مجله علمی- پژوهشی "پدافند الکترونیکی و سایبری"
سال پنجم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص ۶۷-۵۳

ارائه الگوی محاسباتی دسترس‌پذیری خدمات فناوری اطلاعات به صورت چند لایه

ابوالقاسم صادقی[۱]، محمدرضا ولوی[۲*]، مهری اسدی وصفی[۳]، مرتضی براری[۴]، غلامرضا محتشمی[۵]

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 کسب‌وکارها در دنیای مدرن، ارائه خدمات فناوری اطلاعات به موقع و با اطمینان و دسترس‌پذیری بالا است. بنابراین برای سازمان‌ها ایجاد زیرساخت‌های فنی و ارائه خدمات با دسترس‌پذیری بالا برای خدمات فناوری اطلاعات از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود که مستلزم آن است که بتوان با مدل‌های دقیق کمّی، میزان دسترس‌پذیری خدمات و زیرساخت‌ها را محاسبه نمود. تاکنون در این زمینه تلاش‌های زیادی صورت گرفته است که اغلب آن‌ها دسترس‌پذیری 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 به‌هم پیوسته با هم مرتبط نمود. سپس دسترس‌پذیری کلی یک فرایند در لایه کسب‌وکار را با توجه به ارتباطات مدل‌سازی‌شده بین هر سه لایه، به صورت دقیق محاسبه و در اختیار کاربر قرار داد. مزیت این رویکرد در فهم دقیق کاربر خدمت از میزان دسترس‌پذیری فرایندهای کاری مورد نیاز وی است، زیرا کاربر نمی‌تواند صرفاً با در اختیار داشتن اطلاعات دسترس‌پذیری لایه زیرساخت به تنهایی درک دقیقی از دسترس‌پذیری خدمت یا فرآیند در اختیار خود داشته باشد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که چگونه از دست رفتن یک جزء دارای اهمیت بالاتر تاثیرات به مراتب منفی‌تری نسبت به یک جزء کم اهمیت بر روی دسترس‌پذیری کلی فرآیند کاری کاربران دارد.

واژه‌های کلیدی: دسترس‌پذیری، خدمت فناوری اطلاعات، فرایند کسب‌وکار ، شبکه‌های تصادفی

۱- مقدمه

معماری خدمت‌گرا در دهه اخیر روش فرمالی ارائه کرده است که در آن خدمت‌ها 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 کسب‌وکار 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 کسب‌وکارها هر روز بیش از گذشته متکی به زیرساخت و خدمات فناوری اطلاعات شده است [۱].

دست‌یابی به نیازمندی‌های غیرعملیاتی این زیرساخت‌ها مانند دسترس‌پذیری فرآیندها و خدمات، از عوامل کلیدی موفقیت کسب‌وکارها می‌باشد. میزان دسترس‌پذیری فرآیندهای کسب و کار به سطح دسترس‌پذیری خدمات فناوری اطلاعات و در نهایت قابلیت دستری‌پذیری 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 کسب‌وکار خواهد شد. از این رو، ارتقاء و دفاع از دسترس‌پذیری فرآیندهای کسب و کار مبتنی بر فناوری اطلاعات برای سازمان‌ها بسیار حیاتی می‌باشد. از سوی دیگر، دسترس‌پذیری در لایه کسب‌وکار -که معمولاً بالاترین لایه معماری سازمانی فرض می‌شود- وابستگی کاملی به دسترس‌پذیری در لایه‌های زیرین فنی دارد. زیرا اساساً فرآیندهای کسب‌وکار بر بستر زیرساخت‌های فنی اجرا می‌شوند و ضعف در دسترس‌پذیری این زیرساخت‌ها منجر به ضعف در دسترس‌پذیری لایه کسب‌وکار می‌شود. طبیعتاً مدل‌های محاسبه دسترس‌پذیری باید بتوانند این تاثیر را در محاسبات خود نشان دهند. تمرکز این پژوهش بر ارائه مدل عملیاتی به‌منظور محاسبه دسترس‌پذیری نهایی خدمات فناوری اطلاعات در شبکه‌های گسترده با توجه به وابستگی‌های دسترس‌پذیری هر لایه به لایه‌های پایینی خود بر مبنای یک رویکرد سه‌لایه‌ای می‌باشد. این مدل امکان محاسبه دسترس‌پذیری در هر یک از لایه‌های کسب‌وکار ، برنامه و زیرساخت را با جزئیات دقیق فراهم می‌آورد. در ادامه و در بخش ۲ مروری بر کارهای

* رایانامه نویسنده مسئول: valavi@mut.ac.ir

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 فرایند 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 آن‌که 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 تصمیم جبری 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 تصمیم دودویی به‌منظور بررسی احتمالات مختلف قابلیت اطمینان در این شبکه‌ها استفاده کردند. مبنای کار آن‌ها نیز محاسبه قابلیت اطمینان در لایه شبکه و تنها با درنظرگرفتن قابلیت اطمینان اجزاء آی سی تی[1] 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، 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[2] یا درخت خرابی[3] 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.

Dittrich و همکاران در سال ۲۰۱۳، یک چارچوب برای ایجاد نمودارهای بلوکی قابلیت اطمینان به‌طور خودکار از دید کاربران در معماری‌های سرویس‌گرا[4] ارائه کرده است [۹]. آن‌ها ابتدا یک توصیف از خدمت مورد نظر، یک مدل هم‌بندی شبکه و یک جفت مشتری[5] و ارائه‌دهنده خدمت را در نرم‌افزارهای تحت وب مبتنی بر وب سرویس ارائه می‌دهند و بر اساس آن جزءهای آی سی 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 دیدهای 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

1- ICT

2- Reliability Block Diagram
3- Fault Tree
4- Service Oriented Architecture
5- Client

مدل‌سازی و ارزیابی کمی و کیفی دسترس‌پذیری خدمت‌ها 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 اشیاء 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 سلسله مراتبی بدین منظور بهره می‌برند و ابتدا با مدل‌هایی چون درخت خرابی یا بلوک دیاگرام 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 سلسله مراتبی 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[1] 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 اتفاقی[2] 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 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

