه مي توان اپراتورهاي پردازش جريان داده را در محيط هاي ناهمگن و پويا اجرا كرد؟
3. چگونه مي توان مدل مناسب را طراحي، اجرا و كارائي اين مدل را تضمين كرد؟

### 1-2 ضرورت تحقيق

ما در اينترنت اشياء با تنوع اشياء و داده هاي آنها مواجه هستيم كه در يك جريان داده در حال اجرا بوده و هر دستگاه و شيء در اين شبكه نيازمند پردازش هايي مي باشد كه بايد پردازش داده ها به موقع و کارآمد باشد . اين موضوع نيازمند بررسي تمام جوانب و ايجاد مدل مناسب مي باشد كه بتواند الزامات IoT را پشتيباني كرده و مدلي مناسب و آسان براي کاربران باشد.

### 1-3 اهداف

با توجه به موضوعات مطرح شده در مقدمه و ضروريات تحقيق مي توان اين اهداف را براي اين پايان نامه متصور بود:

الف) پردازش به موقع و کارآمد داده ها در محیط های اینترنت اشیاء.

ب) مدل سازی مناسب و آسان براي کاربران در محیط های اینترنت اشیاء.

ج) مدل‌سازی پردازش جریان داده و تشخيص اختلالات که الزامات اینترنت اشیا را پشتیبانی کند.

د) قرار دادن كارآمد اپراتورهای پردازش بر اساس نیازها در محیط های پويا و ناهمگن اینترنت اشیاء.

ايجاد چنين مدل هايي با دو روش خودكار و دستي امكان پذير بوده كه در اين پايان نامه به روش دستي كه در آن خود تحليل گر با توجه به الزامات و ساختار IoT تصميم مي گيرد پردازش ها و نوع ارتباط داده ها به چه صورت باشد.

### 1-4 جمع‌بندی

اینترنت اشیاء به زبان ساده، ارتباط حسگرها و دستگاه‌ها با شبکه‌‌ای است که از طریق آن می‌توانند با یکدیگر و با کاربرانشان تعامل کنند. هر كدام از اين دستگاها يا اشياء داراي داده هايي مي باشند كه مداوم و آنلاين در حال ساخت مي باشد كه خود باعث ايجاد يك جريان داده مي شود. در اين محيط از يك سو جريان داده و از سوي ديگر پردازش اين داده ها را داريم لذا بايد بدانيم اين ساختار را چگونه و با چه مدلي اجرا نماييم.

این مدل بايد منابع داده، سینک های داده، اپراتورهای پردازش و جریان داده را در میان آنها توصیف کند و علاوه بر این، الزامات اپراتورهای پردازش برای اشیاء IoT را شرح دهد.

# **فصل دوم**

**پيشينه و سابقه**

## 2-1 اينترنت اشياء

اصطلاح اینترنت اشیا (IoT) برای اولین بار در اواخر دهه 90 ظاهر شد، با ایده اشتون که به رایانه ها اجازه می دهد همه چیز را در مورد چیزها بدانند، اين ایده ابتداعا تقویت رایانه‌هایی با فناوری‌های شناسایی فرکانس رادیویی (RFID) و حسگر برای جمع‌آوری اطلاعات، مشاهده و شناسایی یک محیط بدون نیاز به کمک انسانی بود. به این ترتیب، امکان ردیابی و نظارت بر موارد به منظور کاهش هزینه ها و علاوه بر آن، اطلاع از زمان نیاز به تعمیر یا تعویض وجود دارد. ورمسان و همکاران اینترنت اشیا را به عنوان الگویی تعریف می کند که در آن چیزهای مختلفی وجود دارد.

در این محیط ، این اشياء به صورت بی سیم یا سیمی متصل می شوند، به طور منحصر به فرد قابل شناسایی هستند و می توانند برای رسیدن به اهداف مشترک با یکدیگر همکاری کنند. برای امکان پذیر ساختن این پارادایم، اینترنت اشیا از چندین فناوری توانمند منشأ گرفته از زمینه های تحقیقاتی مختلف، مانند ارتباطات ماشین به ماشین، RFID، شبکه های حسگر بی سیم (WSN)، داده های معنایی، رایانش ابری، و خدمات بهره می برد.

امروزه، بسیاری از برنامه‌های کاربردی برای اینترنت اشیا در حوزه‌های مختلفی مانند مراقبت‌های بهداشتی نظارت بر محیط زیست، یا کارخانه‌های هوشمند و حتي شهر هاي هوشمند توسعه یافته‌اند.

## 2-2 پردازش جريان داده و داده پيچيده

الزامات برنامه های کاربردی اینترنت اشیا نمی توانند با به کارگیری سیستم های مدیریت پایگاه داده سنتی (DBMS) كه با استفاده از فرآیندهای استخراج-تبدیل بار (ETL)، که نیاز به ذخیره و فهرست بندی داده ها برای پردازش دارند، برآورده شوند. بنابر اين یکی از نیازهای مهم برنامه های اینترنت اشیا، توانایی پردازش جریان‌های داده‌ای چندگانه، پیوسته، سریع و متغیر مي باشد که اين موضوع برنامه های اینترنت اشیا را قادر می سازد مقیاس پذیر، پویا و واکنش پذیر باشند.

پردازش جریان داده، که تکاملی از پردازش داده در DBMS است، پرس‌وجوهای پیوسته را بر روی جریان‌های داده ورودی اجرا می‌کند و سیستم های مدیریت جریان داده (DSMS) بر روی داده های گذرا کار میکنند، یعنی داده هایی که به طور مداوم به روز می شوند.

علاوه بر این، پرس و جوها در DBMS ها یک بار اجرا می شوند و پاسخ های کامل را برمی گردانند، در حالی که DSMS ها پرس و جوها را به طور مداوم اجرا می کنند و پس از رسیدن داده های جدید، پاسخ های به روز ارائه می دهند.

به طور معمول، DSMS جریان‌های داده را از طریق دنباله‌ای از تبدیل‌های مبتنی بر عملگرهای SQL، مانند انتخاب، تجمیع، یا پیوستن، که توسط جبر رابطه‌ای تعریف می‌شود، پردازش می‌کند. از سوی دیگر، پردازش رویدادهای پیچیده (CEP) شامل مجموعه‌ای از اصول و تکنیک‌ها برای تجزیه و تحلیل مجموعه‌هایی از رویدادها است که تا حدی بر اساس زمان با رسیدن این رویدادها مرتب شده‌اند. یعنی CEP ابزاری را برای پردازش مجموعه ای از رویدادهای مرتبط به هم به صورت پیوسته و به موقع فراهم می کند.

رویدادها معمولاً برای پردازش در الگوها ارائه می‌شوند، با این حال، می‌توانند با رویدادهای نامرتبط دیگر مخلوط شوند. ویژگی مهم CEP توانایی تشخیص الگوها (به عنوان مثال، روابط) بین رویدادها است به عنوان مثال، موقعیت‌هایي مانند خرابی ماشین. تصمیم گیری که کدام رویکرد پردازش باید استفاده شود. از سوی دیگر، اگر برنامه نیاز به تجزیه و تحلیل مجموعه ای از رویدادهای نامرتب داشته باشد، CEP باید اعمال شود.

## 2-3 مشكل قراردادن اپراتورها

پردازش جریان های داده می تواند از طریق یک سيستم متمرکز انجام شود یا می توان آن را بین گره های پردازشی مختلف برای اجرا توزیع کرد. با این حال، پردازش توزیع شده علاوه بر پردازش به موقع، چالش دیگری را نیز به همراه دارد که آن مشکل قرار دادن اپراتور مي باشد.

هدف این مشکل یافتن یک مکان بهینه از کل پرس و جوهای پیوسته یا اپراتورهای منفرد در مجموعه ای از گره های پردازشی مختلف است که در سراسر یک شبکه توزیع شده اند. مکان بهینه معمولاً بر اساس توابع هزینه تعریف شده توسط سیستم یا تعریف شده توسط کاربر محاسبه می شود، که هدف آن ارائه، برای مثال، عملکرد بالاتر یا توزیع بار بهتر است.

## 2-4 تكنولوژي TOSCA

فناوري رایانش ابری اخیراً برای میزبانی و ارائه خدمات از طریق اینترنت پدید آمده و به طور فزاینده ای همراه با پارادایم اینترنت اشیا به کار گرفته شده است تا بتواند باعث مقیاس پذیری و قابلیت همکاری آن شود. رایانش ابری می‌تواند در عين هزینه‌های پایین برای استقرار کل محیط‌های اینترنت اشیا ، قابليت راه‌اندازی و ادغام سریع اشیاء جدید و برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا را ايجاد کند.

فناوري TOSCA (Topology and Orchestration Specification for Cloud Applications) یک استاندارد OASIS تایید شده برای مدل سازی، استقرار و مدیریت برنامه های کاربردی ابری است كه داراي دو بخش اصلی است: (1) مدل توپولوژی یک برنامه کاربردی كه شامل اجزای نرم افزار ، پلت فرم و زیرساخت آن مي باشد، و (2) مراحل استقرار این برنامه.

TOSCA بسیار عمومی است به طوری که تعریف انواع دلخواه را برای توصیف مؤلفه های برنامه، به نام انواع گره، و وابستگی های آنها، به نام انواع رابطه، قادر می سازد. تصوير زير يك نمونه از مدل TOSCA براي يك نرم افزار كاربردي انتشار و اشتراك اطلاعات مي باشد.

