

ارائه یک مدل ارزیابی اعتماد فازی برای افزایش امنیت میان موجودیت‌های سیستم‌های ابری با استفاده از شبکه پتری

علی محسن‌زاده*^۱، همایون مؤتمنی^۲، جواد وحیدی^۳

۱- کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علوم و فنون مازندران

۲- دانشیار، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری

۳- دانشیار، دانشکده ریاضیات، دانشگاه علم و صنعت ایران

(دریافت: ۹۳/۱۱/۲۷، پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۲)

چکیده

اعتماد، معنای جدیدی را برای بهبود امنیت میان موجودیت‌های سیستم‌های ابری به ارمغان می‌آورد. رابطه اعتماد یکی از پیچیده‌ترین روابط میان موجودیت‌ها می‌باشد چرا که بسیار ذهنی، غیر متقارن، متعدی، پویا، و دارای خاصیت عدم قطعیت می‌باشد. در محیط ابر، موجودیت‌ها به طور بالقوه بدون داشتن تماس‌های قبلی تعاملاتی را با یکدیگر آغاز می‌کنند. این تعاملات می‌تواند یا به صورت مستقیم میان دو موجودیت و یا به صورت غیر مستقیم از طریق توصیه موجودیت‌های ثالث، شکل گیرد. در این مقاله مدل اعتمادی را با توجه به سابقه تعاملات میان موجودیت‌ها و بر اساس ریاضیات فازی (برای پوشش عدم قطعیت) ارائه شده است به گونه‌ای که روابط میان موجودیت‌های ابر، بر اساس تعاملات موفق و ناموفق گذشته میان آن‌ها مدل‌سازی می‌شود. همچنین برای شناسایی موجودیت‌های مخرب از شباهت میان موجودیت‌ها استفاده شده است تا تاثیر موجودیت‌های مخرب در محاسبه اعتماد خنثی شود. متناسب با مدل ارائه شده الگوریتمی برای محاسبه اعتماد ارائه شده و از شبکه پتری برای طراحی استفاده شده است. نتایج ارزیابی، نشان دهنده بهبود کارایی، محاسبه دقیق‌تر درجه اعتماد میان موجودیت‌ها، شناسایی موجودیت‌های مخرب و نیز ارتقای تعاملات میان موجودیت‌های ابر می‌باشد به گونه‌ای که میزان تعاملات موفق در سطح بالایی پس از رکود اولیه قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: اعتماد مستقیم، اعتماد توصیه ای، امنیت، مدل اعتماد، محاسبات ابری، منطق فازی

۱- مقدمه

است. مفهوم اعتماد در محیط‌های محاسباتی توزیع شده از علوم اجتماعی نظیر روان‌شناسی، اقتصاد، جامعه‌شناسی، گرفته شده است. مسائل مرتبط با اعتماد، به موضوع بسیار مهمی تبدیل گشته است به ویژه زمانی که پردازش داده در مراکز داده‌های پراکنده جغرافیایی، غیر متمرکز شده است و منابع فراتر از یک محیط قابل تعریف و قابل کنترل (بخصوص در سناریوهای محاسبات ابری) توزیع شده‌اند. اصطلاح اعتماد اغلب به صورت آزادانه در ادبیات اعتماد ابر استفاده می‌شود و غالباً به عنوان یک اصطلاح عمومی برای امنیت و حریم خصوصی استفاده می‌شود.

در محیط ابر، موجودیت‌ها، به‌طور بالقوه، بدون داشتن تماس‌های قبلی، تراکنش‌هایی را با یکدیگر آغاز می‌کنند. با توجه به این‌که نتایج فاقد تجربه مستقیم به اشتراک گذاشته شده میان یک جفت خاصی از مصرف‌کننده و ارائه‌دهنده می‌باشد، مصرف‌کنندگان غالباً اطلاعات ناکافی برای پیش‌بینی قابل

محاسبات ابری یک الگوی برجسته محاسباتی شامل داده‌ها و برون‌سپاری محاسبه در شبکه بر اساس روش‌های محاسباتی توزیع شده می‌باشد، که می‌تواند پنج ویژگی خاص را برآورده سازد: ۱. چند مستاجری (یک سیستم چند مستاجری منابع را بین گروهی از درخواست‌کنندگان سرویس به اشتراک می‌گذارد. به جای این‌که هر کاربر از یک منبع اختصاصی استفاده کند، این منبع بین چندین کاربر به اشتراک گذارده می‌شود). ۲. خاصیت ارتجاعی (الاستیکی)، ۳. شبکه گسترده‌ای از دسترسی‌ها، ۴. ویژگی مصرف به میزان نیاز، سلف سرویس بودن منابع بر حسب تقاضا [۱].