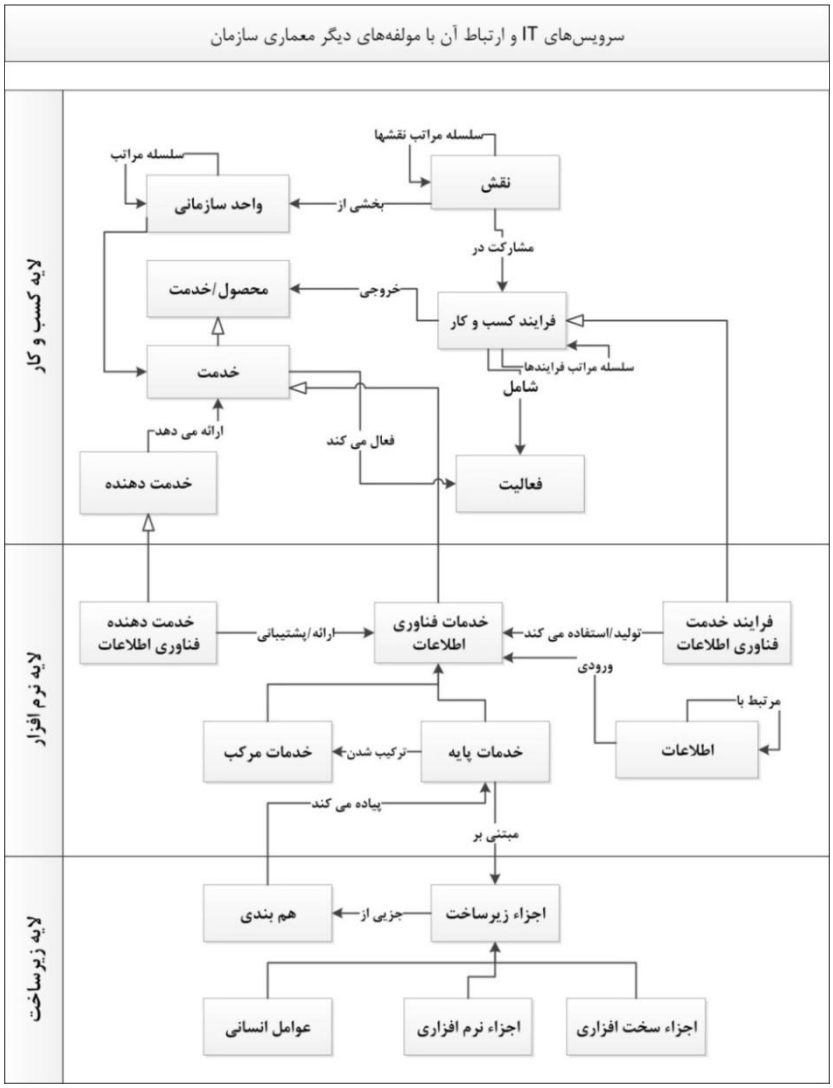
به وضوح مشاهده می‌شود که پیچیدگی سازمان‌های بزرگ و متوسط را نمی‌توان با یک مدل معماری سازمانی پوشش داد. در دنیای واقعی، مدل‌های معماری مختلفی برای بخش‌های مختلف یک سازمان می‌توان به‌کار گرفت به‌طوری‌که بیش‌تر معماری‌های مشخص‌شده زیرمجموعه‌ای از محصولات سازمان را پوشش می‌دهد [۲۰].

مدیریت دارایی‌های فناوری اطلاعات در یک سازمان (یا یک واحد سازمانی) از موضوعات اصلی و مرکزی ITIL[3] 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 کارآمدبودن فرآیندهای عملیاتی، عناصر کلیدی مدیریت سیستم‌های فناوری اطلاعات مانند خدمات فناوری اطلاعات، تعهدات سطح خدمت[4]، تامین‌کنندگان خدمت، فرایندهای 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.

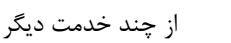
شکل (۱)، این فرامدل پیشنهادی را نشان می‌دهد [۲۴]. این شکل پایه اصلی رویکرد این پژوهش را تشکیل می‌دهد و در کیفیت و دقت کلی پژوهش بسیار تأثیرگذار خواهد بود. لذا تلاش

1- Eucalyptus
2- Stochastic Colored Petri Nets
3- Information Technology Infrastructure Library
4- Service Level Agreement (SLAs)

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 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 به‌دلیل واضح بودن نیازی به توضیح نخواهند داشت.



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

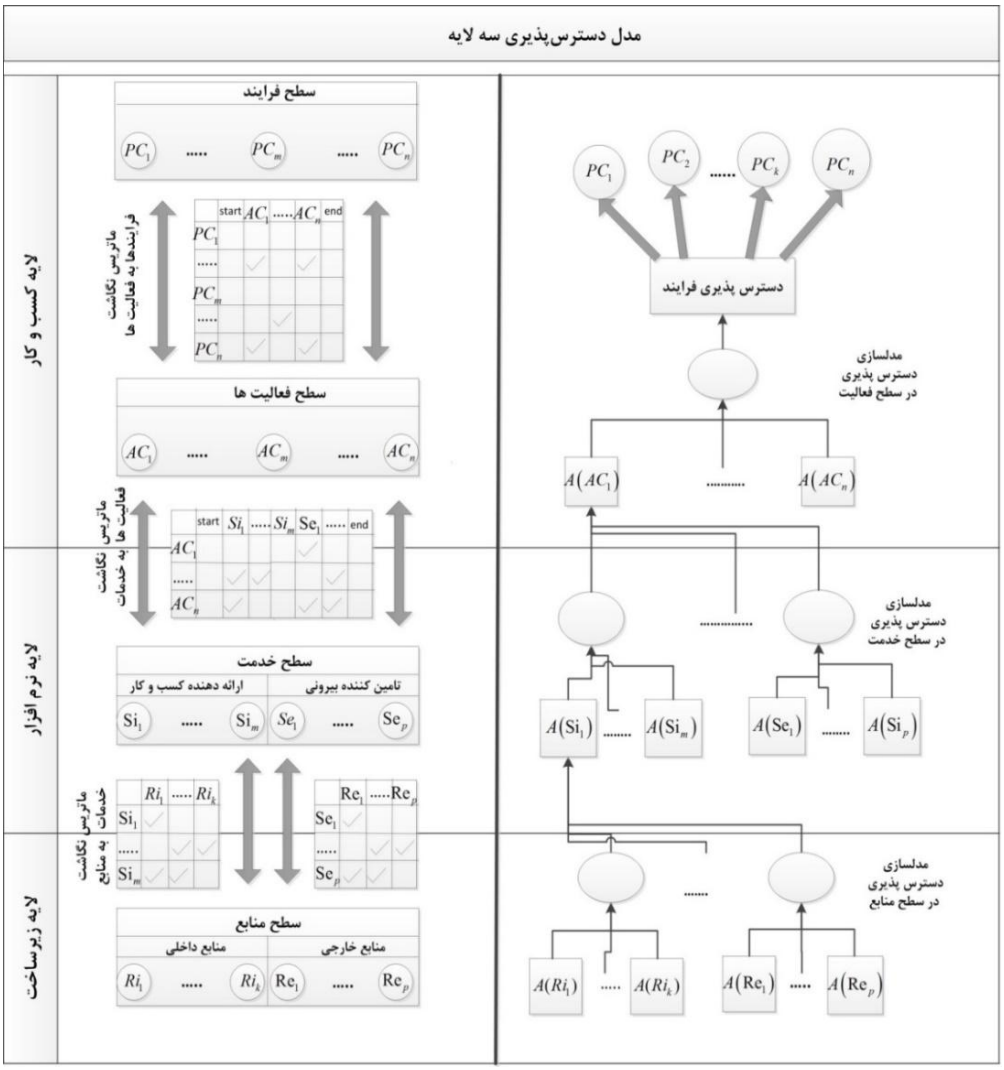
تشریح این شکل به‌صورت کلی این است که در هر لایه عناصر اصلی معماری آن لایه به‌صورت تفکیک‌شده و مجزا در بلوک‌های متفاوت مشخص شده‌اند و سپس نوع ارتباطی که بین هر دو نوع بلوک در سیستم‌های امروزی معمولاً رایج است به‌صورت خطوط جهت‌داری که نوع ارتباط روی هر یک نوشته شده، نشان داده شده است. به عنوان مثال 