****

شکل 1

TOSCA استقرار و مدیریت برنامه های ابری را در سراسر چرخه زندگیشان آسان تر می کند بدون اینکه خللی در الزامات امنیتی ، حاکمیتی و انطباقی آنها پیش آید . همچنين توانایی آن برای تسهیل یک اکوسیستم است که اجرای پورتابل برنامه ها برای ابر و بین ابرها را فراهم می سازد و این امکان را فراهم می سازد که برنامه های ابری در هر ابری به صورت پورتابل توصیف ، مدل سازی ، پکیج بندی ، تنظیم و مانیتور شوند .

# **فصل سوم**

**بررسي اجمالي پايان نامه**

## 3-1 دستاوردها

دستاورد ها و پژوهش هاي ارائه شده در اين پايان نامه بر اساس استانداردهای تعیین شده (مانند MQTT، TOSCA، XML) است تا از کاربرد طولانی مدت آنها اطمینان حاصل شود. اين دستاوردها به شرح ذيل مي باشند:

* مدل پردازش جريان داده در محيط اينترنت اشياء :

این مدل، حاوی اطلاعاتی در مورد نحوه دسترسی به اشیاء اینترنت اشیا (به عنوان مثال، آدرس IP یک دستگاه) و در مورد قابلیت های آنها (به عنوان مثال، قدرت پردازش، ذخیره سازی موجود یک دستگاه) است. علاوه بر این، این تحقيق مدل پردازش جریان داده (DSPM) را برای توصیف منطق پردازش داده یک برنامه IoT ارائه می‌کند. این مدل منابع داده (به عنوان مثال، حسگرها)، مخازن داده (به عنوان مثال، محرک)، اپراتورهای پردازش (به عنوان مثال، فیلتر داده، تجمع)، و جریان داده در میان آنها را توصیف می کند. علاوه بر این، الزامات اپراتورهای پردازش برای اشیاء IoT، مانند حداقل حافظه موجود مورد نیاز را شرح می دهد.

* استقرار مدل پردازش جريان داده (DSPM) در محيط اينترنت اشياء (IoTEM) :

در اين تحقيق، ابزارهایی برای استقرار مدل‌های پردازش جریان داده (DSPM) بر روی مدل‌های محیط اینترنت اشیا (IoTEMs - IoT environment model)، با در نظر گرفتن الزامات اپراتورهای پردازش و قابلیت‌های اشیاء IoT ارائه شده‌اند. این تحقيق دو رویکرد اصلی را برای استقرار مدل ارائه می‌کند:

1. یک رویکرد خودکار، که در آن یک طرح نقشه‌برداری حاوی حداقل یک مجموعه از اشیاء IoT که الزامات DSPM را برآورده می‌کنند، به‌طور خودکار تولید می‌شود كه برای محيط هاي بزرگ‌تر مناسب‌ است، به عنوان مثال، در حوزه کارخانه هوشمند، که در آن تعداد زیادی از اشیاء در دسترس هستند.
2. یک رویکرد دستی، كه در آن تحلیلگران خودشان تصمیم می گیرند که کدام اشیاء IoT باید کدام اپراتورها را اجرا کنند. برای این کار، تحلیلگران به صورت دستی یک مدل استقرار ایجاد می کنند كه برای موارد کوچک توصیه می شود، به عنوان مثال، برای خانه های هوشمند.

* استقرار اپراتورها در محیط های IoT :

اساس این تحقيق از استاندارد TOSCA كه مورد تایید سازمان پیشرفت استانداردهای اطلاعات ساختاریافته (OASIS) استفاده می‌کند كه در دو رويكرد خودكار و دستي الزامي مي باشد.

* نظارت بر DSPM های مستقر شده :

پس از استقرار اپراتورهای پردازش، پردازش کلی جریان داده یک برنامه IoT آغاز می شود و برای اطمینان از اینکه این پردازش تا زمانی که برنامه IoT به آن نیاز دارد درست می ماند بايد ابزاری را برای تشخیص اختلالات مؤثر بر مدل پردازش جریان داده مستقر شده (DSPM) فراهم كرد. چنین اختلالاتی می تواند از طریق تغییرات در محیط اینترنت اشیا (به عنوان مثال، یک دستگاه معیوب) یا تغییر در DSPM (به عنوان مثال، با افزودن یک نیاز جدید) رخ دهد. برای تشخیص چنین اختلالاتی، MBP به طور مداوم اشیاء IoT و DSPM ها را نظارت می کند. این نظارت عمدتاً با استفاده از تکنیک‌های پردازش رویداد پیچیده (CEP) انجام می‌شود. چنین تکنیک هایی به خوبی تثبیت شده اند و برای پردازش مستمر مقادیر زیادی از داده ها، به عنوان مثال، برای تشخیص به موقع موقعیت های بحرانی (یعنی تغییراتی که نیاز به اقدامات اصلاحی دارند) استفاده می شوند.

## 3-2 رويكرد تخصصي

متخصصان دامنه (Domain experts) دانش فنی در مورد اشیاء سخت افزاری (یعنی دستگاه ها، حسگرها، محرک ها)، اشیاء مجازی (یعنی ماشین های مجازی) و اتصالات شبکه آنها در یک محیط IoT دارند. این دانش فنی شامل اطلاعاتی در مورد قابلیت های محاسباتی (حافظه اصلی موجود، اتصال، قدرت پردازش ) است.

همچنين، اين کارشناسان در مورد نحوه دسترسی به این اشیاء برای مثال، استخراج داده‌های حسگر یا ارسال دستورات کنترلی به یک محرک، دانش دارند. وظیفه اصلی اين متخصصان ، ایجاد IoTEM ها و ثبت خودکار در MBP و ایجاد DSPM ها مي باشد زيرا دانش كافي در مورد پردازش داده های تولید شده در محیط اینترنت اشیاء را دارند، به عنوان مثال، دانش لازم را برای مدل سازی برنامه های کاربردی اینترنت اشیا مختلف برای موارد استفاده خاص.

یک DSPM مبتنی بر نمودار است و شامل منابع داده، سینک های داده، و اپراتورهای پردازش به عنوان گره، و اتصالات جریان داده بین این گره ها به عنوان لبه است. DSPM ها بر اساس الگوی طراحی لوله ها و فیلترها هستند.

بر اساس قابلیت‌های کلی IoTEM و الزامات مشخص‌شده توسط DSPM بايد تصمیم‌گیری كرد که اپراتورها بر روی کدام اشیاء IoT مستقر شوند و این کار توسط الگوریتم هایی انجام می شود كه هم قابلیت‌های اشیاء IoT، و هم قابلیت‌های اتصالات شبکه را در نظر می‌گیرند.

قرار دادن اپراتورها بايد تا حد امکان به منابع داده نزدیک باشد تا احتمالاً ترافیک شبکه و حجم داده مبادله شده در یک محیط IoT کاهش یابد. تحلیلگران دامنه به صورت دستی یک نقشه ایجاد می کنند و با توجه به طرح نقشه، اپراتورهای پردازش می توانند بر روی اشیاء IoT مربوطه خود مستقر شوند و اجرای DSPM می تواند آغاز شود. اشیاء IoT ابتدا برای اجرای اپراتورهای پردازشی آماده می شوند، به عنوان مثال، نرم افزار طراحي شده مورد نیاز یک اپراتور پردازشگر نصب و در صورت لزوم پیکربندی می شوند. نرم افزارهاي طراحي شده بیشتری برای جمع آوری مقادیر تجربی و نظارت بر اپراتورهای پردازش و اشیاء اینترنت اشیا نیز نصب و پیکربندی می شوند. پس از آن، اپراتورهای پردازش بر روی اشیاء IoT متناظر خود مستقر می شوند و سپس راه اندازی می شوند، که منجر به یک نمونه در حال اجرا از DSPM می شود كه dDSPM ناميده مي شود. آماده سازی اشیاء IoT و استقرار متعاقب آن اپراتورهای پردازش با استفاده از استاندارد TOSCA محقق می شود.

برای اطمینان از اینکه پردازش کلی در محیط اینترنت اشیا درست می‌ماند، اشیاء IoT و dDSPM به‌منظور تشخیص اغتشاشات به‌طور مداوم نظارت می‌شوند. اگر اختلالی بر پردازش اصلی تأثیر منفی بگذارد، الگوریتم‌های استقرار مجدداً راه‌اندازی می‌شوند و یک طرح نقشه‌برداری جدید ایجاد می‌شود.

اپراتورهای پردازش و نرم افزارهاي طراحي شده که دیگر مورد نیاز نیستند متوقف و حذف می شوند و پردازش جریان داده برنامه IoT می تواند كنار گذاشته شود و اشیاء IoT پاک شوند.

