

## ارائه الگوی محاسباتی دسترس پذیری خدمات فناوری اطلاعات به صورت چند لایه

ابوالقاسم صادقی<sup>۱</sup>، محمدرضا ولوی<sup>۲\*</sup>، مهری اسدی وصفی<sup>۳</sup>، مرتضی براری<sup>۴</sup>، غلامرضا محتشمی<sup>۵</sup>

۱- مربی، ۲- دانشیار، ۳- دانشجو کارشناسی ارشد، ۴- استادیار، دانشگاه صنعتی مالک اشتر ۵- استاد، دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت: ۹۵/۰۸/۱۵، پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۵)

### چکیده

با توجه به شرایط امروزی یکی از شرایط موفقیت کسب و کارها در دنیای مدرن، ارائه خدمات فناوری اطلاعات به موقع و با اطمینان و دسترس پذیری بالا است. بنابراین برای سازمان‌ها ایجاد زیرساخت‌های فنی و ارائه خدمات با دسترس پذیری بالا برای خدمات فناوری اطلاعات از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود که مستلزم آن است که بتوان با مدل‌های دقیق کمی، میزان دسترس پذیری خدمات و زیرساخت‌ها را محاسبه نمود. تاکنون در این زمینه تلاش‌های زیادی صورت گرفته است که اغلب آن‌ها دسترس پذیری را صرفاً برای تجهیزات زیرساختی و یا حداکثر با لحاظ ارتباطات این تجهیزات با یکدیگر یعنی در لایه شبکه یا زیرساخت محاسبه نموده‌اند. در این پژوهش تلاش می‌شود با تبعیت از یک دیدگاه مبتنی بر معماری، تمامی لایه‌های سه‌گانه یک خدمت فناوری اطلاعات شامل لایه کسب و کار، نرم‌افزار و زیرساخت را در یک چارچوب یکپارچه و به هم پیوسته با هم مرتبط نمود. سپس دسترس پذیری کلی یک فرایند در لایه کسب و کار را با توجه به ارتباطات مدل‌سازی شده بین هر سه لایه، به صورت دقیق محاسبه و در اختیار کاربر قرار داد. مزیت این رویکرد در فهم دقیق کاربر خدمت از میزان دسترس پذیری فرایندهای کاری مورد نیاز وی است، زیرا کاربر نمی‌تواند صرفاً با در اختیار داشتن اطلاعات دسترس پذیری لایه زیرساخت به تنهایی درک دقیقی از دسترس پذیری خدمت یا فرایند در اختیار خود داشته باشد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که چگونه از دست رفتن یک جزء دارای اهمیت بالاتر تأثیرات به مراتب منفی‌تری نسبت به یک جزء کم اهمیت بر روی دسترس پذیری کلی فرآیند کاری کاربران دارد.

### واژه‌های کلیدی: دسترس پذیری، خدمت فناوری اطلاعات، فرایند کسب و کار، شبکه‌های تصادفی

### ۱- مقدمه

معماری خدمت‌گرا در دهه اخیر روش فرمالی ارائه کرده است که در آن خدمات‌ها عناصر پایه‌ای طراحی یک سیستم به شمار می‌روند. این مدل نشان‌دهنده شروع یک گام منطقی و تکاملی بر مبنای توسعه و پیشرفت در زمینه‌های محاسبات توزیع‌شده، مدل‌سازی فرایند کسب و کار و توسعه همه‌جانبه فناوری‌های شبکه‌ای می‌باشد. افزایش نیازمندی‌های عملیاتی و غیرعملیاتی، پیچیدگی‌های سامانه‌های فناوری اطلاعات را به صورت قابل توجهی در دهه اخیر افزایش داده است. از سوی دیگر، فعالیت‌های تمام کسب و کارها هر روز بیش از گذشته متکی به زیرساخت و خدمات فناوری اطلاعات شده است [۱].

دستیابی به نیازمندی‌های غیرعملیاتی این زیرساخت‌ها مانند دسترس پذیری فرآیندها و خدمات، از عوامل کلیدی موفقیت کسب و کارها می‌باشد. میزان دسترس پذیری فرآیندهای کسب و کار به سطح دسترس پذیری خدمات فناوری اطلاعات و در نهایت قابلیت دسترسی پذیری در جزءهای زیرساختی فناوری اطلاعات و

ارتباطات وابسته است. ارائه خدمات با کیفیت نامناسب و غیرقابل اطمینان منجر به از دست دادن فرصت‌ها و درآمد‌های یک کسب و کار خواهد شد. از این رو، ارتقاء و دفاع از دسترس پذیری فرآیندهای کسب و کار مبتنی بر فناوری اطلاعات برای سازمان‌ها بسیار حیاتی می‌باشد. از سوی دیگر، دسترس پذیری در لایه کسب و کار - که معمولاً بالاترین لایه معماری سازمانی فرض می‌شود - وابستگی کاملی به دسترس پذیری در لایه‌های زیرین فنی دارد. زیرا اساساً فرآیندهای کسب و کار بر بستر زیرساخت‌های فنی اجرا می‌شوند و ضعف در دسترس پذیری این زیرساخت‌ها منجر به ضعف در دسترس پذیری لایه کسب و کار می‌شود. طبیعتاً مدل‌های محاسبه دسترس پذیری باید بتوانند این تأثیر را در محاسبات خود نشان دهند. تمرکز این پژوهش بر ارائه مدل عملیاتی به منظور محاسبه دسترس پذیری نهایی خدمات فناوری اطلاعات در شبکه‌های گسترده با توجه به وابستگی‌های دسترس پذیری هر لایه به لایه‌های پایینی خود بر مبنای یک رویکرد سه‌لایه‌ای می‌باشد. این مدل امکان محاسبه دسترس پذیری در هر یک از لایه‌های کسب و کار، برنامه و زیرساخت را با جزئیات دقیق فراهم می‌آورد. در ادامه و در بخش ۲ مروری بر کارهای

ابزارهای جانبی و خطاهای انسانی ناشی می‌شود. البته پژوهش آن‌ها در حوزه مهندسی قدرت انجام گرفته است و چنین دسته‌بندی برای آن‌ها در سال ۲۰۱۰ جنبه نوآورانه داشته است.

Milanovic و همکاران در سال ۲۰۱۱، بر اساس پژوهش‌های قبلی خود جعبه ابزاری برای تولید خودکار مدل دسترس‌پذیری به‌منظور محاسبه دسترس‌پذیری ارائه داده است [۶]. این ابزارها تنها برای محاسبه دسترس‌پذیری لایه ارتباطی شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد و تمامی شرایط دنیای واقعی مانند نرم‌افزارهایی که باید به‌منظور اجرای فرآیند یا خدمت در دسترس باشند و تمامی منابع داخلی و خارجی و یا افزونگی واحدهایی که در هر جزء می‌تواند وجود داشته باشد را در نظر نمی‌گیرد. از سویی در شبکه‌های پیچیده‌ای چون اینترنت نمی‌توان از یک مدل تنها چون بلوک دیاگرام قابلیت اطمینان<sup>۲</sup> یا درخت خرابی<sup>۳</sup> و غیره به تنهایی استفاده کرد و باید به‌منظور کاهش پیچیدگی‌های محاسباتی از مدل‌های سلسله مراتبی و ترکیبی از چندین مدل بهره برد.

Menon و همکاران در سال ۲۰۱۱، روش‌های شکست محصولات الکترونیکی را بررسی کرده و زمان شکست را تخمین می‌زنند [۷]. Johanna و همکاران قابلیت اطمینان سخت‌افزارهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم را در سال ۲۰۱۱ محاسبه کردند [۸]. آن‌ها دو روش و استاندارد ممکن مبتنی بر پیش‌بینی قابلیت اطمینان و تست سرعت سخت‌افزار شبکه‌های حسگر بی‌سیم ارائه دادند.

Dirtrich و همکاران در سال ۲۰۱۳، یک چارچوب برای ایجاد نمودارهای بلوکی قابلیت اطمینان به‌طور خودکار از دید کاربران در معماری‌های سرویس‌گرا<sup>۴</sup> ارائه کرده است [۹]. آن‌ها ابتدا یک توصیف از خدمت مورد نظر، یک مدل هم‌بندی شبکه و یک جفت مشتری<sup>۵</sup> و ارائه‌دهنده خدمت را در نرم‌افزارهای تحت وب مبتنی بر وب سرویس ارائه می‌دهند و بر اساس آن جزءهای آی‌سی تی مرتبط را شناسایی کرده و مدل دسترس‌پذیری خدمت از دید کاربر را تهیه می‌کنند. سپس بر اساس مدل دسترس‌پذیری فراهم‌شده، دسترس‌پذیری حالت پایدار را از دیدگاه‌های مختلف محاسبه می‌کنند. مدل آن‌ها مدلی لایه‌ای نمی‌باشد و صرفاً به محاسبه دسترس‌پذیری در سطح شبکه اکتفا می‌کنند. Franke و همکاران در سال ۲۰۱۳، یک چارچوب معماری برای تحلیل دسترس‌پذیری خدمت فناوری اطلاعات سازمان ارائه کردند [۱۰]. چارچوب معماری آن‌ها برای

مشابه در زمینه محاسبه دسترس‌پذیری خدمات فناوری اطلاعات انجام می‌دهیم.

در بخش ۳ مدل پیشنهادی این پژوهش را ارائه و تشریح می‌نماییم. در بخش ۴ روش و الگوریتم محاسبه دسترس‌پذیری با استفاده از مدل پیشنهادی مطرح می‌شود. سپس یک مسأله نمونه فرآیند ارسال و چاپ مقاله در بخش ۵ عنوان و حل می‌شود. با توجه به این که در بخش ۵ مسأله نمونه به‌صورت دستی حل می‌شود، در بخش ۶ یک زنجیره کامل از ابزارها جهت انجام شبیه‌سازی نرم‌افزاری برای مسأله‌های بزرگ و پیچیده واقعی معرفی می‌شود و مسأله نمونه ما در فرآیند شبیه‌سازی قرار می‌گیرد. در بخش ۷ نیز جمع‌بندی و تحقیقاتی که در ادامه می‌تواند بر اساس این پژوهش انجام شود را بررسی و پیشنهاد می‌کنیم.