نشان می‌دهد که همواره جزء نقش در معماری که همان نقش‌های مختلف سازمانی می‌باشد، بخشی از واحد سازمانی را تشکیل می‌دهد. در شکل (۱) منظور از هم‌بندی در لایه زیرساخت، ارتباطاتی است که به‌صورت 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.

۳-۲- مدل سه‌لایه محاسبه دسترس‌پذیری

خدمات فناوری اطلاعات را می‌توان در اصل به معماری نرم‌افزار و برنامه‌های کاربردی در لایه برنامه کاربردی اختصاص داد، زیرا اجزاء نرم‌افزاری و قابلیت‌های آن بخش‌های اساسی خدمات فناوری اطلاعات به شمار می‌رود. این خدمات باید بر اساس نیازمندی‌های کسب‌وکار تعریف شده باشند و به عناصر کلیدی لایه‌های مختلف معماری سازمانی مرتبط شوند. حال با توجه به مدل معماری سازمانی شکل (۱) و ارتباط خدمات فناوری اطلاعات با سایر اجزاء این معماری، می‌توان مدل محاسباتی را برای دسترس‌پذیری خدمات فناوری اطلاعات به‌صورت شکل (۲) ارائه داد. ایده این مدل از [۲] اقتباس شده است با این تفاوت که لایه‌بندی‌ها و نگاشت بین لایه‌های مختلف به جای آن که بر مبنای ادبیات و هدف‌گذاری‌های نرم‌افزارهای تحت وب دارای وب سرویس انجام شده باشد تا لایه زیرساخت و ارتباطات فیزیکی نیز پایین می‌رود.



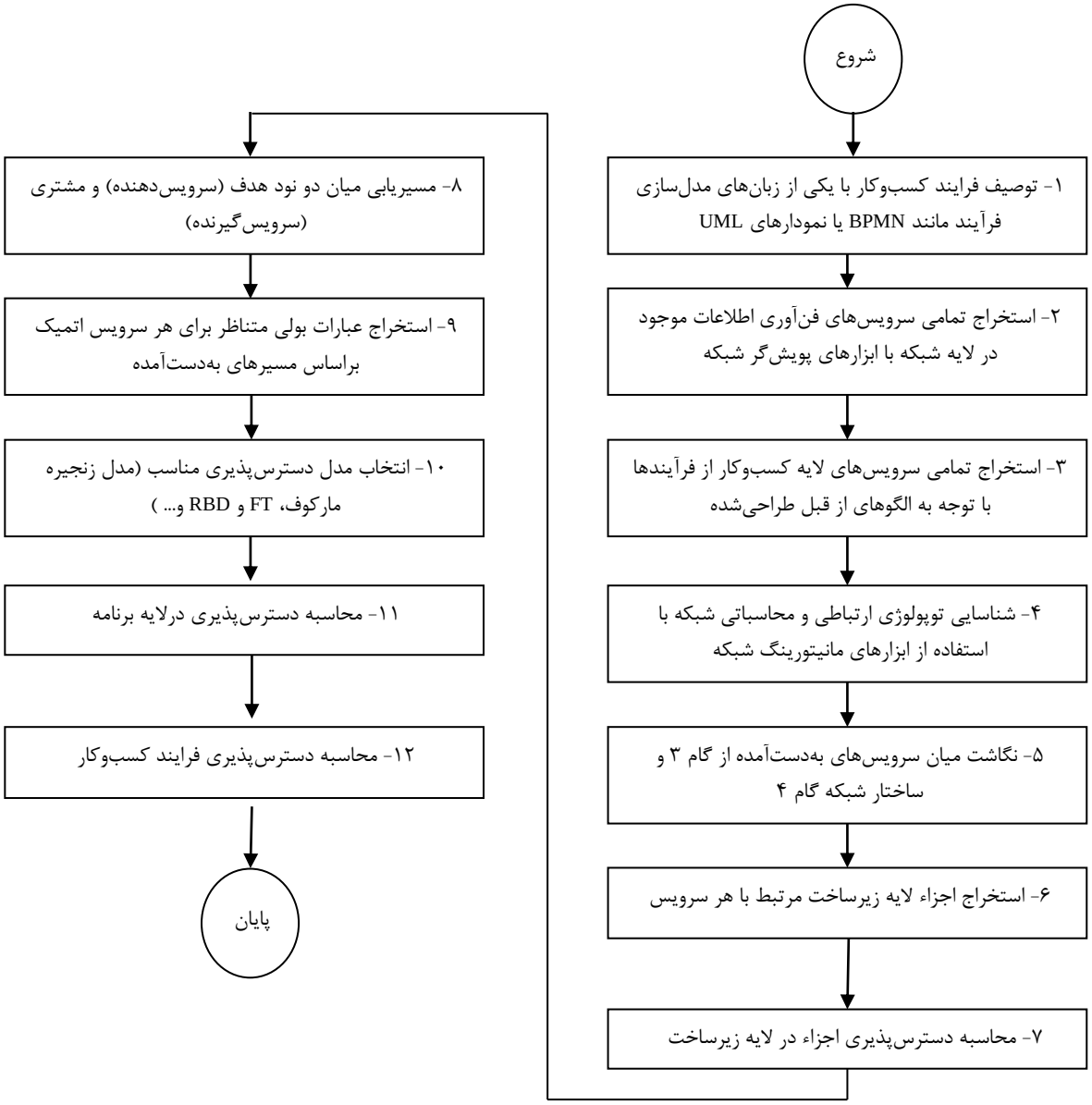
شکل (۲): مدل سه‌لایه‌ای محاسبه دسترس‌پذیری [۲]

۴- محاسبه دسترس‌پذیری با استفاده از مدل سه‌لایه

روش محاسبه این مدل روش مبتنی بر تجزیه و شکست از بالا به پایین می‌باشد. به این صورت که ابتدا باید یک فرایند موجود در بالاترین لایه (لایه کسب‌وکار) را به گونه‌ای تجزیه کرد تا به اجزاء زیرساخت متناظر در پایین‌ترین لایه (لایه زیرساخت) برای اجرا نگاشت شود. سپس با توجه به دسترس‌پذیری این اجزاء و مدل‌های دسترس‌پذیری مناسب، دسترس‌پذیری اجزاء لایه‌های بالاتر را محاسبه کرد. گام‌های این مدل در شکل (۳) ارائه شده‌اند.