## 3-3 معماري كلي

معماری کلی طبق تحقيقات اين پايان نامه از سه لایه اصلی تشکیل شده است: لایه محیط فیزیکی IoT، لایه برنامه کاربردی IoT و لایه پلتفرم اتصال و تامین چند منظوره (MBP) که شکاف بین محیط های فیزیکی IoT و برنامه های کاربردی IoT را پر می کند. تصوير زير اين نماي كلي را نشان ميدهد :

لایه محیط فیزیکی اینترنت اشیا

استقرار اپراتورهای پردازش

همگام سازی

استخراج داده های حسگر، محرک های کنترل

داشبورد كلي

تشخیص اختلال Disturbance recognizer

مديريت استقرار Deployment manager

ارتباط دهنده بين DSPM و IoTEM

مدل ساز و مدیر DSPM

مدل ساز و مدیر IoTEM

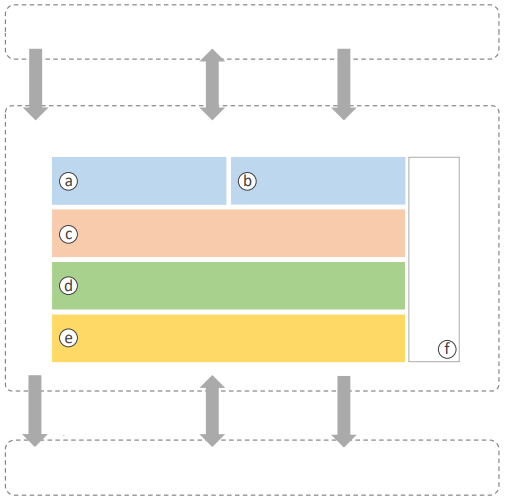
تحليل نتايج پردازش

ارسال/ دريافت

اطلاعات سنسورها

ارسال دستورات

لايه هاي برنامه محيط اينترنت اشياء



سهم این پایان نامه در لایه میانی قرار دارد که MBP برای آن طراحی شده است.

بخش مدلساز و مدیر IoTEM نقطه ورود رویکرد روشمند است و ابزارهایی را برای کارشناسان دامنه برای ایجاد، ذخیره و مدیریت IoTEM ها و DSPM هایی را که منطق پردازش برنامه‌های اینترنت اشیا را توصیف می‌کنند فراهم می کند و از طریق این بخش، اشیاء IoT یک IoTEM در MBP ثبت می‌شوند و همتاهای دیجیتالی آن‌ها نمونه‌سازی می‌شوند. همتایان دیجیتالی API هایی را ارائه می‌کنند که می‌توانند توسط برنامه‌های IoT، به عنوان مثال، برای دسترسی به دستگاه‌ها، حسگرها و محرک‌های ثبت‌شده در MBP به آن‌ها دسترسی داشته باشند.

از طریق بخش مدلساز و مدیر IoTEM ، تحلیلگران داده همچنین می‌توانند نمونه‌های در حال اجرا DSPM (dDSPMs) را زمانی که دیگر نیازی به پردازش نباشد متوقف کنند.

بخش ارتباط دهنده بين IoTEM و DSPM ابزاری را برای پشتیبانی از تصمیم در مورد جایی که اپراتورهای پردازش باید مستقر شوند فراهم می کند. علاوه بر این، الگوریتم هایی را برای تصمیم گیری خودکار در مورد قرار دادن اپراتور، بر اساس الزامات اپراتورهای پردازش و قابلیت ها ارائه می دهد.

بخش مديريت استقرار (Deployment manager) مسئول استقرار اپراتورهای پردازش بر روی اشیاء IoT است، به طوری که اجرای DSPM ها می تواند آغاز شود. علاوه بر این، هر نرم افزار طراحي شده مورد نیاز دیگر برای نظارت بر اشیاء اینترنت اشیا، می تواند از طریق این مؤلفه نیز مستقر شود.

در بخش شناسایی اختلال (Disturbance recognizer) ، همتایان دیجیتالی اشیاء IoT و dDSPM به طور مداوم نظارت می شوند تا اختلالات در طول پردازش داده را تشخیص دهند. این نظارت را می توان از طریق اسکریپت ها، مانند اسکریپت های پایتون (Python) یا شل (Shell)، یا از طریق پیاده سازی های پیچیده تر، مانند انجام پرس و جوهای پردازش رویداد پیچیده (CEP) باشد.

بخش شناسایی اختلال محیط های زمان اجرا مختلفی را برای تحقق نظارت فراهم می کند، از جمله یک موتور CEP برای ارزیابی مستمر درخواست های CEP. در نهایت، ابرداده و داده های پویا اشیاء اینترنت اشیا را می توان توسط بخش داشبورد مشاهده کرد. برای مثال، اطلاعاتی در مورد در دسترس بودن و فضای دیسک فعلی اشیاء IoT، داده های تاریخی و آخرین اندازه گیری مقادیر حسگر ارائه می دهد.

## 

# **فصل چهارم**

**مدل محيط اينترنت اشياء و پردازش جريان داده**

## 4-1 مدل محيط اينترنت اشياء

پیشرفت مستمر در فناوری‌های حسگر و شبکه، وجود دستگاه‌های اینترنت اشیا را امکان‌پذیر کرده است که به هم پیوسته هستند و به طور مداوم اطلاعات پیرامون خود و خود را مبادله می‌کنند و محیطی که شامل یک یا چند دستگاه از این قبیل باشد، محیط اینترنت اشیا نامیده می شود.

چنین محیط‌هایی در حوزه‌های مختلفی مانند خانه‌های هوشمند ، کارخانه‌های هوشمند یا شهرهای هوشمند وجود دارند. علاوه بر این، در اين محيط مي توان برای تقویت قدرت محاسباتی و مديريت حجم زياد داده از منابع مجازی ارائه‌شده توسط فناوری‌های رایانش ابری نیز استفاده کرد.

به طور معمول، اشیاء IoT توسط پلتفرم های IoT مدیریت می شوند که دسترسی به برنامه های IoT را از طریق API های سطح بالا فراهم می کنند و در سال‌های اخیر، بسیاری از پلتفرم‌های IoT توسعه یافته‌اند. در بسیاری از رویکردها، مانند FIWARE, IBM Watson IoT, OpenMTC, Microsoft Azure IoT اشیاء IoT به صورت دستی و جداگانه ثبت و با این پلتفرم‌های IoT پیکربندی می‌شوند. با این حال، این یک کار پیچیده و زمان بر است. علاوه بر این، محیط های IoT بسیار پویا هستند، به عنوان مثال، دستگاه ها ممکن است معیوب شوند. بنابراین، پلتفرم‌های اینترنت اشیا باید با محیط‌های اینترنت اشیا همگام باشند تا برنامه‌های اینترنت اشیا از تغییرات آگاه شوند.

برای این منظور، مدل محيط IoT و پردازش جريان داده، IoTEM را برای توصیف کل محیط‌های IoT فراهم می‌کند. IoTEM ها در پلتفرم چند منظوره Binding and Provisioning (MBP) ادغام شده و توسط آن برای ثبت و پیکربندی خودکار محیط های IoT به عنوان یک کل به جای پیکربندی هر شی اینترنت اشیا به صورت جداگانه استفاده می شود. محیط‌های ثبت‌شده اینترنت اشیا دائماً برای تشخیص تغییرات حیاتی در محیط نظارت می‌شوند ،به عنوان مثال، زمانی که یک دستگاه معیوب می‌شود.

در این پایان نامه، یک بررسی جامع با مقایسه مدل های مختلف اینترنت اشیا انجام شده تا مدل مناسبی به عنوان IoTEM انتخاب شود. در جدول زير نتایج این ارزيابي نشان داده شده است که در آن مقایسه ای مبتنی بر معیار از چندین مدل اینترنت اشیا ارائه شده است.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **عنوان مدل** | **تكامل** | **سلسله مراتبي** | **دسترس بودن** | **پياده سازي** | **موقعيت جغرافيايي** | **كاربرد** |
| homeML | Non-standard | ✘ | ✘ | ✘ | ✓ | خانه هاي هوشمند |
| IEEE 1451 | standard | ✘ | ✓ | ✓ | ✘ | متمركز بر روي سنسور ها |
| IoT ARM | Non-standard | ✓ | ✘ | ✘ | ✓ | مدل مرجع عمومي |
| IoT-Lite | submitted | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | حسگرها و SSN ontology |
| IoT MC | standard | ✓ | ✓ | ✓ | ✘ | IoTivity |
| IoT-O | standard ext | ✓ | ✘ | ✘ | ✘ | حسگرها و SSN ontology |
| Nexus | Non-standard | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | جغرافیایی سازی |
| oneM2M | standard | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | تمرکز بر خدمات دستگاه های IoT |
| OPC-UA | standard | ✓ | ✓ | ✓ | ✘ | کارخانه های هوشمند |
| SenML | standard | ✘ | ✓ | ✓ | ✓ | تمرکز بر حسگرها و مقادير حسگر |
| SensorML | standard | ✘ | ✓ | ✓ | ✓ | پشتیبانی از پردازش ها |
| SSN | standard | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | مورد استفاده IoT-Lite / IoT-O |
| TDLIoT | Non-standard | ✘ | ✓ | ✓ | ✓ | نمونه اولیه تحقیق |
| Vorto | Non-standard | ✘ | ✓ | ✓ | ✘ | زبان برنامه نويسي |

معیار تكامل نشان مي دهد آیا مدل يك مدل استاندارد تایید شده یک سازمان، مانند OASIS، W3C یا OGC است یا خیر و مي توان فرض گرفت سازمان‌ها تحت یک فرآیند بررسی کامل قرار گرفتند و یک استاندارد مزایایی را ارائه می‌کند.

معیار سلسله مراتبي یک عامل مهم هنگام مدل‌سازی محیط‌ها در اینترنت اشیا است، زیرا آنها معمولاً شامل استقرارهای سلسله مراتبی در میان اشیاء مختلف اینترنت اشیا هستند. دو نوع اصلی سلسله مراتب وجود دارد، گروه بندی و انتزاع. از طریق گروه‌بندی، باید بتوان سیستم‌های پیچیده را مدل‌سازی کرد، مانند ماشین‌های تولیدی در یک کارخانه هوشمند، که حاوی مقدار بالایی از دستگاه‌ها، حسگرها و محرک‌ها هستند و از طریق انتزاع، می توان انواع عمومی را تعریف کرد. به عنوان مثال، ماژول های سنسور مختلف اندازه گیری دما را می توان توسط سنسور دما از نوع عمومی جمع کرد.