## ۲- مدل‌های محاسباتی دسترس‌پذیری

Martinello در سال ۲۰۰۵، مدلی برای محاسبه دسترس‌پذیری ارائه کرده است که هدف آن بررسی دسترس‌پذیری کاربران وب سرویس‌های نرم‌افزاری است [۲]. این معماری صرفاً با لایه‌های نرم‌افزاری توجه دارد و با وجود آن که یک شکست سلسله مراتبی سه‌لایه را در مدل محاسبه دسترس‌پذیری خود به‌کار گرفته است لیکن تمام این لایه‌ها از بعد نرم‌افزاری طراحی شده‌اند و توجهی با الزامات دسترس‌پذیری در لایه‌های پایین‌تر ندارند.

Terruggia و همکاران در سال ۲۰۰۹، محاسبات قابلیت اطمینان و کیفیت خدمت را در شبکه‌های احتمالی و وزن‌دار با استفاده از نمودارهای تصمیم‌گیری ارائه دادند [۳]. آن‌ها محاسبات را در سطح شبکه انجام می‌دهند و تنها قابلیت اطمینان را برای لایه خدمات فناوری اطلاعات محاسبه می‌کنند. مدل ارائه‌شده توسط آن‌ها به‌صورت لایه‌ای و جزئی و با دخیل کردن لایه‌های زیرین، به محاسبه دسترس‌پذیری نمی‌پردازد.

همان افراد در سال ۲۰۱۰ به محاسبه قابلیت اطمینان شبکه‌های احتمالی گسترده مانند شبکه‌های پیچیده و تصادفی پرداختند [۴]. آن‌ها از نمودارهای تصمیم‌دووی به‌منظور بررسی احتمالات مختلف قابلیت اطمینان در این شبکه‌ها استفاده کردند. مبنای کار آن‌ها نیز محاسبه قابلیت اطمینان در لایه شبکه و تنها با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان اجزاء آی‌سی تی<sup>۱</sup> می‌باشد و از عوامل اثرگذار در لایه‌های دیگر صرف نظر می‌کنند. در ادامه اعتمادی و همکاران در سال ۲۰۱۰ در [۵] بیان می‌دارند که اشکالات سیستم‌های حفاظتی از خرابی‌های سخت‌افزار، نرم‌افزار،

2- Reliability Block Diagram

3- Fault Tree

4- Service Oriented Architecture

5- Client

1- ICT

اپراتورهای مخابراتی مهم‌ترین شاخص‌های دسترس‌پذیری شبکه هسته را در یک زیرساخت مخابراتی موبایل نشان دهد. شبکه هسته، به شبکه مرکزی و زیرساخت اصلی مدیریت کل یک اپراتور مخابراتی گفته می‌شود.

### ۳- مدل پیشنهادی محاسبه دسترس‌پذیری

در اولین بخش از این پژوهش مدل مبنایی که برای محاسبه دسترس‌پذیری به صورت چند لایه به آن نیاز داریم را ارائه می‌کنیم.

#### ۳-۱- مدل معماری سازمانی

به وضوح مشاهده می‌شود که پیچیدگی سازمان‌های بزرگ و متوسط را نمی‌توان با یک مدل معماری سازمانی پوشش داد. در دنیای واقعی، مدل‌های معماری مختلفی برای بخش‌های مختلف یک سازمان می‌توان به کار گرفت به طوری که بیش‌تر معماری‌های مشخص شده زیرمجموعه‌ای از محصولات سازمان را پوشش می‌دهد [۲۰].

مدیریت‌داری‌های فناوری اطلاعات در یک سازمان (یا یک واحد سازمانی) از موضوعات اصلی و مرکزی ITIL<sup>۳</sup> می‌باشد. بنابراین، توسعه و مستندسازی خوب معماری سازمانی از موضوعات ارزشمند برای مدیریت سیستم‌های فناوری اطلاعات به شمار می‌رود [۲۲]. معماری سازمانی یک دید کلی از زیرساخت فناوری اطلاعات، اجزاء نرم‌افزاری و برنامه‌های کاربردی، پشتیبانی از فرآیندهای کسب‌وکار و فرآیندهای مشتری و همچنین وابستگی میان اجزاء کلیدی را ارائه می‌کند. به‌منظور تضمین موثر و کارآمد بودن فرآیندهای عملیاتی، عناصر کلیدی مدیریت سیستم‌های فناوری اطلاعات مانند خدمات فناوری اطلاعات، تعهدات سطح خدمت<sup>۴</sup>، تامین‌کنندگان خدمت، فرآیندهای خدمت و غیره و وابستگی آن‌ها باید در چارچوب معماری سازمانی مستند شود. بدین منظور، ارتباطات با عناصر کلیدی دیگر معماری سازمانی چون اجزاء نرم‌افزاری، عناصر زیرساخت، واحدهای سازمانی و فرآیندهای کسب‌وکار باید به‌گونه‌ای شناسایی شده باشد که بتوان تاثیر تغییرات را به صورت لایه‌ای و متقاطع بررسی و تحلیل کرد [۲۲]. از این‌رو، باید بتوان در اولین گام فرامدلی طراحی کرد که ارتباطات بین خدمات فناوری اطلاعات را با اجزاء دیگر معماری سازمانی را به‌صورت دقیق نشان دهد.

شکل (۱)، این فرامدل پیشنهادی را نشان می‌دهد [۲۴]. این شکل پایه اصلی رویکرد این پژوهش را تشکیل می‌دهد و در کیفیت و دقت کلی پژوهش بسیار تأثیرگذار خواهد بود. لذا تلاش

مدل‌سازی و ارزیابی کمی و کیفی دسترس‌پذیری خدمات‌ها به کار می‌رود. آن‌ها در مدل خود بر سرشماری فاکتورهای عدم دسترسی یک خدمت تمرکز کرده‌اند که عملاً کار مشکلی می‌باشد و به تخصص و تجربه محاسبه‌کننده وابسته است. از این‌رو نمی‌توان جواب‌های دقیق و مشابهی را در شرایط یکسان به‌دست آورد. Macedo و همکاران در [۱۱] و Silva و همکاران در [۱۲] در سال ۲۰۱۳، ابزاری به‌منظور بررسی دسترس‌پذیری تجهیزات اینترنت اشیا بر اساس درخت خرابی ارائه داده‌اند.

Macedo و همکاران در سال ۲۰۱۴ [۱۳] و Zhu در سال ۲۰۱۲ [۱۴] مدلی برای محاسبه دسترس‌پذیری سیستم‌های شبکه‌ای بزرگ بر اساس مدل مارکوف ارائه دادند. آن‌ها از مدل‌های سلسله‌مراتبی بدین منظور بهره می‌برند و ابتدا با مدل‌هایی چون درخت خرابی یا بلوک دیگرام قابلیت اطمینان ساختار کلی شبکه را به‌دست می‌آورند و سپس بر روی حالات مختلف شبکه با توجه به ساختار مدل مارکوف مناسب را طراحی و دسترس‌پذیری را محاسبه می‌کنند.

در [۱۵] پژوهشگران یک مدل سلسله‌مراتبی ناهمگن برای محاسبه دسترس‌پذیری در خدمات مبتنی بر ابر ارائه نموده‌اند. هدف این پژوهش ارائه شاخص‌های معینی به مخاطب بوده است تا بتواند از آن‌ها برای تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری روی ایجاد یک بستر ابر اختصاصی با استفاده از محصول اوکالیپتوس<sup>۱</sup> در مقایسه با اجاره یک خدمت عمومی ابر مانند خدمات ابر شرکت آمازون استفاده کند.

یکی از موضوعات پیچیده روز در حوزه مدیریت دسترس‌پذیری، محاسبه دسترس‌پذیری خدمات و زیرساخت‌های ابر است. [۱۶] تحقیق بسیار شاخص و خوبی را در این زمینه عرضه نموده است که در آن یک مدل صوری برای محاسبه دسترس‌پذیری خدمات ابر ارائه شده است. این مدل که بر مبنای شبکه‌های پتری رنگی<sup>۲</sup> طراحی شده است با در نظر گرفتن توزیع جغرافیایی زیرساخت‌های ابر، دسترس‌پذیری را برای هر ناحیه جغرافیایی از کل زیرساخت ابر به صورت مجزا محاسبه می‌نماید.

برای حوزه ارتباطات زیرساختی پژوهش‌های [۱۷] و [۱۹] فعالیت نموده‌اند. [۱۷] دسترس‌پذیری و قابلیت اطمینان را برای ارتباطات ماهواره‌ای بر مبنای ظرفیت ارلنگ کانال محاسبه نموده است. برای پیاده‌سازی و شبیه‌سازی روش پیشنهادی خود نیز از زبان توصیف صوری PRISM استفاده نموده است. در مقابل [۱۹] یک مدل قابلیت اعتماد تصادفی را ارائه داده است تا بتواند به

3- Information Technology Infrastructure Library

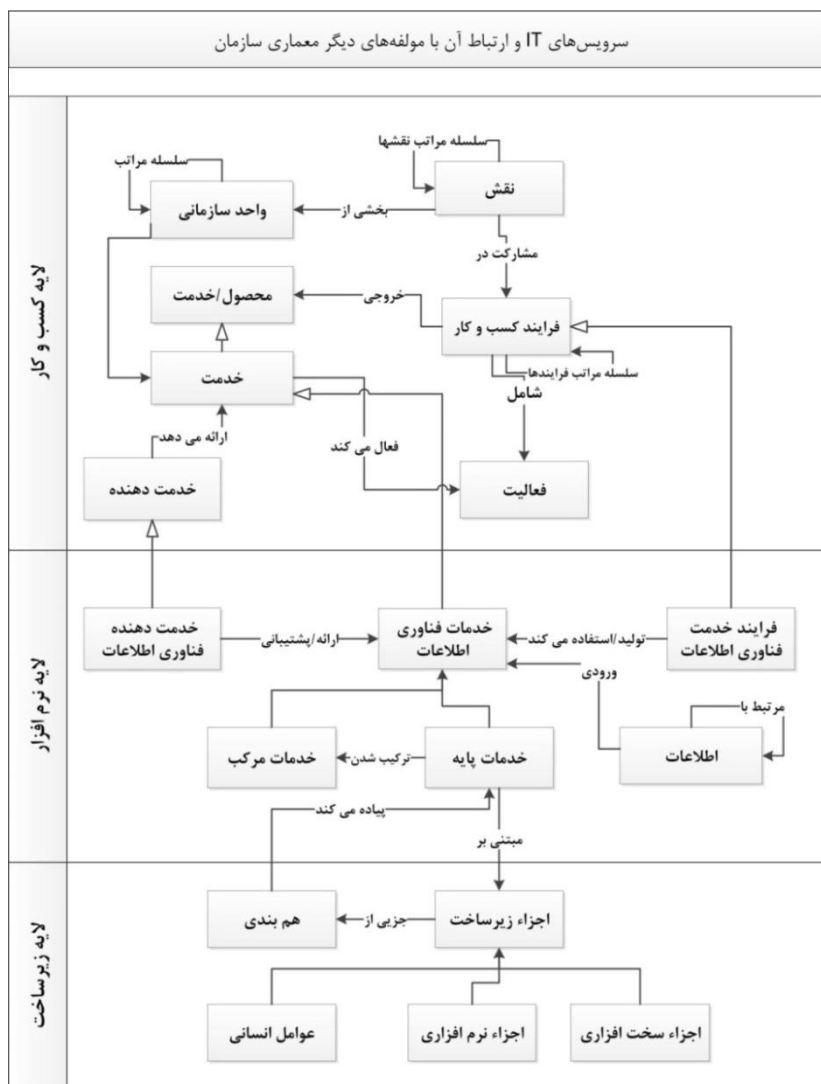
4- Service Level Agreement (SLAs)