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 این‌کار مطابق مدل ارائه‌شده در شکل (۲) توابع تجمیع زیر را به‌منظور 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 برحسب دسترس‌پذیری عناصر لایه زیرساخت و دسترس‌پذیری لایه کسب‌وکار بر حسب دسترس‌پذیری مؤلفه‌ها و سامانه‌های لایه کاربرد محاسبه می‌شود.



شکل (۳): مراحل الگوریتم محاسبه دسترس‌پذیری سه‌لایه

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

$$Availability(PC_i)=A(PC_i)=\sum_{j=1}^{m} a_{ij}.A(AC_j) \quad (۱)$$
$$\forall j=1...m \mid a_{ij} \in M_{PC,AC}(i), a_{ij}>0$$

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

$$A(AC_i)=\sum_{j=1}^{k} a_{ij}.A(S_j) \quad (۲)$$
$$\forall j=1...k \mid a_{ij} \in M_{AC,S}(i), a_{ij}>0$$

$$A(S_i)=\sum_{j=1}^{x} a_{ij}.A(R_j) \quad (۳)$$
$$\forall j=1...x \mid a_{ij} \in M_{S,R}(i), a_{ij}>0$$

در روابط (۳-۲) متغیرهای k و x به‌ترتیب نشان‌دهنده کل تعداد خدمت‌ها و کل تعداد منابع هستند.

۳-۴- ماتریس وابستگی مستقیم

براساس شکل (۲) می‌توان ارتباط منطقی مستقیمی را برای محاسبه دسترس‌پذیری فرآیندها برمبنای دسترس‌پذیری 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 (۳-۱) 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 (۳-۱) را به‌صورت خلاصه‌شده در رابطه (۵) به‌دست آورد.

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

$$A(PC_i)=\sum_{j=1}^{x} a_{ij}.A(R_j) \quad (۵)$$
$$\forall j=1...x \mid a_{ij} \in M_{PC,R}(i), a_{ij}>0$$

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 بزرگ‌بودن ساختار شبکه‌های تصادفی و در دسترس‌بودن ابزارهایی چون IBM Process Designer، ARIS، Open NMS، GSTools، VIATRA، Papyrus و Rich Client Platform (RCP) می‌توان تمامی گام‌های بالا را به‌صورت اتوماتیک انجام داد. در ادامه نتایج به‌دست‌آمده پس از اعمال مدل ارائه‌شده 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، دسترس‌پذیری هر عنصر نمی‌تواند بیش از عدد ۱ باشد تا شرط لازم دسترس‌پذیری نقض نشود. برای این منظور داریم:

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

از سوی دیگر، می‌دانیم که دسترس‌پذیری اولیه برای تمامی مؤلفه‌ها لایه زیرساخت به‌صورت فرضی کوچک‌تر یا مساوی ۱ است. یعنی:

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

بنابراین خواهیم داشت:

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

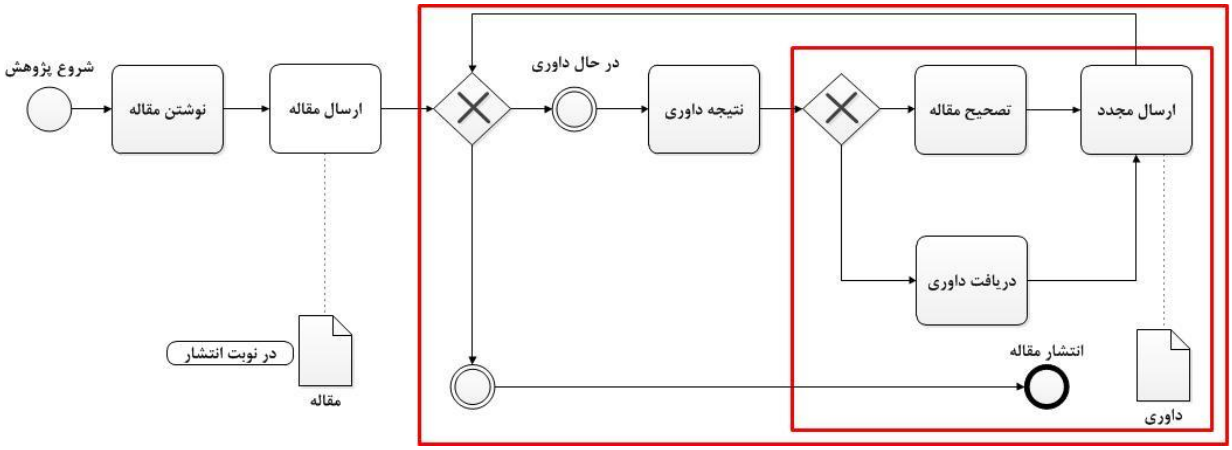
لذا الزام حداکثر مساوی یک بودن عدد دسترس‌پذیری هر فرآیند در این فرمول‌ها برقرار است.

۴- مطالعه موردی

همان‌طورکه در بخش ۲-۲ و ۳-۲- 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 دسترس‌پذیری 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 ارائه‌شده از یک مطالعه موردی روی یک فرآیند مشهور و در دسترس همگان مانند پذیرش و چاپ مقاله و تحلیل نتایج حاصله استفاده می‌کنیم.