معیار در دسترس بودن به این موضوع اشاره دارد که آیا مدل اینترنت اشیا به صورت عمومی در دسترس است یا نه، و علاوه بر این، آیا جامعه وسیعی در توسعه آینده آن مشارکت دارد یا خیر. واضح است که برای ایجاد و توسعه بیشتر یک مدل اینترنت اشیا، جامعه بزرگی از کاربران و توسعه دهندگان، یا یک سازمان بزرگتر مورد نیاز است.

برای درک این موضوع، مدل باید یا منبع باز در دسترس باشد، یا اگر منبع بسته است، باید توسط یک سازمان بزرگتر توسعه و استفاده شود.

معیار پياده سازي به این موضوع اشاره دارد که آیا پیاده سازی شده مدل وجود دارد یا خیر. به عنوان مثال، در مقالات علمی، مفاهیم جالبی ایجاد می شود که ممکن است پیاده سازی متناظری نداشته باشند. برای استفاده در سناریوهای دنیای واقعی، پیاده سازی در دسترس از اهمیت حیاتی برخوردار است. این شامل ابزارهای موجود برای ایجاد و مدیریت مدل نیز می شود.

معیار موقعیت جغرافیایی به این اشاره دارد که آیا مدل اینترنت اشیا می‌تواند مکان‌های (جغرافیایی) اشیاء اینترنت اشیا را توصیف کند، که ویژگی‌های پیچیده‌ای مانند پرس و جو مبتنی بر مکان را فعال می‌کند.

در اینترنت اشیا، مکان آنها مهم هستند، چون رویدادهایی که ممکن است نیاز به واکنش داشته باشند در هر محيطي متفاوت مي باشد، به عنوان مثال، رويدادهايي كه در یک خانه هوشمند رخ می دهد.

### 4-1-1 تعيين IoTEM

تعريف IoTEM یک گراف بدون جهت است که شامل اشیاء IoT به عنوان گره و اتصالات شبکه آنها به عنوان يالهاي گراف است كه بر اساس فاصله اتصالات شبكه وزن دهي شده است. ساختار آن به شرح ذيل مي باشد :

مدل در محیط IoT متشكل از چند بخش است : اشیاء (Object)، اتصالات بين اشياء (Connection)، فاصله (Distance) (تابع براي وزن دهي اتصالات شبكه بر اساس فاصله)، قابلیت‌های شی (ObjectCapabilities)، قابلیت هاي اتصال (ConnectionCapabilities)، تخصیص قابلیت شی (objectCapabilityAssignment)، تخصیص قابلیت اتصال (connectionCapabilityAssignment) كه در تصوير زير اين مدل نمايش داده شده.



شکل 2

### 4-1-2 قابليت هاي اشياء و ارتباطات

از نظر قابلیت های محاسباتی، McEwen و همکاران یک شی IoT را به عنوان یک کامپیوتر کوچک تعریف می کند که اتصال شبکه، قدرت پردازش و ذخیره سازی را فراهم می کند. نمونه هایی از اشیاء سخت افزاری در اینترنت اشیا Arduino Yún، BeagleBone، ESP8226و Raspberry Pi هستند.

قابلیت‌هایي که می‌توانند برای توصیف یک شی IoT استفاده شوند، از McEwen و همکاران ارائه شده‌اند. همچنين Cipriani و همکاران موضوعاتي مانند تعریف و محدودیت های محیط های ناهمگن و توزیع شده را ارائه داده اند.

* احراز هویت (Authentication): در حوزه IoT مجوز ارتباط ماشین با ماشین یا انسان به ماشین توسط مجوز ماشین است. این قابلیت مکانیسم های تأیید هویت پشتیبانی شده یک دستگاه IoT را توصیف می کند. نمونه‌هایی از مکانیسم‌های احراز هویت عبارتند از گذرواژه، اعتبار دیجیتال (digital credentials) و گواهی‌ها
* محرمانه بودن (Confidentiality): این قابلیت توضیح می دهد که چگونه اطلاعات ذخیره شده در دستگاه IoT محافظت می شود حتی اگر دسترسی غیرمجاز رخ دهد. برای مثال می توان با استفاده از مکانیسم های رمزگذاری به محرمانگی دست یافت
* دسته دستگاه (Device category): این پایان نامه چهار دسته دستگاه را تعریف می کند که بین پارادایم های مختلف استقرار بر روی دستگاه ها متمایز می شود. این دسته‌بندی‌ها نتیجه تحقیقات ما درباره نحوه قرار دادن اپراتور (به عنوان مثال، استقرار نرم‌افزار) در انواع مختلف دستگاه‌های IoT هستند:
* یک دستگاه plug-and-play دارای حسگرها و/یا محرک‌های تعبیه‌شده است. با این حال، اجازه استقرار از راه دور را نمی دهد، بلکه API ها را از طریق یک سرور ابری برای دسترسی به حسگرها و محرک های آن فراهم می کند. نمونه هایی از چنین دستگاه هایی با پوشش بی سیم هستند که دائماً داده های خود را با سرورهای ابری همگام می کنند. بنابراین، قرار دادن اپراتور در دستگاه plug-and-play امکان پذیر نیست، با این حال، اپراتورها را می توان در سایر اشیاء IoT متصل به دستگاه plug-and-play از طریق API های ارائه شده مستقر کرد.
* یک دستگاه قابل تنظیم، مانند رایانه Raspberry Pi، به حسگرها و محرک‌ها اجازه می‌دهد از طریق رابط فیزیکی (مانند GPIO) به آن متصل شوند. چنین دستگاهی دارای یک سیستم عامل (OS) است که پیکربندی از راه دور و استقرار اپراتورها را قادر می سازد، به عنوان مثال، برای استخراج و ارسال داده های حسگر به یک پلت فرم IoT.
* یک دستگاه قابل تنظیم محدود، مانندArduino Yún و Bosch XDK Node ، دارای حسگرها و محرک‌هایی است که به آن تعبیه شده یا به آن متصل شده‌اند و پیکربندی از راه دور و استقرار نرم‌افزار را امکان‌پذیر می‌سازد. با این حال، چنین دستگاه‌هایی محدود هستند، یعنی قابلیت‌های پردازش و ذخیره‌سازی محدودی دارند. در این مورد، باید از اپراتورهای پردازش پیچیده در این نوع دستگاه اجتناب شود و داده‌های مورد پردازش باید به جای اینکه توسط خود دستگاه مدیریت شوند، به دستگاه‌های قدرتمندتر ارسال شوند.
* یک دستگاه وابسته به دروازه پیکربندی خود (به عنوان مثال، فلش کردن سیستم عامل firmware flashing) و استقرار نرم افزار كه فقط از طریق اتصال به یک دستگاه میزبان امکان پذیر می کند، در این پایان نامه دروازه (gateway) نامیده می شود.

به طور کلی، یک دروازه دو سیستم را با استفاده از قالب بندی، پروتکل های ارتباطی یا معماری های مختلف به هم متصل می کند. نمونه هایی برای چنین دستگاه هایی ماژول های ESP8266 یا بردهای Arduino Leonardo . در این مورد، نقش یک دروازه را می توان توسط دستگاه های قابل تنظیمی که به طور فیزیکی به دستگاه های وابسته به دروازه متصل هستند (به عنوان مثال، از طریق یک پورت USB) فرض کرد.

از طریق چنین اتصالات فیزیکی، آپلود اپراتورها در دستگاه های وابسته به دروازه امکان پذیر است.

* حافظه (Memory): این قابلیت با حافظه کاری موجود (یعنی RAM) دستگاه IoT مطابقت دارد.
* نوع شبکه (Networking type). این قابلیت نحوه اتصال یک دستگاه اینترنت اشیا به دستگاه های دیگر در محیط اینترنت اشیا را توضیح می دهد. نمونه هایی از انواع شبکه عبارتند از: اترنت (IEEE802.3)، Wi-Fi (IEEE802.11)، بلوتوث (IEEE802.15.1)، بلوتوث کم انرژی (IEEE802.15.4)، LTE4G، یا G5 .
* حالت مصرف برق (Power consumption mode). در حوزه اینترنت اشیا، دستگاه‌های وابسته به باتری باید بتوانند در حالت‌های مصرف کم مصرف کار کنند تا بتوانند با برنامه‌های طولانی مدت اینترنت اشیا همگام شوند. این قابلیت حالت‌های مصرف انرژی را که یک دستگاه اینترنت اشیا می‌تواند پشتیبانی کند، توصیف می‌کند. به عنوان مثال، Raspberry Pi چهار حالت قدرت را ارائه می دهد، از جمله یک حالت اجرا (پیش فرض) و یک حالت آماده به کار .
* قدرت پردازش (Processing power). این قابلیت با سرعت CPU دستگاه اینترنت اشیا مطابقت دارد. به عنوان مثال، Raspberry Pi3 مدل B دارای چهار پردازنده با فرکانس 1.2 گیگاهرتز است.
* گنجایش دخيره سازي (Storage capacity). این قابلیت با مقدار ذخیره سازی موجود مطابقت دارد. این برای اپراتورهایی که داده‌های حسگر را جمع‌آوری می‌کنند یا نتایج میانی را ذخیره می‌کنند، مهم است.
* پشتیبانی از زمان اجرا (Supported runtime): این قابلیت مربوط به لیستی از محیط‌های زمان اجرا نرم‌افزار پشتیبانی شده و در دسترس (مانند موتورهای جاوا، پایتون، CEP) یک دستگاه اینترنت اشیا است.