1- Eucalyptus

2- Stochastic Colored Petri Nets

داده‌ایم. هم‌چنین تنوع روابط وابستگی بین اجزاء مختلف مدل نیز افزایش یافته است. توضیحات برخی از اجزاء در [۲۴] موجود است. در مورد سایر اجزاء نیز توضیحات لازم در ادامه می‌آید. بدیهی است برخی از اجزاء به دلیل واضح بودن نیازی به توضیح نخواهند داشت.

شده تا در طراحی آن از تمامی مدل‌های عینی کاربردی در فناوری اطلاعات امروزی استفاده شود. لایه‌بندی و برخی از اجزاء مهم این مدل از [۲۴] گرفته شده و می‌توان برای مطالعه دقیق‌تر پیرامون مدل به آن مراجعه نمود. لیکن مدل ارائه‌شده در [۲۴] در کل صرفاً دارای هفت جزء است که آن‌را به هجده جزء افزایش



شکل (۱): فرامدل ارتباط خدمات فناوری اطلاعات با معماری سازمانی [۲۴]

تشکیل می‌دهد. در شکل (۱) منظور از هم‌بندی در لایه زیرساخت، ارتباطاتی است که به صورت فیزیکی بین اجزاء مختلف سخت‌افزاری با استفاده از یکی از فناوری‌های ارتباطی برقرار می‌شود و خدمات لایه نرم‌افزار روی آن بستر ارائه می‌شود.

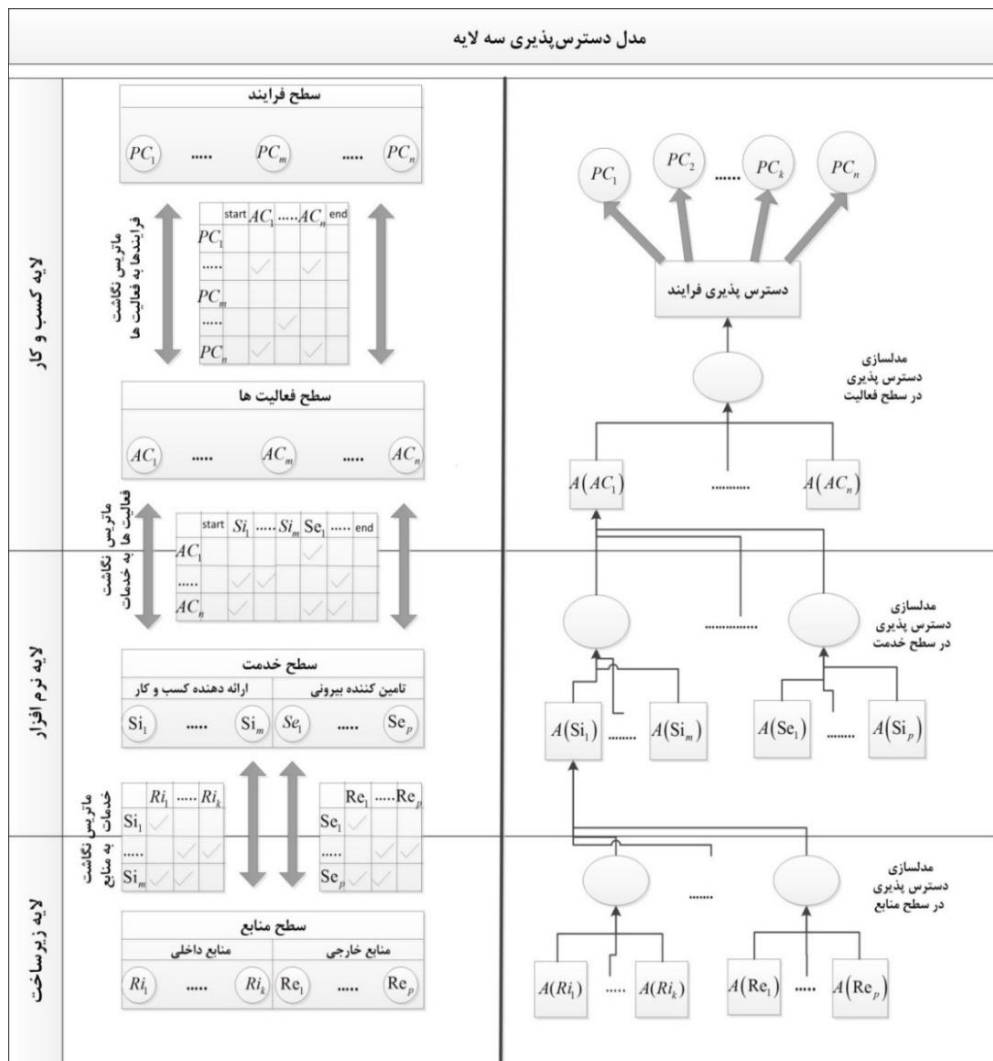
در لایه نرم‌افزار منظور از خدمات پایه، آن خدماتی هستند که مرکب از چند خدمت دیگر نباشند و نتوان آن‌ها را به زیرخدمت‌های مستقل و دارای مفهوم تفکیک نمود. در مقابل خدمات مرکب از ترکیب چند خدمت پایه با یکدیگر تشکیل شده‌اند.

تشریح این شکل به صورت کلی این است که در هر لایه عناصر اصلی معماری آن لایه به صورت تفکیک‌شده و مجزا در بلوک‌های متفاوت مشخص شده‌اند و سپس نوع ارتباطی که بین هر دو نوع بلوک در سیستم‌های امروزی معمولاً رایج است به صورت خطوط جهت‌داری که نوع ارتباط روی هر یک نوشته شده، نشان داده شده است. به عنوان مثال نقش - بخشی از - واحد سازمانی نشان می‌دهد که همواره جزء نقش در معماری که همان نقش‌های مختلف سازمانی می‌باشد، بخشی از واحد سازمانی را

اطلاعات با سایر اجزاء این معماری، می توان مدل محاسباتی را برای دسترس پذیری خدمات فناوری اطلاعات به صورت شکل (۲) ارائه داد. ایده این مدل از [۲] اقتباس شده است با این تفاوت که لایه بندی ها و نگاشت بین لایه های مختلف به جای آن که بر مبنای ادبیات و هدف گذاری های نرم افزارهای تحت وب دارای وب سرویس انجام شده باشد تا لایه زیرساخت و ارتباطات فیزیکی نیز پایین می رود.

### ۳-۲- مدل سه لایه محاسبه دسترس پذیری

خدمات فناوری اطلاعات را می توان در اصل به معماری نرم افزار و برنامه های کاربردی در لایه برنامه کاربردی اختصاص داد، زیرا اجزاء نرم افزاری و قابلیت های آن بخش های اساسی خدمات فناوری اطلاعات به شمار می رود. این خدمات باید بر اساس نیازمندی های کسب و کار تعریف شده باشند و به عناصر کلیدی لایه های مختلف معماری سازمانی مرتبط شوند. حال با توجه به مدل معماری سازمانی شکل (۱) و ارتباط خدمات فناوری



شکل (۲): مدل سه لایه ای محاسبه دسترس پذیری [۲]

زیرساخت متناظر در پایین ترین لایه (لایه زیرساخت) برای اجرا نگاشت شود. سپس با توجه به دسترس پذیری این اجزاء و مدل های دسترس پذیری مناسب، دسترس پذیری اجزاء لایه های بالاتر را محاسبه کرد. گام های این مدل در شکل (۳) ارائه شده اند.