۴-۱- توصیف فرآیند چاپ مقاله

این فرآیند پس از پذیرش چکیده مقاله ارسال‌شده برای مجله آغاز می‌گردد. پس از دریافت چکیده توسط مجله، باید مقاله اصلی نگارش شود. نویسنده مقاله را در سیستم خود کامل‌کرده و برای مجله ارسال می‌کند. سپس نویسنده مقاله منتظر پاسخ داوران می‌شود. داوران مقاله را بررسی و نتیجه را برای نویسنده ارسال می‌کنند. درصورتی‌که 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 فرایند تکرار می‌شود تا مقاله کاملاً مورد پذیرش داوران قرار گرفته و نیازی به ویرایش مجدد نداشته باشد. پس از اصلاحات کامل و پذیریش 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

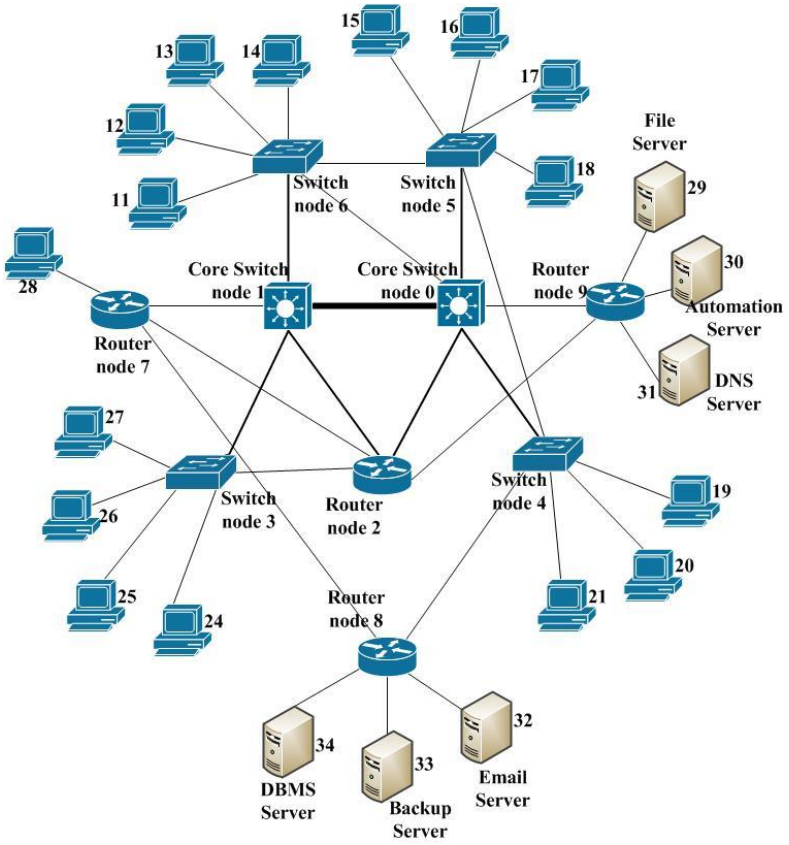
پس از توصیف فرآیند باید خدمات موجود در فرآیند را استخراج کنیم. خدمات موجود در این فرآیند با توجه به الگوهای ساختار نمودار فرآیند، به‌صورت جدول (۱) به‌دست می‌آیند. پس از استخراج خدمات از فرآیند کسب‌وکار و دسته‌بندی آن‌ها وارد مرحله شناسایی توپولوژی شبکه با استفاده از ابزارهای مانیتورینگ می‌شویم. در این پژوهش به‌دلیل اطمینان از تصادفی بودن زیرساخت شبکه، شبکه مورد نظر خود را در محیط‌های Gephi، BRITE یا matlab تولید می‌کنیم.

جدول (۱): خدمات استخراج‌شده 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 مبادله‌کننده پیام (MX)[1]	مقاله همراه با commentهایی از سوی داوران	ارسال مقاله توسط نویسنده
خروجی	تحویل پیام به داور	ارسال آدرس ماشین مبادله‌کننده پیام به ماشین مبدا	مقاله تکمیل‌شده برای چاپ	داوری مقاله

1- Mail exchanger

شکل (۵) توپولوژی شبکه نمونه مطابق با صورت مساله تعریف‌شده را نشان می‌دهد که توسط ابزار BRITE تولید شده است. مشخصات دسترس‌پذیری مؤلفه‌ها و جزءهای شبکه نمونه ایجادشده نیز در جدول (۲) آورده شده است.



شکل (۵): توپولوژی شبکه ایجادشده با ابزار BRITE

جدول (۲): مشخصات اجزاء شبکه

جزء	سازنده	مدل	MTBF (ساعت)	MTTR (ساعت)	افزونگی
Comp11,12,13,14,15 16,17,19,20,21,24,25 26,27,28	HP	DC7800	۲۸۰۰	۲۵	۰
File server	Dell	PowerEdge T620	۷۰،۰۰۰	۱ .۰	۰
DNS server	Dell	PowerEdge T620	۷۰،۰۰۰	۱ .۰	۰
Email server	Dell	PowerEdge T620	۷۰،۰۰۰	۱ .۰	۰
DB server	Dell	PowerEdge T620	۷۰،۰۰۰	۱ .۰	۰
Backup server	Dell	PowerEdge T620	۷۰،۰۰۰	۱ .۰	۰
Switch	Cisco	Catalyst 3560	۲۰۰،۰۰۰	۳ .۰	۰
Switch	Cisco	Catalyst 3560	۲۰۰،۰۰۰	۳ .۰	۰
Switch	Cisco	Catalyst 2950	۶۱،۴۰۰	۰/۵	۰
Switch	Cisco	Catalyst 2950	۶۱،۴۰۰	۰/۵	۰
Switch	Cisco	Catalyst 2950	۶۱،۴۰۰	۰/۵	۰
Switch	Cisco	Catalyst 2950	۶۱،۴۰۰	۰/۵	۰
Router	Cisco	ASR 1006	۱۹۹،۰۰۰	۰/۴	۰
Router	Cisco	ASR 1006	۱۹۹،۰۰۰	۰/۴	۰
Router	Cisco	ASR 1006	۱۹۹،۰۰۰	۰/۴	۰
Router	Cisco	ASR 1006	۱۹۹،۰۰۰	۰/۴	۰

حال اگر فرض کنیم که کاربر ماشین شماره ۱۲ مربوط به کاربری است که می‌خواهد مقاله خود را برای کاربر ماشین شماره ۲۴ ارسال کند، به‌منظور محاسبه دسترس‌پذیری این فرآیند کسب‌وکار باید مطابق بخش‌های بعدی عمل کنیم.