همانطور که در بخش 4-1 بيان شد، قابلیت های اتصالات شبکه در بین اشیاء IoT توسط IoTEM مدل شده است. لیست زیر، زیرمجموعه ای از قابلیت های اتصال ممکن را نشان می دهد و از این رو کامل نیست :

* پهنای باند (Bandwidth): این قابلیت تخمینی در مورد میزان داده ای که می تواند در مدت زمان ثابتی توسط اتصال منتقل شود را ارائه می دهد.
* رمزگذاری (Encryption): این قابلیت توضیح می دهد که آیا تبادل داده از طریق اتصال ارجاع شده رمزگذاری شده است.
* تاخیر (Latency): این قابلیت تخمینی از زمان مورد نیاز برای تبادل داده توسط یک اتصال را ارائه می دهد.
* نوع شبکه (Networking type). این قابلیت نوع اتصال شبکه را توصیف می کند، به عنوان مثال، با سیم یا بی سیم.

### 4-1-3 مولفه هاي معماری و پیاده سازی بخش مدل ساز و مدیر IoTEM

در معماری کلی (در بخش 3-3)، بخش مدل‌ساز و مدیر IoTEM با پشتيباني متخصصان دامنه امكان ارائه ابزاری برای ایجاد و ذخیره IoTEM و علاوه بر این، مدیریت IoTEM‌ های ثبت‌شده در MBP را فراهم مي كند.

بخش مدل ساز و مدیر IoTEM در شکل زير نشان داده شده است.



شکل 3

این مدل شامل ابزار مدل‌سازی گرافیکیIoTEM (بخش a) است که برای مدل‌سازی محیط اینترنت اشیا با کشیدن و رها کردن انواع شیIoT (بخش b) در یک محيط مدل‌سازی استفاده می‌شود.

انواع شی IoT، مانند Raspberry Pis، حسگرهای دما، و ماشین های مجازی، توسط یک هستی شناسی (ontology) ارائه می شوند. IoTEM ها، که نمونه هایی از هستی شناسی هستند، در ذخیره سازی IoTEM (بخش c) ذخیره می شوند.

علاوه بر این، ابزار مدل‌سازی IoTEM به متخصصان حوزه امکان می‌دهد، علاوه بر ذخیره و بازیابی IoTEM، تمام اشیاء IoT یک IoTEM را به‌طور هم‌زمان در MBP ثبت کنند. این ثبت، مدیر اشیاء اینترنت اشیا (بخش d) را فعال می کند تا همتایان دیجیتالی (به عنوان مثال، دوقلوهای دیجیتال) اشیاء IoT مدل شده را نمونه برداری کند.

این همتاهای دیجیتالی در حافظه IoTEM ذخیره می شوند. مدیر اشیاء IoT دائماً با محیط فیزیکی اینترنت اشیا هماهنگ می شود تا اختلالات موجود در محیط فیزیکی را تشخیص دهد، مانند زمانی که دستگاه ها معیوب می شوند. وضعیت فعلی اشیاء ثبت شده IoT را می توان در داشبورد MBP بررسی و تجسم کرد. چگونگی تشخیص اختلالات به تفصیل در فصل 7 توضیح داده خواهد شد.

### 4-1-4 كارهاي مرتبط

چنانچه قبلا بيان شد رویکردهای زیادی برای مدل‌سازی محیط‌های IoT وجود دارد و مدل‌ها و ابزارهای IoT را برای ایجاد و مدیریت نمونه‌های این مدل‌های IoT ارائه شده اند. پشتیبانی ابزار از اهمیت حیاتی برخوردار است زیرا پیچیدگی مدل‌های اینترنت اشیا (به عنوان مثال، فرمت‌های پیچیده داده) را انتزاعی می‌کند و کار مدل‌سازی و مدیریت را آسان می‌کند. با این حال، رویکردهای پیشرفته ابزاری برای پشتیبانی از کل چرخه حیات محیط‌های IoT با مدل‌سازی مي باشند و نه از طریق استقرار و یک مفهوم کل نگر مانند این پایان نامه برای مدل سازی، پیکربندی و نظارت بر محیط های IoT ارائه نمی کنند.

مک دونالد و همکاران یک ابزار مدل‌سازی برای مدل homeML معرفی می‌کند، که تنها برای خانه‌های هوشمند طراحی شده است. در مقابل، این پایان نامه از یک مدل اینترنت اشیا استفاده می کند که عمومی است و می تواند در سایر حوزه های اینترنت اشیا مانند کارخانه هوشمند یا شهر هوشمند نیز اعمال شود.

مایر و همکاران رویکردی را نشان می‌دهد که ابرداده‌های معنایی و استدلال را با مدل‌سازی گرافیکی ترکیب می‌کند، که در آن می‌توان اهداف یک محیط IoT را پیکربندی کرد، به عنوان مثال، دمای مورد نظر یک اتاق در طول روز. با این حال، این رویکرد فرض می‌کند که محیط IoT قبلاً مستقر شده است و اپراتورهای محاسباتی در حال اجرا هستند. علاوه بر این، تعداد زیادی پلتفرم IoT وجود دارد FIWARE, GSN, IBM Watson IoT , OpenIoT OpenMTC و Microsoft Azure IoT .

با این حال، آنها ابزاری برای مدل‌سازی و مدیریت محیط‌های کامل اینترنت اشیا فراهم نمی‌کنند، به‌عنوان مثال، اشیاء IoT به صورت دستی و جداگانه در این پلت‌فرم‌های IoT ثبت و پیکربندی می‌شوند. این پایان‌نامه از هستی‌شناسی IoT-Lite برای مدل‌سازی محیط‌های اینترنت اشیا استفاده می‌کند و یک ابزار مدل‌سازی و مدیریت گرافیکی برای محیط‌های IoT، ابزار مدل‌سازی IoTEM ارائه می‌کند .

علاوه بر هستی‌شناسی IoT-Lite، فرمت‌ها و استانداردهای دیگری نیز می‌توانند برای مدل‌سازی محیط‌های IoT، مانند هستی‌شناسی‌های SSN یا OneM2M Base استفاده شوند. در این پایان نامه، بررسی ادبیات کاملی در مورد مدل های پیشرفته اینترنت اشیا انجام شده و در آن مقایسه ای مبتنی بر معیار از مدل های اینترنت اشیا ارائه شده است. در نتیجه این مقایسه، هستی شناسی IoT-Lite بهترین مدل مناسب برای اهداف این پایان نامه نشان داده شده است.

علاوه بر این، می‌توان از مدل‌های عمومی‌تری که به‌طور خاص برای محیط‌های IoT طراحی نشده‌اند نیز استفاده کرد. برای مثال، استاندارد توپولوژی و هماهنگ‌سازی برای برنامه‌های کاربردی ابری TOSCA می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، که در اصل برای برنامه‌های کاربردی ابری طراحی شده است، اما با این وجود ابزاری را برای مدل‌سازی محیط‌های اینترنت اشیا و برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا ارائه می‌دهد.

## 4-2 مدل سازی پردازش جریان داده

این بخش به طور مفصل مدل پردازش جریان داده (DSPM) را توضیح می دهد. به دلیل خواندن مداوم حسگر و تبادل مکرر داده در بین اشیاء IoT مقادیر زیادی داده تولید می شود. این داده‌ها شکل جریان‌های داده‌ای را در خود جای می‌دهند که پایدار نیستند، بلکه برای پردازش در جریان‌های متعدد، پیوسته، سریع و متغیر با زمان می‌آیند. رويكردهای تثبیت شده خوبی برای پردازش جریان های داده، پردازش رویداد پیچیده و پردازش جریان است.

4-2-1 تعریف DSPM

DSPM یک مدل مبتنی بر نمودار است که شامل منابع داده، مخزن داده، اپراتورهای پردازش و جریان داده بین اپراتورها است. این مدل بر اساس الگوی طراحی لوله‌ها و فیلترها (pipes and filters) است که ساختاری برای پردازش یک جریان داده فراهم می‌کند.

ورودی برای پردازش توسط منابع داده ارائه می شود، به عنوان مثال، حسگرها، که توالی مقادیر داده را در همان ساختار تولید می کنند. از طرف دیگر، خروجی پردازش به سینک های (sinks) داده می رسد. اپراتور پردازش مربوط به یک فیلتر (filters) است، و جریان داده بین دو اپراتور پردازش مجاور مربوط به یک لوله (pipes) است.

علاوه بر این، اتصالات بین منابع داده و اپراتورهای پردازش و بین اپراتورهای پردازش و سینک های داده نیز با لوله ها مطابقت دارد. این پایان نامه از یک نوع لوله و فیلتر استفاده می کند که در آن یک اپراتور پردازش می تواند چندین ورودی و خروجی داشته باشد. DSPM به صورت زیر قابل تعريف مي باشد:

تعریف (DSPM) : یک مدل پردازش جریان داده چندگانه است: شامل (منابع داده (Sources)، سینک ها (Sinks)، اپراتورها (Operators) تمام پردازش ها شامل استخراج و سينك ها، لبه ها (Edges) ارتباط بين پردازش ها و پردازش و داده يا سينك، الزامات اپراتور (Operator Requirements)، الزامات لبه (Edge Requirements)، تخصیص نیاز اپراتور (operator Requirement Assignment)، تخصیص نیاز لبه (edge Requirement Assignment) ، که در آن (اپراتورها، لبه ها) یک گراف جهت دار، بدون وزن، بدون حلقه و غیر چرخه ای را تشکیل می دهد.