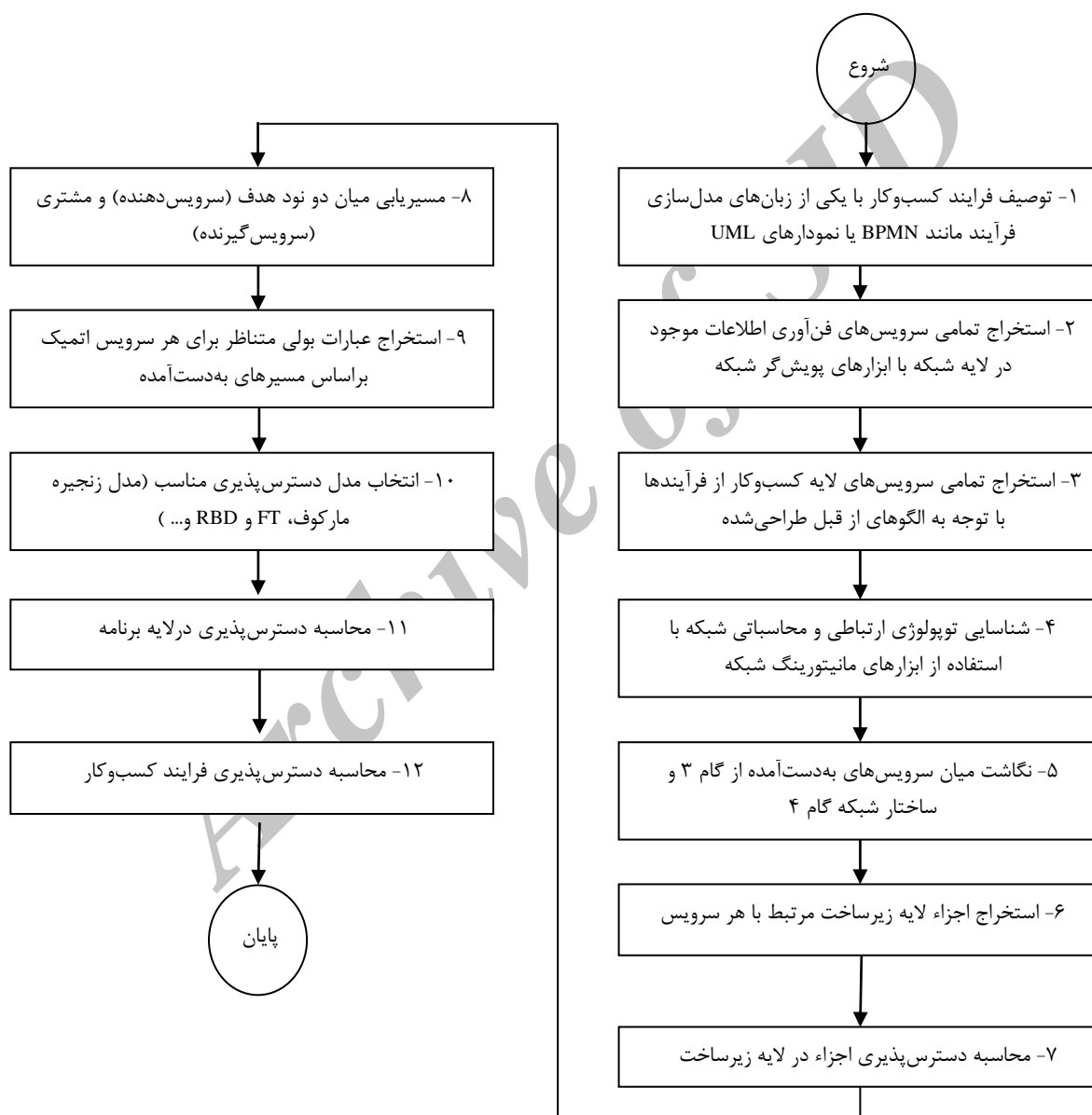
### ۴- محاسبه دسترس پذیری با استفاده از مدل سه لایه

روش محاسبه این مدل روش مبتنی بر تجزیه و شکست از بالا به پایین می باشد. به این صورت که ابتدا باید یک فرایند موجود در بالاترین لایه (لایه کسب و کار) را به گونه ای تجزیه کرد تا به اجزاء

شکل (۲) توابع تجمیع زیر را به منظور برقراری ارتباط محاسباتی بین لایه‌های پایینی و میانی مدل با لایه کسب‌وکار به صورت فرمال تعریف و تحلیل می‌کنیم. بدین صورت که دسترس‌پذیری لایه کاربرد بر حسب دسترس‌پذیری عناصر لایه زیرساخت و دسترس‌پذیری لایه کسب‌وکار بر حسب دسترس‌پذیری مؤلفه‌ها و سامانه‌های لایه کاربرد محاسبه می‌شود.

### ۳-۳- محاسبه دسترس‌پذیری لایه کسب‌وکار

با توجه به این‌که در مدل ارائه شده در شکل (۲) و الگوریتم ارائه شده در شکل (۳) دسترس‌پذیری لایه‌های زیرساخت و خدمت، پیش‌نیاز و ورودی محاسبه دسترس‌پذیری لایه فرآیندهای کسب‌وکار محسوب می‌شوند لذا باید از محاسبات مربوط به این دولایه استفاده کنیم تا دسترس‌پذیری نهایی فرآیندهای کسب‌وکار استخراج شوند. برای این کار مطابق مدل ارائه‌شده در



شکل (۳): مراحل الگوریتم محاسبه دسترس‌پذیری سه‌لایه

باید توجه کرد که اگر تعداد کل فرآیندهای مورد نظر در  $Y$  فرض شود ابعاد ماتریس  $M_{PC,R}$  به اندازه  $Y \times X$  خواهد بود.

همچنین با توجه به پیچیده و بزرگ بودن ساختار شبکه‌های تصادفی و در دسترس بودن ابزارهایی چون IBM Process Designer، ARIS، Open NMS، Papyrus، VIATRA، GSTools می‌توان تمامی گام‌های بالا را به صورت اتوماتیک انجام داد. در ادامه نتایج به دست آمده پس از اعمال مدل ارائه شده به یک فرایند نمونه مانند خدمت پیام در فرآیند چاپ مقاله را بررسی می‌کنیم.

بحث نظری مهم در فرمول‌های (۵-۱) این است که باید ثابت کرد طبق این فرمول‌ها، دسترس پذیری هر عنصر نمی‌تواند بیش از عدد ۱ باشد تا شرط لازم دسترس پذیری نقض نشود. برای این منظور داریم:

$$\forall a_{ij} \in M_{PC,R}, \sum_{j=1}^x a_{ij} = 1 \quad (۶)$$

از سوی دیگر، می‌دانیم که دسترس پذیری اولیه برای تمامی مؤلفه‌ها لایه زیرساخت به صورت فرضی کوچک‌تر یا مساوی ۱ است. یعنی:

$$\forall i, A(R_i) \leq 1 \quad (۷)$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\forall i, A(PC_i) = \sum_{j=1}^x a_{ij} \cdot A(R_j) \leq \sum_{j=1}^x a_{ij} = 1 \quad (۸)$$

لذا الزام حداکثر مساوی یک بودن عدد دسترس پذیری هر فرآیند در این فرمول‌ها برقرار است.

#### ۴- مطالعه موردی

همان‌طور که در بخش ۲-۲ و ۲-۳-۲-۳ اشاره نمودیم نزدیک‌ترین پژوهش‌های مشابه با موضوع این پژوهش متعلق به مراجع [۶] و [۲] هستند. لیکن [۶] اساساً چنین لایه‌بندی را با رویکرد محاسبات در لایه کسب‌وکار سازمان دنبال نکرده است و [۲] نیز لایه‌بندی را با هدف محاسبه دسترس پذیری برای وب سرویس‌ها انجام داده که معادل لایه میانی مدل سه‌لایه ما می‌شود و آن‌را تا لایه کسب‌وکار معماری توسعه نداده است. لذا برای صحت‌سنجی و اعتبارسنجی مدل ارائه شده از یک مطالعه موردی روی یک فرآیند مشهور و در دسترس همگان مانند پذیرش و چاپ مقاله و تحلیل نتایج حاصله استفاده می‌کنیم.

در این توابع ماتریس وابستگی بین فرآیندها با برنامه‌های کاربردی را با  $M_{PC,AC}$ ، ماتریس وابستگی بین برنامه‌های کاربردی با خدمات‌ها (اعم از خدمات داخلی  $S_i$  یا خدمات بیرونی  $S_e$ ) را با  $M_{AC,S}$  و ماتریس وابستگی بین خدمات‌ها با منابع را با  $M_{S,R}$  نشان می‌دهیم. بدین ترتیب خواهیم داشت:

$$Availability(PC_i) = A(PC_i) = \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot A(AC_j) \quad (۱)$$

$$\forall j=1..m \mid a_{ij} \in M_{PC,AC}(i), a_{ij} > 0$$

در رابطه (۱)، متغیر  $m$  نشان‌دهنده کل تعداد برنامه‌های کاربردی می‌باشد. به همین ترتیب، برای لایه‌های پایین‌تر خواهیم داشت:

$$A(AC_i) = \sum_{j=1}^k a_{ij} \cdot A(S_j) \quad (۲)$$

$$\forall j=1..k \mid a_{ij} \in M_{AC,S}(i), a_{ij} > 0$$

$$A(S_i) = \sum_{j=1}^x a_{ij} \cdot A(R_j) \quad (۳)$$

$$\forall j=1..x \mid a_{ij} \in M_{S,R}(i), a_{ij} > 0$$

در روابط (۲-۳) متغیرهای  $k$  و  $x$  به ترتیب نشان‌دهنده کل تعداد خدمات‌ها و کل تعداد منابع هستند.

#### ۳-۴- ماتریس وابستگی مستقیم

بر اساس شکل (۲) می‌توان ارتباط منطقی مستقیمی را برای محاسبه دسترس پذیری فرآیندها بر مبنای دسترس پذیری مؤلفه‌های زیرساختی ارائه نمود. بدین منظور، ماتریسی را تحت عنوان ماتریس وابستگی مستقیم با نماد  $M_{PC,R}$  تعریف کرده و آن‌را از رابطه (۴) محاسبه خواهیم نمود. رابطه (۴) در واقع نوعی میان‌بر برای محاسبات مربوط به روابط (۱-۳) را به وجود می‌آورد. زیرا دقیقاً همان منطق و چارچوب را با استفاده از محاسبات ماتریسی پیاده می‌کند. بنابراین با استفاده از ماتریس  $M_{PC,R}$  می‌توان سه رابطه (۱-۳) را به صورت خلاصه شده در رابطه (۵) به دست آورد.