۴-۲- محاسبه دسترس‌پذیری فرایند مربوطه

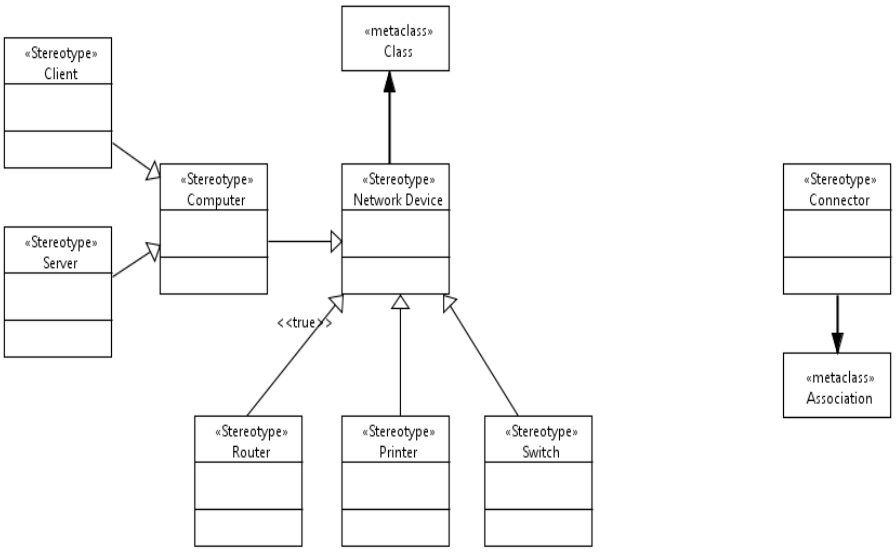
در این شبکه به‌منظور محاسبه دسترس‌پذیری فرآیند ارسال مقاله باید دسترس‌پذیری خدمت پست الکترونیک را برای کاربر مربوط به سیستم رایانه شماره ۱۲ و رایانه شماره ۳۲ محاسبه کنیم. در توصیف خدمت پیام بیان شد که این خدمت، خود وابسته به خدمت نام دامنه یا DNS به‌منظور به‌دست‌آوردن آدرس ماشین مقصد می‌باشد. از این‌رو، ابتدا باید دسترس‌پذیری خدمت DNS و سپس دسترس‌پذیری خدمت پست الکترونیک محاسبه گردد.

۴-۳- نگاشت خدمات فناوری اطلاعات بر اجزاء شبکه

در این گام ابتدا نمودارهای فعالیت مربوط به خدمات فناوری اطلاعات به‌دست‌آمده در گام دو را با استفاده از نرم‌افزار papyrus ترسیم می‌کنیم. این نرم‌افزار از زبان UML پشتیبانی می‌کند و خروجی با فرمت‌های XML و UML ارائه می‌دهد. هم‌چنین باید نمودار شی/کلاس مربوط به توپولوژی و زیرساخت شبکه را ترسیم کنیم (در دنیای واقعی این فرآیندها می‌توانند به صورت کاملاً اتوماتیک و به‌ترتیب با ابزارهای OpenNMS و VIATRA صورت پذیرد. به این صورت که با ابزار OpenNMS ساختار شبکه را به‌دست آورده و خروجی آن‌را وارد ابزار VIATRA کنیم. اما توصیف خدمت را باید به‌صورت دستی و با استفاده از نمودارهای فعالیت در این ابزار ترسیم کنیم).

سپس نمودار شی ساختارکلی شبکه به‌صورتی مانند شکل (۶) به‌دست می‌آید. از نمودارهای کلاس به منظور شناسایی واحدهای ساختاری استفاده کرده و از نمودارهای شی به‌منظور به‌دست‌آوردن ساختار شبکه و ارتباطات میان اجزاء مختلف استفاده می‌کنیم.

پس از دادن تمام این ورودی‌ها به ابزار VIATRA نگاشت‌های مختلف بین خدمت‌دهنده‌ها و خدمت‌گیرنده‌ها در تمامی مسیرهای ممکن آن‌ها استخراج می‌شود. پس از نگاشت خدمات بر زیرساخت باید تمامی مسیرهای ممکن میان نودهای مبدا و مقصد را به‌دست آوریم. این گام نیز می‌تواند به کمک ابزار VIATRA و برای شبکه‌های تصادفی به کمک ابزار PWNRA، انجام شود.



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

نمونه‌ای از خروجی ابزار PWNRA برای خدمت پست الکترونیک مثال فوق به‌صورت زیر می‌باشد:

$$12 > 6 > 1 > 7 > 8 > 32$$
$$12 > 6 > 0 > 7 > 8 > 32$$
$$12 > 6 > 0 > 4 > 8 > 32$$
$$12 > 6 > 5 > 4 > 8 > 32$$
$$12 > 6 > 1 > 3 > 4 > 8 > 32$$

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

حال با توجه به مسیرهای به‌دست‌آمده اجزاء موجود در شبکه، زیرساخت مربوط به هر خدمت را از نمودار کلاس آن استخراج می‌شود. مشخصات این اجزاء نیز در جدول آمده بود که برای گام‌های بعدی محاسبات استفاده می‌شود. پس از استخراج اجزاء و مسیرها باید به محاسبه دسترس‌پذیری از پایین‌ترین لایه (لایه زیرساخت) به سمت بالاترین لایه (لایه کسب‌وکار) برحسب نیاز بپردازیم.

۴-۴- محاسبه دسترس‌پذیری در لایه زیرساخت

در این مرحله با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده در گام قبل و وابستگی میان اجزای هر جزء، ابتدا عبارات بولی را برای هر جزء به‌دست آورده و سپس مدل دسترس‌پذیری تمام اجزاء را به‌صورت مجزا رسم می‌کنیم. آن‌گاه دسترس‌پذیری هر جزء را با توجه به ساختار آن‌ها (سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای موجود بر روی هر جزء و افزونگی آن‌ها) محاسبه می‌شود. به‌عنوان نمونه این محاسبات در ادامه برای جزء رایانه با جزئیات آورده شده و برای اجزاء دیگر نیز مقادیر دسترس‌پذیری محاسبه شده را در جدول (۳) مشاهده می‌کنیم. به‌عنوان مثال، برای یک رایانه دسترس‌پذیری نهایی تابعی از دسترس‌پذیری سخت‌افزار آن ضرب‌در دسترس‌پذیری سیستم عامل ضرب‌در دسترس‌پذیری برنامه کاربردی اجراشونده روی آن است که به‌صورت رابطه منطقی زیر آن را نشان داده می‌شود.

Computer_Availability = (Computer_Software_Ava) & (OperatingSystem_Ava) & (Computer_Hardware_Ava)

برای این نوع مؤلفه مانند شکل (۸)، مدل به‌دست‌آمده از عبارت بولی به صورت سری می‌باشد که با توجه به افزونگی آن‌ها نموداری به صورت زیر به‌دست می‌آید. دسترس‌پذیری آن از فرمول دسترس‌پذیری اجزاء سری محاسبه می‌شود.