علاوه بر این، DSPM جریان داده را توصیف می کند و نه جریان کنترل. برای ایجاد صحیح DSPM، تحلیلگران دامنه باید بدانند که کدام منابع داده و سینک ها در محیط IoT در دسترس هستند. برای این کار، فقط باید توصیفات کلی از حسگرها و محرک ها از IoTEM استخراج شود تا بتوان آنها را به تحلیلگران حوزه به عنوان منابع داده و سینک انتزاع کرد. علاوه بر این، اپراتورها و اتصالات با الزامات محاسباتی مشروح می شوند.

بر اساس نیازهای محاسباتی اپراتورها، می توان به دنبال قرارگیری اپراتور مناسب در محیط IoT بود که تمام الزامات یک DSPM مدل شده را برآورده می کند. الزامات محاسباتی احتمالی آنهایی هستند که قابلیت‌های محاسباتی نمونه دستگاه‌های IoT را که در بخش 4-1-2 توضیح داده شده است، برآورده می‌کنند. برای برخی نیازها، مانند حافظه اصلی مورد نیاز، تحلیلگران دامنه معمولاً نمی دانند از چه مقادیر مشخصی باید استفاده شود.

این دانش به شدت به مقدار و پیچیدگی داده ها بستگی دارد و بنابراین، باید از طریق مقادیر تجربی استنباط شود. بنابراین، مقادیر تجربی عملگرها در حین اجرای آنها جمع آوری می شود. سپس این مقادیر با استفاده از تکنیک‌های تحلیلی پردازش می‌شوند تا توصیه‌هایی در مورد الزامات در زمان مدل‌سازی به تحلیل‌گران حوزه ارائه شود.

شکل زير نمونه ای از یک DSPM را نشان می دهد که شامل منابع داده، سینک ها و عملگرهای پردازشی حاوی نمایش های گرافیکی و رسمی است.



شکل 4

هدف از برنامه نمونه، نظارت بر سطوح قالب در اتاق‌های مختلف یک ساختمان به منظور تشخیص زمانی است که سطوح قالب به محدوده‌های ناسالم افزایش می‌یابد. منابع داده با سنسورهای دما (So1، So3) و سنسورهای رطوبت (So2، So4) نشان داده می شوند، در حالی که سینک های داده توسط داشبورد (Si1، Si2، Si3) نشان داده می شوند. علاوه بر این، این مثال از اپراتورها برای استخراج داده‌های حسگر، برای پیوستن به داده‌های حسگر بر اساس پنجره‌های زمانی، برای محاسبه سطوح قالب و ارائه داده‌ها به سینک‌های داده استفاده می‌کند. برای هر اتاق، سطح قالب به طور مداوم بر اساس مقادیر دما و رطوبت محاسبه می شود و در طول زمان به منظور تشخیص افزایش ها تجزیه و تحلیل می شود.

4-2-1 اپراتورهای پردازش

در این پایان نامه، یک اپراتور پردازش یک جزء نرم افزاری است که عملیاتی (به عنوان مثال، فیلتر کردن داده ها، تابع میانگین) را بر روی یک یا چند جریان داده ورودی اجرا می کند. این اجزای نرم افزار می توانند به عنوان مثال، اسکریپت های پایتون یا شل، فایل های JAR یا پرس و جوهای پردازش مداوم باشند. محیط اجرای نرم افزار مناسب (به عنوان مثال جاوا RE، مفسر پایتون، موتور پردازش جریان) مورد نیاز یک اپراتور پردازشگر باید در DSPM به عنوان نیاز محاسباتی این اپراتور مدل شود. اپراتورهای پردازش معمولاً به‌طور پیوسته اجرا می‌شوند و براساس پنجره‌ها، یعنی فواصل زمانی داده‌ها بر اساس زمان یا تعداد عناصر، به دلیل ماهیت بی‌نهایت بودن جریان داده هستند.

علاوه بر این، عملیات مبتنی بر پنجره ضروری است، زیرا داده‌ها در محیط‌های IoT می‌توانند نادقیق باشند یا به سرعت کهنه شوند. خروجی یک اپراتور پردازشگر منجر به یک یا چند جریان داده می شود که می تواند به اپراتورهای پردازشگر بعدی یا به سینک های داده ارسال شود.

فرض بر این است که اپراتورهای پردازش برای رویه‌های قرار دادن اپراتور آماده هستند، یعنی مکانیسم‌های لازم برای توزیع پردازش داده‌ها قبلاً به کار گرفته شده است. رویکردهایی که پردازش جریانی را در محیط های توزیع شده و محیط های IoT انجام ميدهند را می توان در لیست زير نشان داد:

* تجمع (Aggregation): این عملگر یک تابع تجمیع را به مجموعه ای از مقادیر (به عنوان مثال، یک محيط اجرايي window) در یک جریان داده اعمال می کند و یک مقدار واحد را برمی گرداند. نمونه هایی از تجمیع محاسبات میانگین، حداقل مقدار و حداکثر مقدار هستند.
* محاسبه (Calculation). این پردازشگر یک محاسبه را بر اساس مقادیر یک یا چند جریان ورودی انجام می دهد. به عنوان مثال، عملگر محاسبه تابعی است که سطوح قالب را بر اساس مقادیر دما و رطوبت محاسبه می کند.
* استخراج (Extraction): این اپراتور داده‌ها را از منابع داده استخراج می‌کند، برای مثال، می‌تواند کد نرم‌افزاری باشد که به رابط فیزیکی یک حسگر (مثلاً از طریق GPIO) برای دریافت اندازه‌گیری‌های واقعی حسگر دسترسی دارد.
* فیلتر (Filter). این عملگر داده ها را بر اساس پارامترها فیلتر می کند.
* پیوستن (Join). این اپراتور دو جریان داده را پیوند مي دهد.
* تشخیص الگو (Pattern detection). این اپراتور الگوهای خاصی را در یک جریان داده تشخیص می دهد. نمونه ای از یک الگوی مشتق شده از مفاهیم CEP یک توالی رویداد است، به عنوان مثال، رویدادهای مشخص شده در یک ترتیب خاص رخ می دهد.
* خدمت (Serving). این اپراتور داده‌ها را به سینک‌های داده ارائه می‌کند، برای مثال، می‌تواند کد نرم‌افزاری باشد که به رابط فیزیکی یک محرک برای کنترل آن دسترسی دارد، یا کد نرم‌افزاری باشد که داده‌ها را به یک برنامه داشبورد ارسال می‌کند.
* دگرگونی (Transformation). این اپراتور تبدیل ها را متوجه می شود، به عنوان مثال، در بین قالب های مختلف داده یا طرحواره های داده.

4-2-2 ساختار معماری و پیاده سازی - مدل ساز و مدیر DSPM

در معماری کلی (به بخش 3.3 رجوع کنید)، مؤلفه مدلساز و مدیر DSPM از تحلیلگران دامنه با ارائه ابزاری برای ایجاد و ذخیره DSPMها و علاوه بر این، مدیریت DSPMهای مستقر در محیط های IoT پشتیبانی می کند. این مشخصات در شکل زير نشان داده شده است:



شکل 5

این پایان نامه از ابزار FlexMash (Flexible Modeling and Execution of Data Mashups) که توسط Hirmer و همکاران، به عنوان ابزار مدل سازی DSPM (بخش a) برای ایجاد DSPMs پیشنهاد شد.

این یک رابط گرافیکی ارائه می‌کند و مدل زیربنایی مبتنی بر JSON آن را می‌توان برای فعال کردن حاشیه‌نویسی نیازمندی‌های محاسباتی در گره‌ها و لبه‌ها گسترش داد، که مقدمه‌ای برای مفاهیم این پایان‌نامه است. ابزار مدل‌سازی DSPM با کشیدن و رها کردن منابع داده، سینک‌های داده و اپراتورهای پردازش به منطقه مدل‌سازی، ایجاد DSPM را امکان‌پذیر می‌سازد. در حالی که اپراتورها در مخزن نوع اپراتور (بخش b) موجود هستند،

منابع داده و سینک ها از حسگرها و محرک های موجود در مدل های IoTEM که از مدیر اشیاء IoT بازیابی می شوند، انتزاع می شوند. علاوه بر این، DSPM مدل‌سازی‌شده در ذخیره‌سازیDSPM (بخش c) ذخیره می‌شود. از طریق ابزار مدل سازی DSPM، نگاشت یک DSPM بر روی یک IoTEM آغاز می شود و متعاقبا، استقرار بر اساس نقشه نگاشت ایجاد شده نیز آغاز می شود. هنگامی که یک DSPM با موفقیت مستقر شد و توسط مؤلفه Deployment Manager شروع شد (به فصل 6 مراجعه کنید)، مدیر dDSPM از موفقیت آمیز بودن استقرار مطلع می شود و یک dDSPM مربوطه ایجاد می کند که حاوی اطلاعاتی است در مورد اینکه کدام شی IoT در حال پردازش کدام اپراتور است.

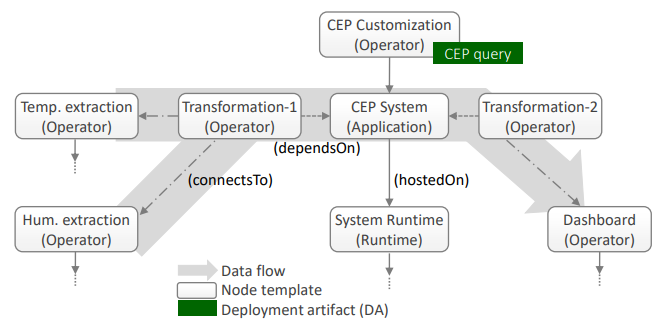
مدیر dDSPM دائماً اطلاعات وضعیت را از مدیر اشیاء IoT بازیابی می کند تا مثلاً بینشی از سلامت اپراتورهای مستقر و اشیاء موجود IoT بدست آورد. این اطلاعات را می توان در داشبورد MBP مشاهده کرد. در نهایت، ابزار مدل‌سازی تحلیلگران دامنه را قادر می‌سازد تا dDSPM‌ها را توسط مدیر dDSPM متوقف نمايد.