$$M_{PC,R} = M_{PC,AC} \times M_{AC,S} \times M_{S,R} \quad (۴)$$

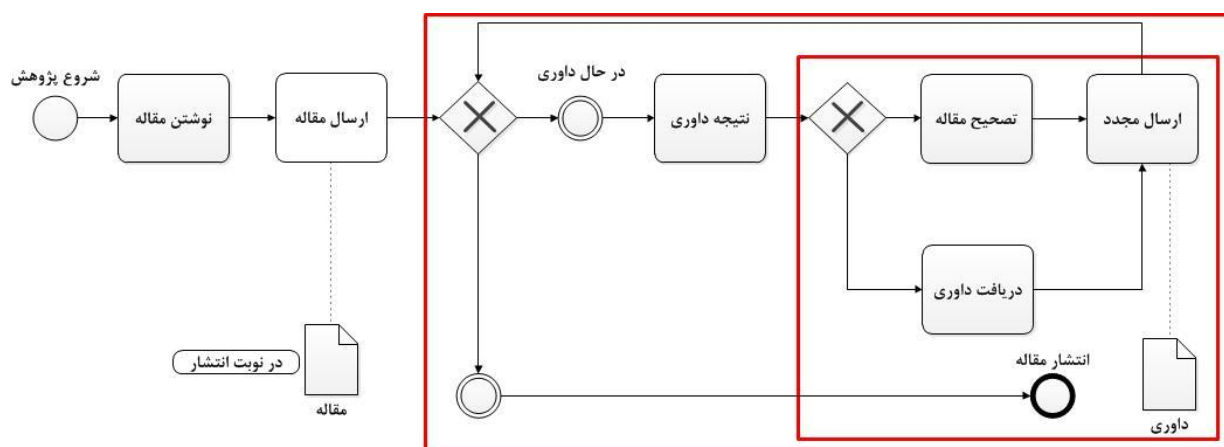
$$A(PC_i) = \sum_{j=1}^x a_{ij} \cdot A(R_j) \quad (۵)$$

$$\forall j=1..x \mid a_{ij} \in M_{PC,R}(i), a_{ij} > 0$$

۴-۱- توصیف فرآیند چاپ مقاله

این فرآیند پس از پذیرش چکیده مقاله ارسال شده برای مجله آغاز می‌گردد. پس از دریافت چکیده توسط مجله، باید مقاله اصلی نگارش شود. نویسنده مقاله را در سیستم خود کامل کرده و برای مجله ارسال می‌کند. سپس نویسنده مقاله منتظر پاسخ داوران می‌شود. داوران مقاله را بررسی و نتیجه را برای نویسنده ارسال می‌کنند. در صورتی که مقاله مورد قبول داوران قرار گیرد و تنها نیاز به ویرایش داشته باشد موارد را به نویسنده گزارش

می‌دهند. نویسنده اصلاحات را انجام و دوباره مقاله را ارسال می‌کند و منتظر می‌ماند. این فرآیند تکرار می‌شود تا مقاله کاملاً مورد پذیرش داوران قرار گرفته و نیازی به ویرایش مجدد نداشته باشد. پس از اصلاحات کامل و پذیرش نهایی مقاله، نویسنده منتظر چاپ مقاله شده و با چاپ مقاله سناریو پایان می‌پذیرد. این فرآیند با زبان مدیریت فرآیند کسب‌وکار BPMN در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل (۴): توصیف فرآیند با BPMN

مرحله شناسایی توپولوژی شبکه با استفاده از ابزارهای مانیتورینگ می‌شویم. در این پژوهش به دلیل اطمینان از تصادفی بودن زیرساخت شبکه، شبکه مورد نظر خود را در محیط‌های Gephri، BRITE یا matlab تولید می‌کنیم.

پس از توصیف فرآیند باید خدمات موجود در فرآیند را استخراج کنیم. خدمات موجود در این فرآیند با توجه به الگوهای ساختار نمودار فرآیند، به صورت جدول (۱) به دست می‌آیند. پس از استخراج خدمات از فرآیند کسب‌وکار و دسته‌بندی آن‌ها وارد

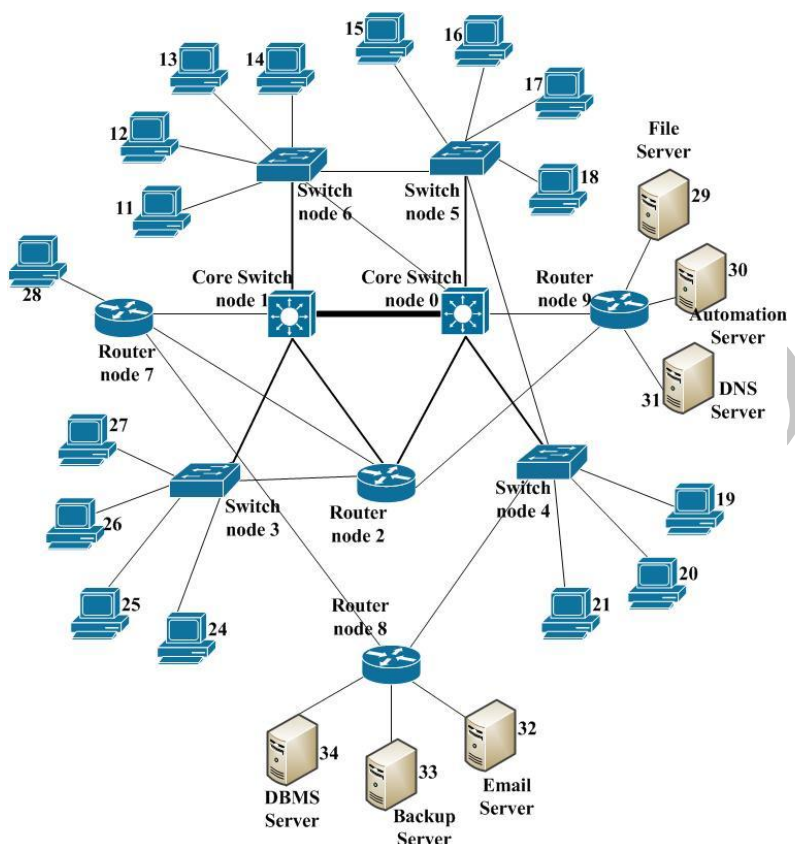
جدول (۱): خدمات استخراج شده از فرآیند چاپ مقاله

مشخصات	خدمت ۱	خدمت ۲	خدمت ۳	خدمت ۴
نام خدمت	فعالیت ارسال	خدمت DNS	خدمت ویرایش مقاله	خدمت بازبینی مقاله
قانون استخراج	الگوی حلقه	الگوی واسط فرآیند (تعاملات میان فعالیت‌ها)	الگوی XOR	الگوی XOR
نوع خدمت	خدمت فناوری اطلاعات	خدمت فناوری اطلاعات	خدمت کسب‌وکار	خدمت کسب‌وکار
ورودی	مقاله (پیام)	آدرس ماشین مبادله کننده پیام (MX)	مقاله همراه با commentهایی از سوی داوران	ارسال مقاله توسط نویسنده
خروجی	تحویل پیام به داور	ارسال آدرس ماشین مبادله کننده پیام به ماشین مبدا	مقاله تکمیل شده برای چاپ	داوری مقاله



است. مشخصات دسترس پذیری مؤلفه‌ها و جزءهای شبکه نمونه ایجاد شده نیز در جدول (۲) آورده شده است.

شکل (۵) توپولوژی شبکه نمونه مطابق با صورت مساله تعریف شده را نشان می‌دهد که توسط ابزار BRITE تولید شده



شکل (۵): توپولوژی شبکه ایجاد شده با ابزار BRITE

جدول (۲): مشخصات اجزاء شبکه

افزودگی	MTTR (ساعت)	MTBF (ساعت)	مدل	سازنده	جزء
•	۲۵	۲۸۰۰	DC7800	HP	Comp11,12,13,14,15 16,17,19,20,21,24,25 26,27,28
•	۱۰۰	۷۰,۰۰۰	PowerEdge T620	Dell	File server
•	۱۰۰	۷۰,۰۰۰	PowerEdge T620	Dell	DNS server
•	۱۰۰	۷۰,۰۰۰	PowerEdge T620	Dell	Email server
•	۱۰۰	۷۰,۰۰۰	PowerEdge T620	Dell	DB server
•	۱۰۰	۷۰,۰۰۰	PowerEdge T620	Dell	Backup server
•	۳۰	۲۰۰,۰۰۰	Catalyst 3560	Cisco	Switch
•	۳۰	۲۰۰,۰۰۰	Catalyst 3560	Cisco	Switch
•	۰/۵	۶۱,۴۰۰	Catalyst 2950	Cisco	Switch
•	۰/۵	۶۱,۴۰۰	Catalyst 2950	Cisco	Switch
•	۰/۵	۶۱,۴۰۰	Catalyst 2950	Cisco	Switch
•	۰/۵	۶۱,۴۰۰	Catalyst 2950	Cisco	Switch
•	۰/۴	۱۹۹,۰۰۰	ASR 1006	Cisco	Router
•	۰/۴	۱۹۹,۰۰۰	ASR 1006	Cisco	Router
•	۰/۴	۱۹۹,۰۰۰	ASR 1006	Cisco	Router
•	۰/۴	۱۹۹,۰۰۰	ASR 1006	Cisco	Router

۲۴ ارسال کند، به منظور محاسبه دسترس پذیری این فرآیند کسب و کار باید مطابق بخش‌های بعدی عمل کنیم.

حال اگر فرض کنیم که کاربر ماشین شماره ۱۲ مربوط به کاربری است که می‌خواهد مقاله خود را برای کاربر ماشین شماره

صورت پذیرد. به این صورت که با ابزار OpenNMS ساختار شبکه را به دست آورده و خروجی آن را وارد ابزار VIATRA کنیم. اما توصیف خدمت را باید به صورت دستی و با استفاده از نمودارهای فعالیت در این ابزار ترسیم کنیم.

سپس نمودار شی ساختار کلی شبکه به صورتی مانند شکل (۶) به دست می آید. از نمودارهای کلاس به منظور شناسایی واحدهای ساختاری استفاده کرده و از نمودارهای شی به منظور به دست آوردن ساختار شبکه و ارتباطات میان اجزاء مختلف استفاده می کنیم.