$A\left(component\right)=\prod_{1}^{N}A_i$ که تعداد اجزاء می‌باشد و

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

بنابراین داریم:

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

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

و متوسط دسترس‌پذیری برای این جزء برابر است با:

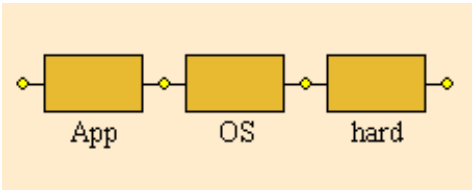
$$A(Component)=0.9905*0.9905*0.9924=0.9736$$

محاسبه دسترس‌پذیری لایه خدمت (برنامه)

با توجه به شکل (۵) که مربوط به اجزاء فعال در خدمات می‌باشد، ابتدا عبارت بولی مربوط به هر خدمت و سپس مدل دسترس‌پذیری را به‌دست آورده و دسترس‌پذیری هر خدمت را محاسبه می‌کنیم. (در محاسبات فرض شده است دسترس‌پذیری کانال‌های ارتباطی برابر با یک می‌باشد). در این لایه نیز دسترس‌پذیری را برای یک خدمت محاسبه کرده و برای خدماتی دیگر تنها خروجی را در جدول نشان می‌دهیم. بدین ترتیب دسترس‌پذیری خدمت پست الکترونیک بر اساس شکل (۱۰) از دید کاربر مورد نظر از روابط شکل (۹) و شکل (۱۱) و نهایتا در جدول (۴) محاسبه خواهد شد.

جدول (۳): محاسبه دسترس‌پذیری اجزاء مستقل

جزء	سرور پست الکترونیک و DNS	سوئیچ سیسکو ۳۵۶۰	سوئیچ سیسکو ۲۹۵۰	روتر سیسکو ASR1006
دسترس‌پذیری	۰/۹۹۹۹۹۸۹	۰/۹۹۹۹۹۶۹	۰/۹۹۹۹۹۸۴	۰/۹۹۹۹۹۶



شکل (۸): مدل دسترس‌پذیری کامپیوتر تنها

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

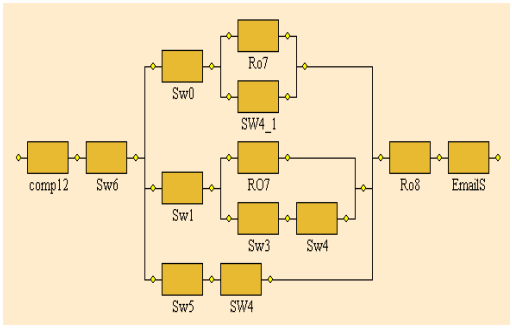
comp12 & channel & switch6 & channel & switch0 & channel & router7 & channel & router8 & channel & emailServer

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 به‌دست‌آمده از ابزار PWNRA از گره ۱۲ تا سرور پست الکترونیک



شکل (۱۰): مدل دسترس‌پذیری خدمت پست الکترونیک

پس از به‌دست‌آوردن عبارت بولی مدل دسترس‌پذیری مناسب را طراحی کرده، سپس براساس مدل دسترس‌پذیری به‌دست آمده، دسترس‌پذیری را محاسبه می‌کنیم. برای محاسبه دسترس‌پذیری از روی مدل ابتدا دسترس‌پذیری داخلی‌ترین حلقه‌ها را محاسبه می‌کنیم. در این حلقه‌ها دسترس‌پذیری اجزاء سری و سپس دسترس‌پذیری اجزاء موازی را محاسبه می‌شوند.

دسترس‌پذیری اجزاء موازی از فرمول $A(component)=1-\prod_{1}^{N}(1-A_i)$ و اجزاء سری از فرمول $A(component)=\prod_{1}^{N}A_i$ که N تعداد اجزاء می‌باشد و $A(i)=\frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$ به‌دست می‌آید.

$$A(Email)=(0.9736*0.9999984)*\begin{bmatrix}1-\left(\left[1-\left(0.9999969*\left[1-(1-0.999996)*(1-0.9999984)\right]\right)\right]\right)*\\ *\left(1-\left[0.9999969*\left(1-\left[1-0.999996\right]*\left[1-0.9999984*0.9999984\right]\right)\right]\right)*\\ (1-0.9999984*0.9999984)\end{bmatrix}$$
$$*(0.999996*0.9999989)=0.973593$$

شکل (۱۱): محاسبه دسترس‌پذیری پست الکترونیک از دید گره ۱۲

جدول (۴): محاسبه دسترس‌پذیری خدمت پست الکترونیک

نام خدمت	خدمت DNS	خدمت پست الکترونیک از دید گره ۱۲	دسترس‌پذیری خدمت پست الکترونیک
محاسبه دسترس‌پذیری	۰/۹۹۹۹۹	۰/۹۷۳۵۹۳	۰/۹۴۷۸۷۴

۵- شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج

معادلات به‌دست‌آمده در روابط (۳-۱)، یک چارچوب کاملاً یکپارچه را در محاسبه دسترس‌پذیری لایه کسب‌وکار بر حسب دسترس‌پذیری مؤلفه‌های زیرساختی یک شبکه به ما می‌دهند. این معادلات با یک میان‌بر محاسباتی ماتریسی، در معادله (۵) 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 تاثیراتی را در دسترس‌پذیری فرآیندهای سازمان خواهد گذاشت. برای این منظور، باید بررسی کرد که از کارافتادن یک جزء چه تاثیری روی دسترس‌پذیری کلی سیستم در شرایط افزایش یا کاهش تعداد مؤلفه‌ها متناظر و مشابه آن جزء خواهد گذاشت.