### 4-2-4 كارهاي مرتبط

رویکردهای زیادی برای مدل‌سازی جریان داده و پردازش داده در محيط اینترنت اشیا وجود دارد مانند COMPOSE Huginn, IFTTT, LabVIEW, Node-RED, WoTKit, WoT Flow یا Yahoo Pipes! .

با این حال، آنها یا فرض می‌کنند که پردازش به صورت متمرکز انجام می‌شود یا اینکه اپراتورها و خدمات از قبل در محیط‌های IoT در حال اجرا هستند. یک مرور ادبیات کامل بر روی مدل‌های جریان داده پیشرفته توسط Hirmer انجام شد، که رویکردی را برای مدل‌سازی و اجرای جریان‌های داده مبتنی بر نیاز پیشنهاد کرد. در اين کار، ابزار FlexMash توسعه داده شده است، که به عنوان پایه ای برای این پایان نامه در رابطه با مدل سازی پردازش جریان داده عمل می کند. مدل‌های عمومی بیشتری که به‌طور خاص برای پردازش داده‌های مدل طراحی نشده‌اند نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، به عنوان مثال، TOSCA .

نحوه مدل‌سازی پردازش رویداد پیچیده در TOSCA را بررسی می‌کنیم و پس از آن از مدل TOSCA حاصل برای استقرار و شروع پردازش استفاده می‌کنیم. در شكل زيریک مدل توپولوژی انتزاعی TOSCA برای پردازش رویداد پیچیده نشان داده شده است.



شکل 6

در اين شكل چندین نوع عملگر مدل شده است. به عنوان مثال، شامل اپراتورهایی است که مقادیر سنسور دما و رطوبت را استخراج می کنند و متعاقباً، یک اپراتور این مقادیر را به قالبی تبدیل می کند که توسط سیستم CEP قابل درک باشد. بسیاری از پلتفرم‌های IoT توسعه یافته‌اند که شامل یک لایه پردازش داده می‌باشند با این حال، آنها یا ابزاری برای مدل‌سازی پردازش داده‌ها به روشی کاربرپسند ارائه نمی‌کنند (مثلاً، مدل‌سازی با ورودی متنی محقق می‌شود) یا فقط مدل‌سازی قوانین ساده (مثلاً بیانیه‌های if) پشتیبانی می‌شود. . علاوه بر این، آنها فرض می‌کنند که پردازش به‌طور متمرکز انجام می‌شود، به عنوان مثال، توسط خود پلتفرم IoT و به این ترتیب از مفاهیم قرار دادن اپراتور پشتیبانی نمی‌کنند.

# **فصل پنجم**

**ارتباط بين DSPM ها در مدل هاي اينترنت اشياء (IoTEM)**

## 4-1 رويكرد خودكار

هدف این رویکرد این است که مدل به طور خودکار تصمیم بگیرد که کدام اشیاء IoT باید توسط کدام اپراتورها پردازش شود. این امر با استفاده از الگوریتم‌هایی محقق می‌شود که قادر به ارزیابی و مطابقت با قابلیت‌های کلی IoTEM و الزامات DSPM هستند. در این پایان نامه، به این مسئله به عنوان مسئله قرار دادن اپراتور اشاره می شود. مشکل توزیع عملگرها NP-complete است، الگوریتم‌های ابتکاری، مانند الگوریتم‌هایی که توسط V.M. Lo ارائه شده‌اند، معمولاً برای حل این نوع مسائل استفاده می‌شوند. بر اساس DSPM و IoTEM، مشکل قرار دادن اپراتور ها به اين صورت قابل تعريف مي باشد:

اجزاي IoTEM :Objects, Connections, Distance, Object Capabilities, Connection Capabilities, Object Capability Assignment, Connection Capability Assignment كه پيش تر بيان شد.

اجزايDSPM : Operators, Sources, Sinks, Edges, Operator Requirements, Edge Requirements, Operator Requirement Assignment, edge Requirement Assignment نيز پيش تر بيان شد.

راه حل : (operator Mapping, edge Mapping) كه در آن :

Source Mapping: Sources → Objects

ارتباطي که منابع داده DSPM را به اشیاء اختصاصی IoT در IoTEM اختصاص می دهد.

Sink Mapping: Sinks → Objects

ارتباطي که سینک های داده DSPM را به اشیاء اختصاصی IoT در IoTEM اختصاص می دهد.

Operator Mapping: Operators → Objects

ارتباطي که اپراتورهای محاسباتی DSPM را به اشیاء IoT IoTEM اختصاص می دهد.

Edge Mapping: Edges → Paths (IoTEM):

ارتباطي که لبه هایی را در DSPM به مسیرهای اتصال IoTEM اختصاص می دهد.

در این پایان نامه، دو الگوریتم برای حل مسئله قرارگیری اپراتور DSPM ارائه شده است: (i) یک روش حریصانه و یک (ii) روش عقبگرد كه نوع حریصانه راه حل را به موقع پیدا می کند، با این حال، یافتن بهترین راه حل ممکن را تضمین نمی کند.

Lo نشان می دهد که یک الگوریتم حریصانه ساده بسیار کارآمدتر است از الگوریتم های ابتکاری پیچیده تر. در مقابل، الگوريتم هاي عقبگرد تمام راه حل های ممکن را محاسبه می کند، بنابراین، می تواند بهترین راه حل ممکن را انتخاب کند. با این حال، نوع عقبگرد به زمان اجرای بالاتری نیاز دارد و بنابراین باید برای سناریوهای ساده ای که شامل اشیاء IoT کمتری هستند استفاده شود.

هدف اصلی هر دو الگوریتم یافتن مجموعه‌ای از اشیاء IoT است که قابلیت‌های آنها نیازهای اپراتورها را برآورده می‌کند. قراردادن اشیاء IoT نزدیک به منابع داده ترجیح داده می شوند، زيرا تشخیص زودهنگام موقعیت های بحرانی و اقدامات به موقع مربوطه را ممکن می سازد. علاوه بر این، حجم داده‌های مبادله شده در محیط اینترنت اشیا را می‌توان با جمع‌آوری و فیلتر کردن داده‌ها در نزدیکی منابع آنها و در اولین فرصت ممکن در زنجیره پردازش داده کاهش داد.

برای هر دو الگوریتم، فرض بر این است که اشیاء IoT که از طریق رابط‌های سخت‌افزاری به حسگرها یا محرک‌ها متصل هستند، قابلیت‌های محاسباتی کافی را برای اجرای استخراج داده‌های حسگر یا اپراتورهای ارائه داده را دارند. به این معنا که یک اپراتور استخراج داده همیشه می تواند مستقیماً روی شی IoT قرار گیرد که به طور فیزیکی به حسگر مربوطه متصل است.

### 5-1-1 الگوریتم تطبیق (حريصانه)

الگوریتم در شبه کد نشان داده شده كه IoTEM و DSPM را به عنوان ورودی نیاز دارد. خروجی نقشه ای از عملگرها و لبه های DSPM را بر روی اشیاء IoT و اتصالات آنها به IoTEM برمی گرداند. در ادامه الگوریتم به صورت گام به گام شرح داده شده است.

1. function GreedyMatching((Sources, Sinks,Operators, Edges, ...), (Objects, Connections, ...))
2. DSPM ← (Sources, Sinks,Operators, Edges, ...)
3. IoTEM ← (Objects, Connections, ...)
4. operatorMapping : Operators → Objects
5. edgeMapping : Edges → Paths(IoTEM)
6. order ← GetTopologicalOrder(Operators, Edges)
7. sourceMapping ← FillSourceMapping(IoTEM, DSPM)
8. sinkMapping ← FillSinkMapping(IoTEM, DSPM)
9. i ← 0
10. while i < |Operators| do
11. opj ← order(i)
12. if (opj .isConnectedToSource()) then
13. opObject ← sourceMapping(opj)
14. ConsumeCaps(operatorRequirementAssignment(opj), objectCapabilityAssignment(opObject))
15. operatorM apping(opj ) ← opObject
16. else if (opj .isConnectedToSink()) then
17. opObject ← sinkMapping(opj )
18. ConsumeCaps(operatorRequirementAssignment(opj), objectCapabilityAssignment(opObject))
19. operatorMapping(opj ) ← opObject
20. else
21. PreOperators ← {opi ∈ Operators : ∃(opi , opj ) ∈ Edges}
22. PreObjects ← operatorMapping(PreOperators)
23. closestOrder ← GetClosestObjects(IoTEM, PreObjects)
24. foundObject ← false
25. j ← 0
26. while ( j < |Objects| & foundObject) do
27. opObject ← closestOrder(j)
28. if TryMapOperator(opj , opObject, operatorMapping, edgeMapping, DSPM, IoTEM) then
29. foundObject ← true
30. end if
31. end while
32. if foundObject then
33. return "No solution found"
34. end if
35. end if
36. end while
37. return (operatorM apping, edgeMapping)
38. end function

در خط 6 تابع GetTopologicalOrder فراخوانی می شود که DSPM را به همراه Operators و Edge هایش به عنوان ورودی می گیرد. این تابع یک ترتیب نقشه برداری را برمی گرداند: {0، 1، . . . ، که با مرتب سازی توپولوژیکی عملگرها مطابقت دارد.