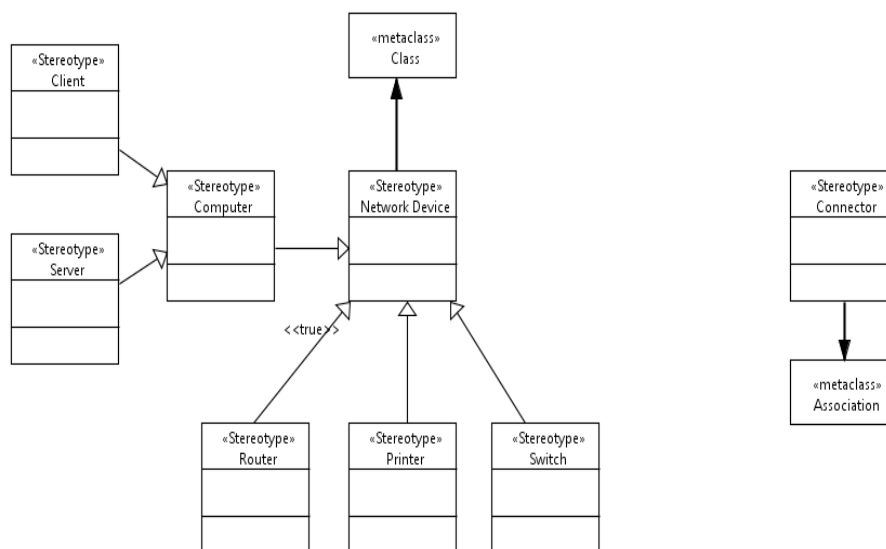
پس از دادن تمام این ورودی ها به ابزار VIATRA نگاشت های مختلف بین خدمت دهنده ها و خدمت گیرنده ها در تمامی مسیرهای ممکن آن ها استخراج می شود. پس از نگاشت خدمات بر زیرساخت باید تمامی مسیرهای ممکن میان نودهای مبدا و مقصد را به دست آوریم. این گام نیز می تواند به کمک ابزار VIATRA و برای شبکه های تصادفی به کمک ابزار PWNRA انجام شود.

#### ۲-۴- محاسبه دسترس پذیری فرایند مربوطه

در این شبکه به منظور محاسبه دسترس پذیری فرایند ارسال مقاله باید دسترس پذیری خدمت پست الکترونیک را برای کاربر مربوط به سیستم رایانه شماره ۱۲ و رایانه شماره ۳۲ محاسبه کنیم. در توصیف خدمت پیام بیان شد که این خدمت، خود وابسته به خدمت نام دامنه یا DNS به منظور به دست آوردن آدرس ماشین مقصد می باشد. از این رو، ابتدا باید دسترس پذیری خدمت DNS و سپس دسترس پذیری خدمت پست الکترونیک محاسبه گردد.

#### ۳-۴- نگاشت خدمات فناوری اطلاعات بر اجزاء شبکه

در این گام ابتدا نمودارهای فعالیت مربوط به خدمات فناوری اطلاعات به دست آمده در گام دو را با استفاده از نرم افزار papyrus ترسیم می کنیم. این نرم افزار از زبان UML پشتیبانی می کند و خروجی با فرمت های XML و UML ارائه می دهد. همچنین باید نمودار شی/کلاس مربوط به توپولوژی و زیرساخت شبکه را ترسیم کنیم (در دنیای واقعی این فرایندها می تواند به صورت کاملاً اتوماتیک و به ترتیب با ابزارهای OpenNMS و VIATRA



شکل (۶): نمودار کلاس مربوط به ساختار کلی شبکه

حال با توجه به مسیرهای به دست آمده اجزاء موجود در شبکه، زیرساخت مربوط به هر خدمت را از نمودار کلاس آن استخراج می شود. مشخصات این اجزاء نیز در جدول آمده بود که برای گام های بعدی محاسبات استفاده می شود. پس از استخراج اجزاء و مسیرها باید به محاسبه دسترس پذیری از پایین ترین لایه (لایه زیرساخت) به سمت بالاترین لایه (لایه کسب و کار) برحسب نیاز بپردازیم.

نمونه ای از خروجی ابزار PWNRA برای خدمت پست الکترونیک مثال فوق به صورت زیر می باشد:

$$12 > 6 > 1 > 7 > 8 > 32$$

$$12 > 6 > 0 > 7 > 8 > 32$$

$$12 > 6 > 0 > 4 > 8 > 32$$

$$12 > 6 > 5 > 4 > 8 > 32$$

$$12 > 6 > 1 > 3 > 4 > 8 > 32$$

شکل (۷): خروجی ابزار PWNRA برای خدمت پست الکترونیک

$$A(i) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

بنابراین داریم:

$$A(\text{Application}) = A(\text{OS}) = \frac{2700}{2700 + 26} = 0.9905$$

$$A(\text{Hardware}) = \frac{3000}{3000 + 23} = 0.9924$$

و متوسط دسترس پذیری برای این جزء برابر است با:

$$A(\text{Component}) = 0.9905 * 0.9905 * 0.9924 = 0.9736$$

محاسبه دسترس پذیری لایه خدمت (برنامه)

با توجه به شکل (۵) که مربوط به اجزاء فعال در خدمات می باشد، ابتدا عبارت بولی مربوط به هر خدمت و سپس مدل دسترس پذیری را به دست آورده و دسترس پذیری هر خدمت را محاسبه می کنیم. (در محاسبات فرض شده است دسترس پذیری کانال های ارتباطی برابر با یک می باشد). در این لایه نیز دسترس پذیری را برای یک خدمت محاسبه کرده و برای خدماتی دیگر تنها خروجی را در جدول نشان می دهیم. بدین ترتیب دسترس پذیری خدمت پست الکترونیک بر اساس شکل (۱۰) از دید کاربر مورد نظر از روابط شکل (۹) و شکل (۱۱) و نهایتاً از جدول (۴) محاسبه خواهد شد.

#### ۴-۴- محاسبه دسترس پذیری در لایه زیر ساخت

در این مرحله با توجه به اطلاعات به دست آمده در گام قبل و وابستگی میان اجزای هر جزء، ابتدا عبارات بولی را برای هر جزء به دست آورده و سپس مدل دسترس پذیری تمام اجزاء را به صورت مجزا رسم می کنیم. آن گاه دسترس پذیری هر جزء را با توجه به ساختار آن ها (سخت افزارها و نرم افزارهای موجود بر روی هر جزء و افزونگی آن ها) محاسبه می شود. به عنوان نمونه این محاسبات در ادامه برای جزء رایانه با جزئیات آورده شده و برای اجزاء دیگر نیز مقادیر دسترس پذیری محاسبه شده را در جدول (۳) مشاهده می کنیم. به عنوان مثال، برای یک رایانه دسترس پذیری نهایی تابعی از دسترس پذیری سخت افزار آن ضرب در دسترس پذیری سیستم عامل ضرب در دسترس پذیری برنامه کاربردی اجراشونده روی آن است که به صورت رابطه منطقی زیر آن را نشان داده می شود.

$$\text{Computer\_Availability} = (\text{Computer\_Software\_Ava}) \& (\text{OperatingSystem\_Ava}) \& (\text{Computer\_Hardware\_Ava})$$

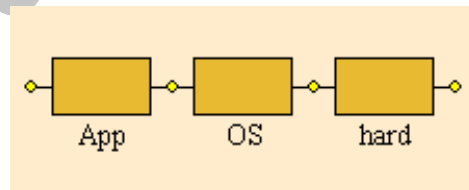
برای این نوع مؤلفه مانند شکل (۸)، مدل به دست آمده از عبارت بولی به صورت سری می باشد که با توجه به افزونگی آن ها نموداری به صورت زیر به دست می آید. دسترس پذیری آن از فرمول دسترس پذیری اجزاء سری محاسبه می شود.

$$A(\text{component}) = \prod_1^N A_i$$

که تعداد اجزاء می باشد و

جدول (۳): محاسبه دسترس پذیری اجزاء مستقل

جزء	سرور پست الکترونیک و DNS	سوئیچ سیسکو ۳۵۶۰	سوئیچ سیسکو ۲۹۵۰	روتر سیسکو ASR1006
دسترس پذیری	۰/۹۹۹۹۸۹	۰/۹۹۹۹۶۹	۰/۹۹۹۹۸۴	۰/۹۹۹۹۹۶



شکل (۸): مدل دسترس پذیری کامپیوتر تنها

comp12 & channel & switch6 & channel & switch1 & channel & router7 & channel & router8 & channel & emailServer

comp12 & channel & switch6 & channel & switch0 & channel & router7 & channel & router8 & channel & emailServer

comp12 & channel & switch6 & channel & switch0 & channel & switch4 & channel & router8 & channel & emailServer

comp12 & channel & switch6 & channel & switch5 & channel & switch4 & channel & router8 & channel & emailServer

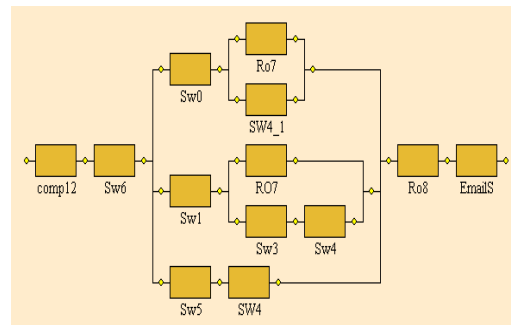
comp12 & channel & switch6 & channel & switch1 & channel & switch3 & channel & switch4 & channel & router8 & channel & emailServer

شکل (۹): برخی از مسیرهای به دست آمده از ابزار PWNRA از گره ۱۲ تا سرور پست الکترونیک

خلاصه گردیدند. اکنون به دنبال این هستیم که بررسی کنیم افزایش یا کاهش تعداد وابستگی‌ها (یعنی تعداد  $a_{ij}$  هایی که بیش از صفر هستند) چه تاثیری را در دسترس پذیری فرآیندهای سازمان خواهد گذاشت. برای این منظور، باید بررسی کرد که از کارافتادن یک جزء چه تاثیری روی دسترس پذیری کلی سیستم در شرایط افزایش یا کاهش تعداد مؤلفه‌ها متناظر و مشابه آن جزء خواهد گذاشت.

شبیه‌سازی صورت گرفته در محیط نرم‌افزار متلب از طریق پیاده‌سازی روابط (۵-۱) در محیط شبیه‌ساز و با تبدیل کردن دستی خروجی‌های ابزار PWNRA به درایه‌های  $a_{ij}$  در ماتریس  $M_{S,R}$  انجام شده است. این تبدیل نیاز به یک قطعه کد کوچک جهت پیاده‌سازی تابع زیر در محیط MATLAB دارد. دلیل نیاز به این تبدیل، این است که خروجی‌های برنامه PWNRA در هر سطر خود فقط برخی از وابستگی‌ها را برای هر یک از خدمات و فرآیندها نشان می‌دهند؛ در حالی که برای تکمیل ماتریس  $M_{S,R}$  نیاز هست تا تمام وابستگی‌های بین خدمات با مؤلفه‌ها زیرساخت و همچنین فرآیندهای کسب‌وکار با خدمات را در یک سطر از ماتریس وارد نمود. بدین منظور، الگوریتم شکل (۱۲) در برنامه MATLAB پیاده‌سازی می‌گردد. برای دو ماتریس دیگر  $M_{PC,AC}$  و  $M_{AC,S}$  ورودی‌ها باید به صورت شهودی و توسط اپراتور سیستم بر مبنای هر صورت مسأله تهیه و به شبیه‌ساز داده شود.