شبیه‌سازی صورت‌گرفته در محیط نرم‌افزار متلب از طریق پیاده‌سازی روابط (۵-۱) در محیط شبیه‌ساز و با تبدیل‌کردن دستی خروجی‌های ابزار PWNRA به درایه‌های a_{ij} درماتریس $M_{S,R}$ 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 خدمت‌ها و فرآیندها نشان می‌دهند؛ درحالی‌که برای تکمیل ماتریس $M_{S,R}$ نیاز هست تا تمام وابستگی‌های بین خدمت‌ها با مؤلفه‌ها زیرساخت و هم‌چنین فرآیندهای کسب‌وکار با خدمت‌ها را در یک سطر از ماتریس وارد نمود. بدین منظور، الگوریتم شکل (۱۲) در برنامه MATLAB پیاده‌سازی می‌گردد. برای دو ماتریس دیگر $M_{AC,S}$ و $M_{PC,AC}$ ورودی‌ها باید به‌صورت شهودی و توسط اپراتور سیستم برمبنای 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 1xN 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 درغیر این‌صورت، مقدار درایه صفر است. تابع *initialize-zero()* تمام درایه‌های این ماتریس را به‌صورت 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 این‌جا تعداد حضور هر جزء زیرساختی در مسیرهای مختلف به‌دست‌آمده از PWNRA برای هر خدمت است. هم‌چنین منظور از *PWNRA(k)* در این کد، ردیف شماره k از خروجی تولیدشده توسط ابزار PWNRA برای یک خدمت است. به‌عنوان مثال، در شکل (۷) پنج ردیف خروجی تولید شده است که آن‌ها را با *PWNRA(1)* تا *PWNRA(5)* نشان می‌دهیم.

```
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 $M_{S,R}$

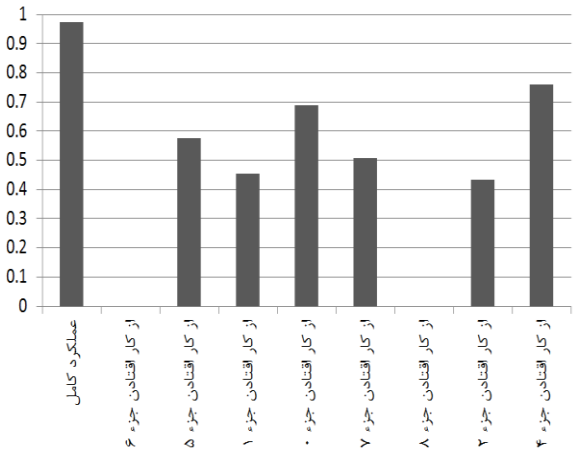
اکنون باید بررسی کنیم که از دست رفتن دسترس‌پذیری یک جزء زیرساختی با توجه به درجه وابستگی هر خدمت به آن، چه میزان تأثیر در کاهش دسترس‌پذیری خدمات مرتبط با آن و در نهایت چه میزان تأثیر در کاهش دسترس‌پذیری فرایندهای کسب‌وکار برمبنای فرمول‌های (۵-۱) خواهد داشت. برای این منظور، در مثال بخش ۴-۳- برای ارسال پست الکترونیک، ابتدا درجه وابستگی برای مؤلفه‌ها زیرساختی درگیر محاسبه می‌شود. جدول (۵) این محاسبه را برمبنای خروجی ابزار PWNRA نشان می‌دهد. PWNRA برای این خدمت ۲۷ مسیر مختلف را تولید نموده است که مؤلفه‌ها شماره ۶ و ۸ به‌دلیل این‌که در به ارتباطی رایانه‌های مربوطه قرار دارند در تمام این ۲۷ مسیر حضور دارند و لذا درجه وابستگی آن‌ها حداکثر می‌باشد.

جدول (۵): درجه وابستگی مؤلفه‌ها زیرساختی برای ارسال مقاله کاربر ۱۲

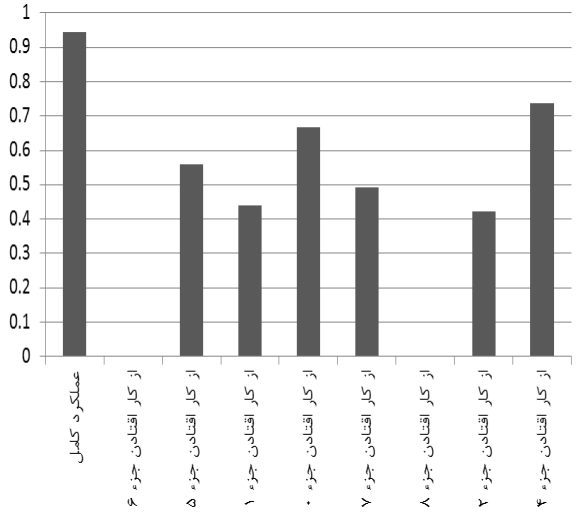
جزء زیرساختی	۶	۵	۱	۰	۷	۸	۲	۴
درجه وابستگی	۲۷	۱۱	۱۶	۸	۱۳	۲۷	۱۵	۶

نمودار شکل (۱۳) نشان می‌دهد که در اثر از دست رفتن هر یک از این مؤلفه‌ها زیرساختی خدمت ارسال پست الکترونیک مقالات از دید کاربر ۱۲ به چه میزان افت پیدا کرده است. در جدول (۴) دیده می‌شود که دسترس‌پذیری خدمت پست الکترونیک در حالت عملکرد طبیعی تمام مؤلفه‌ها زیرساختی از دید این کاربر برابر ۰/۹۷۳۵۹۳ است.

شکل (۱۴) نشان می‌دهد که خدمت کلی دریافت مقالات در اثر آسیب‌های احتمالی که منجر به نمودار شکل شده‌اند به صورت کلی از نظر دسترس‌پذیری چه میزان دچار کاهش و افت می‌شود. در نمودار شکل (۱۳) مشاهده می‌کنیم که هر میزان درجه وابستگی خدمت پست الکترونیک مقالات به یک جزء زیرساختی بیش‌تر باشد، افت دسترس‌پذیری این خدمت در اثر خرابی آن جزء بیش‌تر خواهد بود. این موضوع در مورد مؤلفه‌های ۶ و ۸ که کاملاً بدیهی است. چون این دو مؤلفه، لبه ارتباطی رایانه کاربر و سرور پست الکترونیک به شبکه زیرساخت را تشکیل می‌دهند و در صورت خرابی آن‌ها قطع ارتباط کامل رخ داده و دسترس‌پذیری خدمت پست الکترونیک برای کاربر ۱۲ دقیقاً صفر خواهد شد. دقت به عملکرد کل مدل در حالت از دست رفتن سایر مؤلفه‌های زیرساختی نیز نشان می‌دهد که تناسب مورد انتظار بین درجه وابستگی خدمت به هر مؤلفه با میزان افت دسترس‌پذیری خدمت در اثر خرابی آن مؤلفه کاملاً برقرار است.



شکل (۱۳): نمودار دسترس‌پذیری سرویس پست الکترونیک مقالات در حالت از دست رفتن هر یک از مؤلفه‌ها زیرساختی



شکل (۱۴): نمودار دسترس‌پذیری سرویس کلی دریافت مقالات در حالت از دست رفتن هر یک از مؤلفه‌ها زیرساختی

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

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 صفرشدن 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 به‌دست 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 به‌وجود 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 درنظرگرفتن 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 به‌صورت عمودی میان سه‌لایه فوق برقرار کند. این مدل منجر به این شده است که برمبنای 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 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 اتوماتیک‌کردن 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 شبیه‌سازی‌شده 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 و 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, Universita 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

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. Kanso, 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. Loloei, 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.

Journal Of Electronical & Cyber Defence
Vol. 5, No. 3, 2017, Serial No. 19

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