در خط 7، تابع FillSourceMapping نامیده می شود که DSPM و IoTEM را به عنوان ورودی می گیرد و نقشه ای از منابع انتزاعی شده از حسگرها و اشیاء اختصاصی اینترنت اشیا متصل به این حسگرها را برمی گرداند. به طور مشابه، تابع FillSinkMapping در خط 8 نقشه‌ای از سینک‌های انتزاعی از محرک‌ها و اشیاء اختصاصی اینترنت اشیا متصل به این محرک‌ها را برمی‌گرداند.

در مرحله بعد، لیست مرتب شده اپراتورها پیمایش می شود. اگر اپراتور فعلی به یک گره منبع داده متصل باشد، شی IoT متصل به منبع داده (یعنی حسگر) بازیابی می شود (خط 13). سپس قابلیت های این شی اینترنت اشیا با کم کردن منابع مورد نیاز اپراتور تنظیم می شود (خط 14).

در نهایت، اپراتور بر روی شی IoT (خط 15) نگاشت می شود. سپس، حلقه با عملگر بعدی ادامه می یابد. اگر اپراتور فعلی به یک گره سینک داده (خط 16) متصل باشد، مانند منبع داده همانطور که در بالا توضیح داده شد، مدیریت می شود. در خط 21، لیستی از اپراتورهای پیشین اپراتور فعلی در DSPM تعیین می شود و متعاقبا، اشیاء اینترنت اشیا میزبان این اپراتورهای قبلی نیز بازیابی می شوند (خط 22).

تابع GetClosestObjects همه اشیاء IoT را در IoTEM (خط 23) بر اساس فاصله شبکه آنها با اشیاء IoT قبلی مرتب می کند. نتیجه این است که نقشه به ترتیب بسته می‌شود: {0، 1، . . . ، } در حالی که closestoOrder(0) به شی IoT نزدیک ترین به اشیاء IoT قبلی اشاره دارد. اشیاء قبلی IoT نیز بخشی از این مرتب سازی هستند و ابتدا ظاهر می شوند زیرا فاصله شبکه آنها 0 است. پس از آن، لیست نزدیکترین اشیاء IoT طی می شود (خط 26) و بررسی می شود که آیا می توان اپراتور را روی یکی از آنها نگاشت کرد یا خیر. سپس چك كردن نزدیک ترین اشیاء اینترنت اشیا بسته به قابلیت های موجود آنها.

اگر نگاشت امکان پذیر باشد، به عنوان مثال، تابع TryMapOperat مقدار true را برمی گرداند (خط 28)، یک شی IoT پیدا شد و اپراتور با موفقیت بر روی شی IoT یافت شده نگاشت شد. در غیر این صورت، نزدیکترین شی IoT بعدی بررسی می شود. اگر هیچ شیء IoT قابلیت های لازم را نداشته باشد، هیچ راه حلی نمی توان یافت. در این حالت، الگوریتم از یک زیرساخت ابری به عنوان یک بازگشت استفاده می‌کند تا از یک راه‌حل اطمینان حاصل شود. در نهایت، الگوریتم مجموعه ای از نگاشت عملگرها و اشیاء را برمی گرداند (خط 37).

نوع حریصانه راه حلی را ارائه می دهد، با این حال، ممکن است بهترین راه حل در مورد حداقل فاصله شبکه بین اپراتورها نباشد.

5-1-1 الگوریتم تطبیق (روش عقبگرد)

هدف این الگوريتم نه تنها یافتن یک راه حل، بلکه بهترین راه حل است. ورودی آن مانند الگوریتم قبلي است، یعنی IoTEM و DSPM. نمونه شبه كد آن به اين صورت است:

1. function BACKTRACKING MATCHING(Sources, Sinks, Operators, ...), (Objects, Connections, ...))
2. DSPM ← (Sources, Sinks, Operators, ...)
3. IoTEM ← (Objects, Connections, ...)
4. operator Mapping : Operators →Objects
5. edgeMapping: Edges → Paths(IoTEM)
6. solution operator Mapping, edgeMapping)
7. source Mapping ← FILLSOURCEMAPPING(IOTEM, DSPM)
8. sink Mapping ← FILLSINKMAPPING(IOTEM, DSPM)
9. RestOperators ← Operators
10. for op € RestOperators do
11. if (op.isConnectedToSource() then
12. opObject ← sourceMapping(op)
13. CONSUMECAPS(operator RequirementAssignment(op) objectCapability Assignment(opObject))
14. operator Mapping(op) ← opObject
15. RestOperators ← RestOperators \ op
16. else if (op.isConnected ToSink) then
17. opObject ← sink Mapping(op)
18. CONSUMECAPS(operator RequirementAssignment(op) objectCapability Assignment(opObject))
19. operator Mapping(op) ← opObject
20. RestOperators ← Rest Operators \ op
21. end if
22. end for
23. Solutions ← Ф
24. found Solution ← FINDSOLUTION(solution, RestOperators, Edges, Solutions, DSPM, IOTEM)
25. if (Solutions ← found Solution) then
26. return "No solution found"
27. end if
28. return GETBESTSOLUTION(Solutions, Edges, distance)
29. end function

در خطوط 11-15، تمام اپراتورهای متصل به منابع DSPM پیمایش می شوند، اشیاء مربوط به IoT بازیابی می شوند و عملگرهای استخراج داده بر روی این اشیاء IoT نگاشت می شوند. پس از آن عملگرهای استخراج از لیست عملگرها حذف می شوند.

در خطوط 16-21، تمام اپراتورهای متصل به سینک ها نیز پیمایش می شوند، اشیاء IoT مربوطه بازیابی می شوند و اپراتورهای ارائه دهنده داده بر روی این اشیاء IoT نگاشت می شوند. پس از آن اپراتورهای سرویس دهنده نیز از لیست اپراتورها حذف می شوند. سپس تابع FindSolution فراخوانی می شود (خط 24) که شامل منطق تطابق نیازمندی ها و قابلیت ها است. كد اين تابع به صورت زير مي باشد.

1. function FindSolution(solution, Opera tors, Edges, Solutions, DSPM, IoTEM)
2. if Operators ̸= Ф then
3. foundSolution ← false
4. nextOperator ← GetOneElement(Operators)
5. for currObject ∈ Objects do
6. if SatisfiesReqs(operatorRequirementAssignment(nextOperator), objectCapabilityAssignment(currObject)) then
7. ConsumeCaps(operatorRequirementAssignment(nextOperator), objectCapabilityAssignment(currObject))
8. operatorMapping(nextOperator) ← currObject
9. Operators ← Operators \ {nextOperator}
10. if FindSolution(solution,Operators, Edges, Solutions, DSPM, IoTEM) then
11. foundSolution ← true
12. return true
13. else
14. Undo(operatorRequirementAssignment(nextOperator), objectCapabilityAssignment(currObjec t))
15. operatorMapping(nextOperator) ← null
16. Operators ← Operators ∪ {nextOperator}
17. end if
18. end if
19. end for
20. return foundSolution
21. else
22. if Ed ges ̸= Ф then
23. // similar to operators
24. else
25. Solutions ← Solutions ∪ {solution}
26. return t rue
27. end if
28. end if
29. end function

اين تابع FindSolution، یک جستجوی عمقی را برای راه حل های ممکن با استفاده از بازگشت انجام می دهد. در خط 5 بررسی می شود که الگوریتم تا چه حد پیشرفت کرده است. اگر مجموعه اپراتورها همچنان حاوی عناصر باشد، ابتدا این عناصر بر روی اشیاء IoT نگاشت می شوند.

در خط 3، متغیر foundSolution تعریف شده است که به خاطر می‌سپارد که آیا راه‌حلی پیدا شده است یا خیر. در خط 4، تابع GetOneElement عملگر فعلی را برمی گرداند. پس از آن، اشیاء IoT که برای اجرای این اپراتور مناسب هستند با تکرار تمام اشیاء IoTEM جستجو می شوند. توجه به این نکته ضروری است که ترتیب پردازش اشیاء IoT برای هر تکرار یکسان است. در غیر این صورت، دیگر امکان عقب نشینی وجود ندارد، یعنی بعداً مراحل نقشه برداری را لغو کنید و به دنبال جایگزین باشید.

در خط 6، بررسی می شود که آیا دستگاه فعلی نیازهای اپراتور nextOperat را برآورده می کند یا خیر. اگر اینطور نباشد، شیء IoT بعدی در نظر گرفته می شود. اگر یک شی IoT مطابقت داشته باشد، اپراتور از مجموعه اپراتورهایی که هنوز نیاز به نقشه برداری دارند حذف می شود (خط 12). سپس تابع FindSolution به صورت بازگشتی فراخوانی می شود.

**فصل ششم**

## **مقدمه**

بحث

.

### **6-1 بحث و پیشنهاد‌ها:**

.

**6-1-1 بحث** :

می‌شود .

**6-1-2 پيشنهادها** :

هست.

### **6-2** نتیجه‌گیری :

رایانش

.

# **منابع و مراجع**

**فهرست منابع غیرفارسی و اینترنتی**

1. R. A. Popa, C. M. S. Redfield, N. Zeldovich, and H. Balakrishnan, “CryptDB: Processing queries on an encrypted database.” Commun. ACM, vol. 55, no. 9, pp. 103–111, 2012.

**ABSTRACT**

tion.