در الگوریتم شکل (۱۲)،  $Srv(j)$  خدمات مرتبط با هر فرآیند کسب‌وکار است که باید برای هر فرآیند کسب‌وکار مشخص شوند. هر  $Srv(j)$  در این الگوریتم یک ماتریس  $1 \times N$  است که  $N$  تعداد کل مؤلفه‌ها زیرساختی سیستم مربوط به لایه زیرساخت را نشان می‌دهد. در این ماتریس، اگر  $Srv(j)$  از یک جزء زیرساختی برای ارائه خدمت استفاده کند و به آن وابستگی داشته باشد، درایه مربوطه بیش از صفر خواهد بود و در غیر این صورت، مقدار درایه صفر است. تابع  $initialize-zero()$  تمام درایه‌های این ماتریس را به صورت پیش فرض با صفر پر می‌کند. در نهایت این ماتریس با اعدادی پر خواهد شد که هر یک نشان‌دهنده درجه وابستگی یک خدمت به یک جزء زیرساختی است. منظور از درجه وابستگی در این جا تعداد حضور هر جزء زیرساختی در مسیرهای مختلف به دست آمده از PWNRA برای هر خدمت است. همچنین منظور از  $PWNRA(k)$  در این کد، ردیف شماره  $k$  از خروجی تولید شده توسط ابزار PWNRA برای یک خدمت است. به عنوان مثال، در شکل (۷) پنج ردیف خروجی تولید شده است که آن‌ها را با  $PWNRA(1)$  تا  $PWNRA(5)$  نشان می‌دهیم.



شکل (۱۰): مدل دسترس پذیری خدمت پست الکترونیک

پس از به دست آوردن عبارت بولی مدل دسترس پذیری مناسب را طراحی کرده، سپس بر اساس مدل دسترس پذیری به دست آمده، دسترس پذیری را محاسبه می‌کنیم. برای محاسبه دسترس پذیری از روی مدل ابتدا دسترس پذیری داخلی‌ترین حلقه‌ها را محاسبه می‌کنیم. در این حلقه‌ها دسترس پذیری اجزاء سری و سپس دسترس پذیری اجزاء موازی را محاسبه می‌شوند.

دسترس پذیری اجزاء موازی از فرمول  $A(component) = 1 - \prod_i (1 - A_i)$  و اجزاء سری از فرمول  $A(component) = \prod_i A_i$  که  $N$  تعداد اجزاء می‌باشد و  $A(i) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$  به دست می‌آید.

$$A(Email) = (0.9736 * 0.9999984)$$

$$\left[ 1 - \left( \left[ 1 - \left( 0.9999969 * \left[ 1 - \left( 1 - 0.999996 \right) * \left( 1 - 0.9999984 \right) \right] \right) \right] \right) * \left( 1 - \left[ 0.9999969 * \left( 1 - \left[ 1 - 0.999996 \right] * \left[ 1 - 0.9999984 * 0.9999984 \right] \right) \right] \right) \right] * \left( 1 - 0.9999984 * 0.9999984 \right) \right] * (0.999996 * 0.9999989) = 0.973593$$

شکل (۱۱): محاسبه دسترس پذیری پست الکترونیک از دید گروه ۱۲

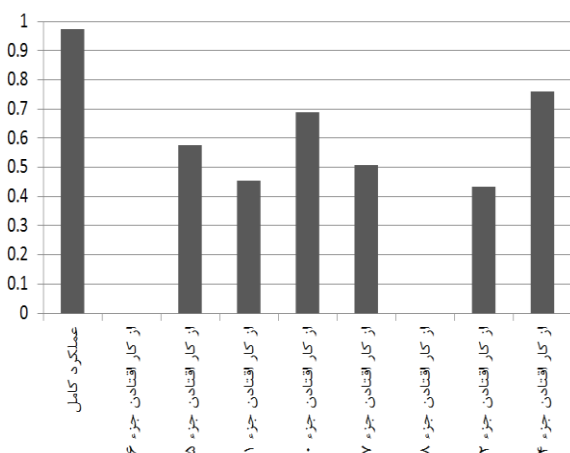
جدول (۴): محاسبه دسترس پذیری خدمت پست الکترونیک

نام خدمت	خدمت DNS	خدمت پست الکترونیک از دید گروه ۱۲	دسترس پذیری خدمت پست الکترونیک
محاسبه دسترس پذیری	۰/۹۹۹۹۹	۰/۹۷۳۵۹۳	۰/۹۴۷۸۷۴

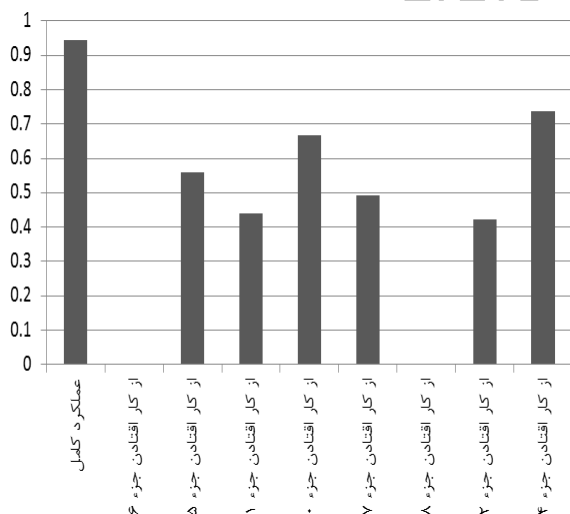
## ۵- شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج

معادلات به دست آمده در روابط (۳-۱)، یک چارچوب کاملاً یکپارچه را در محاسبه دسترس پذیری لایه کسب‌وکار بر حسب دسترس پذیری مؤلفه‌های زیرساختی یک شبکه به ما می‌دهند. این معادلات با یک میان‌بر محاسباتی ماتریسی، در معادله (۵)

خرابی آن جزء بیش تر خواهد بود. این موضوع در مورد مؤلفه های ۶ و ۸ که کاملاً بدیهی است. چون این دو مؤلفه، لبه ارتباطی رایانه کاربر و سرور پست الکترونیک به شبکه زیرساخت را تشکیل می دهند و در صورت خرابی آن ها قطع ارتباط کامل رخ داده و دسترس پذیری خدمت پست الکترونیک برای کاربر ۱۲ دقیقاً صفر خواهد شد. دقت به عملکرد کل مدل در حالت از دست رفتن سایر مؤلفه های زیرساختی نیز نشان می دهد که تناسب مورد انتظار بین درجه وابستگی خدمت به هر مؤلفه با میزان افت دسترس پذیری خدمت در اثر خرابی آن مؤلفه کاملاً برقرار است.



شکل (۱۳): نمودار دسترس پذیری سرویس پست الکترونیک مقالات در حالت از دست رفتن هر یک از مؤلفه ها زیرساختی



شکل (۱۴): نمودار دسترس پذیری سرویس کلی دریافت مقالات در حالت از دست رفتن هر یک از مؤلفه ها زیرساختی

در شکل (۱۴) افت دسترس پذیری خدمت ارسال مقالات با افت دسترس پذیری خدمت پست الکترونیک مقالات وضعیت کاملاً مشابهی دارد. مدل مورد نظر در این مورد یعنی محاسبه

```

R = { R(n) | n=1 ... number of resource components }
for each business process BP(i)
  for each service Srv(j) involved in BP(i)
    {
      initialize-zero (Srv(j));
      for each PWNRA(k) produced by PWNRA for Srv(j)
        for each R(n) in PWNRA(k)
          Srv(j)[n] += 1;
    }
  
```

شکل (۱۲): شبه کد تبدیل خروجی ابزار PWNRA به ورودی ماتریس  $M_{S,R}$

اکنون باید بررسی کنیم که از دست رفتن دسترس پذیری یک جزء زیرساختی با توجه به درجه وابستگی هر خدمت به آن، چه میزان تأثیر در کاهش دسترس پذیری خدمات مرتبط با آن و در نهایت چه میزان تأثیر در کاهش دسترس پذیری فرایندهای کسب و کار بر مبنای فرمول های (۵-۱) خواهد داشت. برای این منظور، در مثال بخش ۴-۳- برای ارسال پست الکترونیک، ابتدا درجه وابستگی برای مؤلفه ها زیرساختی درگیر محاسبه می شود. جدول (۵) این محاسبه را بر مبنای خروجی ابزار PWNRA نشان می دهد. PWNRA برای این خدمت ۲۷ مسیر مختلف را تولید نموده است که مؤلفه ها شماره ۶ و ۸ به دلیل این که در لبه ارتباطی رایانه های مربوطه قرار دارند در تمام این ۲۷ مسیر حضور دارند و لذا درجه وابستگی آن ها حداکثر می باشد.

جدول (۵): درجه وابستگی مؤلفه ها زیرساختی برای ارسال مقاله کاربر

۱۲

جزء زیرساختی	۶	۵	۱	۰	۷	۸	۲	۴
درجه وابستگی	۲۷	۱۱	۱۶	۸	۱۳	۲۷	۱۵	۶

نمودار شکل (۱۳) نشان می دهد که در اثر از دست رفتن هر یک از این مؤلفه ها زیرساختی خدمت ارسال پست الکترونیک مقالات از دید کاربر ۱۲ به چه میزان افت پیدا کرده است. در جدول (۴) دیده می شود که دسترس پذیری خدمت پست الکترونیک در حالت عملکرد طبیعی تمام مؤلفه ها زیرساختی از دید این کاربر برابر ۰/۹۷۳۵۹۳ است.

شکل (۱۴) نشان می دهد که خدمت کلی دریافت مقالات در اثر آسیب های احتمالی که منجر به نمودار شکل شده اند به صورت کلی از نظر دسترس پذیری چه میزان دچار کاهش و افت می شود. در نمودار شکل (۱۳) مشاهده می کنیم که هر میزان درجه وابستگی خدمت پست الکترونیک مقالات به یک جزء زیرساختی بیش تر باشد، افت دسترس پذیری این خدمت در اثر

در بخش ۲ مقاله ذکر شد این موضوع در میان تحقیقات پیشین با خلاء پژوهشی مواجه است و لذا نیاز مهمی در بهبود مدیریت کیفیت خدمات است که در این پژوهش برای آن پیشنهادی را ارائه نموده‌ایم.

از موضوعاتی که می‌توان در تحقیقات آینده به آن‌ها توجه داشت اتوماتیک کردن محاسبات دسترس‌پذیری در هر لایه با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد ساختار آن‌ها می‌باشد. از محدودیت‌هایی که در این پژوهش با آن مواجه بودیم، عدم دسترسی به شبکه‌های با ساختار تصادفی در دنیای واقعی و اجرای مدل برای شبکه‌های واقعی می‌باشد. از این رو محاسبات برای شبکه شبیه‌سازی شده در محیط‌های شبیه‌سازی و با فرض این‌که تنها نودهای شبکه ممکن است خراب شوند و کانال‌های ارتباطی دسترس‌پذیری برابر با یک دارند، صورت گرفته است. بنابراین می‌توان این محاسبات را برای شبکه‌های واقعی پیچیده بسیار گسترده نیز مورد بررسی قرار داد.

## ۷- مراجع

- [1] T. Erl, "Service-oriented architecture: concepts, technology, and design," Pearson Education India, 2006.
- [2] M. Martinello, "Availability Modeling and Evaluation of Web-based Services-A pragmatic approach," Ph.D. thesis, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2005.
- [3] Terruggia, Roberta, and Andrea Bobbio. "QoS analysis of weighted multi-state probabilistic networks via decision diagrams." International Conference on Computer Safety, Reliability, and Security, Springer Berlin Heidelberg, pp. 41-54, 2010.
- [4] R. Terruggia, "Reliability analysis of probabilistic networks," Ph.D. thesis, Università degli Studi di Torino, 2010.
- [5] A. H. Etemadi and M. Fotuhi-Firuzabad, "New considerations in modern protection system quantitative reliability assessment," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 25, no. 4, pp. 2213-2222, 2010.
- [6] N. Milanovic and B. Milic, "Automatic generation of service availability models," IEEE Transactions on Services Computing, vol. 4, no. 1, pp. 56-69, 2011.
- [7] S. Menon, et al., "Physics of Failure Based Reliability Assessment of Electronic Hardware," in Engineering Asset Management, pp. 251-258, Springer, 2014.
- [8] V. Johanna, et al., "Challenges in Qualitative Accelerated Testing of WSN Hardware," Journal of Engineering, vol. 3, no. 12, pp. 1234, 2011.
- [9] A. Dittrich and R. Rafael, "Model-Driven Evaluation of User-Perceived Service Availability," in Dependable Computing, Springer Berlin Heidelberg, pp. 39-53, 2013.
- [10] U. Franke, P. Johnson, and J. König, "An architecture framework for enterprise IT service availability analysis," Software & Systems Modeling, vol. 13, no. 4, pp. 1417-1445, 2013.
- [11] D. Macedo, et al., "A framework for dependability evaluation of industrial processes," in 18th IEEE Conference

دسترس‌پذیری لایه فرآیند کسب‌وکار برحسب دسترس‌پذیری لایه خدمات، نیز کاملاً صحیح عمل کرده است. دلیل این مسأله این است که با دقت در شکل (۴) مشخص است که دسترس‌پذیری فرآیند ارسال مقالات وابستگی صد در صد به فرآیند ارسال از طریق پست الکترونیک دارد و از دست رفتن فرآیند کسب‌وکاری ارسال مقالات در اثر از کار افتادن پست الکترونیک کاملاً واضح است. لذا مدل هم باید دقیقاً به همین صورت، نشان دهد. درست مانند حالتی که در ارتباط بین لایه زیرساخت و خدمت وجود دارد که در آن‌ها از دست رفتن دسترس‌پذیری مؤلفه‌های ۶ و ۸ منجر به از کار افتادن کامل خدمت و صفر شدن دسترس‌پذیری در آن بازه زمانی می‌شد. البته انتظار این بود که با توجه به وابستگی صد در صد ارسال مقالات به پست الکترونیک ارسال مقاله، میزان افت دسترس‌پذیری هر دو نمودار دقیقاً مثل هم باشد که این‌گونه نبود و حدود ۳٪ در اندازه‌گیری‌ها اختلاف به دست آمد و افت دسترس‌پذیری کل فرآیند ارسال مقالات نسبت به افت دسترس‌پذیری پست الکترونیک ارسال مقاله به همین میزان بیش‌تر بود که خطای مدل را مشخص می‌کند.

## ۶- نتیجه‌گیری

محاسبه دسترس‌پذیری خدمات در سازمان‌ها، چالش بسیار بزرگی را به وجود آورده است، زیرا کسب‌وکار و ادامه حیات سازمان‌ها به آن وابسته است. خدمات به اجزاء زیرساخت وابستگی بسیاری دارد و از سویی، ساختار و توپولوژی شبکه زیرساخت در سازمان‌های بزرگ پیوسته در حال تغییر است. در این مقاله ابتدا مدلی برای محاسبه دسترس‌پذیری لایه زیرساخت ارائه شده است. این مدل برگرفته از رویکرد بلوک دیاگرام قابلیت اطمینان و با استفاده از عبارات بولی دسترس‌پذیری برای تمام لایه زیرساخت با در نظر گرفتن ارتباطات بین اجزاء این لایه با یکدیگر است. سپس یک چارچوب سه‌لایه ارائه شده است که از بالا به پایین عبارت از لایه کسب و کار، خدمات و زیرساخت هستند. این پژوهش توانسته است یک ارتباط یکپارچه و منسجم را به صورت عمودی میان سه‌لایه فوق برقرار کند. این مدل منجر به این شده است که بر مبنای ویژگی‌های دسترس‌پذیری لایه زیرساخت که مدل‌ها و راه‌کارهای زیادی برای آن در تحقیقات مختلف ارائه شده است، دسترس‌پذیری خدمات و سپس دسترس‌پذیری فرآیندهای لایه کسب‌وکار سازمان محاسبه شود. این موضوع منجر به سنجش بهتر و دقیق‌تر میزان رضایت‌مندی کاربر از خدمات دریافتی خودش و شناسایی چالش‌های احتمالی کیفیت خدمات ارائه‌شده به کاربران و انتخاب بهتر راه‌کارهای بهبود و ارتقاء کیفیت ارائه خدمات به کاربران خواهد شد. همان‌گونه که

- on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), 2013.
- [12] I. Silva, et al., "A dependability evaluation tool for the Internet of Things," *Computers & Electrical Engineering*, vol. 39, no. 7, pp. 2005-2018, 2013.
- [13] D. Macedo, L. A. Guedes, and I. Silva. "A dependability evaluation for Internet of Things incorporating redundancy aspects," in *11th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, pp. 417-422, 2014.
- [14] H. Zhu, "Reliability and availability analysis for large networking system," in *Annual Proceedings of Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, pp. 1-6, IEEE, 2012.
- [15] J. Dantas, R. Matos, J. Araujo, and P. Maciel, "Eucalyptus-based private clouds: availability modeling and comparison to the cost of a public cloud," *Computing*, Springer, vol. 97, no. 11, pp. 1121-1140, 2015.
- [16] M. Jammal, A. Kalso, P. Heidari, and A. Shami, "A Formal Model for the Availability Analysis of Cloud Deployed Multi-tiered Applications," in *International Conference on Cloud Engineering Workshop (IC2EW)*, pp. 82-87, IEEE, 2016.
- [17] K. A. Hoque, O. A. Mohamed, and Y. Savaria, "Towards an accurate reliability, availability and maintainability analysis approach for satellite systems based on probabilistic model checking," in *Proceedings of the 2015 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition*, pp. 1635-1640, 2015.
- [18] K. S. Trivedi and A. Bobbio, "DSN 2016 Tutorial: Reliability and Availability Modeling in Practice," in *46th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshop*, pp. 263-263, IEEE, 2016.
- [19] A. Gonzalez, P. Gronsund, K. Mahmood, B. Helvik, P. Heegaard, and G. Nencioni, "Service Availability in the NFV Virtualized Evolved Packet Core," in *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, pp. 1-6, IEEE, 2015.
- [20] R. Winter and R. Fischer, "Essential layers, artifacts, and dependencies of enterprise architecture," in *10th IEEE International Conference on Enterprise Distributed Object Computing (EDOCW)*, p. 30, 2006.
- [21] M. M. Lankhorst, "Enterprise architecture modelling the issue of integration," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 18, no. 4, pp. 205-216, 2004.
- [22] M. Lankhorst, "Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis," *The Enterprise Engineering Series*, Springer, 2013.
- [23] A. Lodhi, et al., "Business Process Modeling Language for Performance Evaluation," in *47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, pp. 3768-3777, IEEE, 2014.
- [24] I. Loloie, H. R. Shahriari, and A. Sadeghi, "A model for asset valuation in security risk analysis regarding assets' dependencies," *20th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE)*, IEEE, 2012.

---

## A Method for Multilayer Computing of IT Services Availability

A. Sadeghi, M. R. Valavi\*, M. Asadi Vasfi, M. Barari, G. Mohtashami

Malek-ashtar University of Technology

(Received: 05/11/2016, Accepted: 13/02/2017)

### ABSTRACT

*Today, one of the most important requirements for businesses is providing IT services with respect to high reliability and availability. This will enforce us to try to compute the availability of services and infrastructures with quantitative models precisely. Up to now, there have been many researches about calculating availability in IT services. However, most of them have concentrated on availability of computer and network modules. Some researches were interested in computing availability of a whole network additionally. But none of them paid any attention to computing availability of a business process from the user perspective. In this research, we provide a three-layer model for the overall availability modeling of a business process with respect to its underlying layers in an integrated manner. Then, we present some sort of formulas for computing service availability based on the provided model. This approach is responsible for assessing availability in large and complex networks with a unified measurement model between three layers consisting business, application and infrastructure layers. It will also lead both service providers and users to better and more exact perception of the availability of services, better management of QoS for service providers and better management of investments and budgets for users. The simulation results showed that losing a more important component will have meaningfully more negative impact on process availability than a less one.*

**Keywords:** Availability, IT Services, Business Process, Random Networks

---

\* Corresponding Author Email: valavi@mut.ac.ir