با افزایش محبوبیت محاسبات ابری، ایجاد رابطه قابل اعتماد بین موجودیت‌ها به عنوان یک بخش مهم در شکل‌گیری امنیت محاسبات ابری، توجه قابل ملاحظه‌ای را به خود جذب کرده

مدل می‌کنیم. در بخش ۴ مدل پیشنهادی را ارزیابی می‌نماییم و سرانجام در بخش پایانی به نتیجه‌گیری از این مقاله می‌پردازیم.

۲- کارهای مرتبط

مسائل و چالش‌های اعتماد در محیط محاسبات ابری از دیدگاه‌های مختلف بحث شده است و تعدادی مدل‌های شهرت و اعتماد ارائه شده است. در تعدادی از پژوهش‌ها و طرح‌های پیشنهادی در مورد نیازمندی‌های ضروری برای برپایی اعتماد بحث شده است و تعدادی از مقالات مقدار اعتماد را با کمک مسائل ریاضی و به صورت قطعی محاسبه کرده و یا الگوریتم‌هایی پیشنهاد داده‌اند.

هیئوخو کیم و همکارانش [۳] مدل ارزیابی اعتمادی را در محیط ابری ارائه نمودند که بر پیشگویی دسترسی عملیاتی طی دوره‌های خاصی متمرکز شده است. براساس این پیشگویی، می‌توان دسترسی عملیاتی را برای هر منبع برحسب تقاضا در طی بازه‌های زمانی مخصوص تخمین زد. برای تحلیل عملکرد و کارایی، در این مدل از اطلاعات مورد استفاده از منابع/ سرویس که شامل مشخصات پروفایل گره، میانگین اطلاعات مورد استفاده از منابع، میانگین زمان پاسخگویی، و میانگین موفقیت نسبی کار، استفاده شده است. پروفایل مشخصات گره خود شامل نوع پردازنده و فرکانس، اندازه حافظه، ظرفیت دیسک سخت و نرخ انتقال از دستگاه‌های شبکه، می‌باشد.

داوئو سان و همکارانش [۵] مدل ارزیابی اعتماد چند بعدی پویا برای افزایش امنیت محیط‌های محاسبات ابری یا DMTC را برای بهبود امنیت محیط محاسبات ابری پیشنهاد داده‌اند. در این مدل از روش تعاملات میان موجودیت‌ها برای محاسبه اعتماد استفاده شده است و رابطه اعتماد مستقیم و توصیه‌ای را با استفاده از معادلات ریاضی محاسبه نموده است. مدل اعتماد در نظر گرفته در این مقاله توسط یک Ω مجموعه اعتماد متشکل از n تعداد $rustees$ می‌باشد، TR مجموعه‌ای از رابطه اعتماد می‌باشد که در سراسر مجموعه اعتماد Ω ساخته شده است. TS مجموعه‌ای از سیاست‌های سرویس اعتماد می‌باشد که در سراسر مجموعه اعتماد Ω تعریف شده است. Of یک تابع هدف برای بهینه‌سازی اعتماد و امنیت در سیستم محاسبات ابری می‌باشد. θ یک الگوریتم برای دستیابی به استراتژی مطلوب است. یکی از کاستی‌های این مدل این است که همواره وزن رابطه اعتماد مستقیم را از وزن رابطه اعتماد توصیه‌ای بیشتر در نظر گرفته است و همواره مقدار وزن اعتماد توصیه در بازه $[0,0,5]$ در نظر می‌گیرد.

اطمینان بودن کیفیت یک سرویس و قابل اعتماد بودن ارائه‌دهنده آن در اختیار دارند. فقدان تجربه با یک ارائه‌دهنده، منجر به یک مانع خاص برای قبول محاسبات ابری می‌شود [۲].

مسائل و چالش‌های اعتماد در محیط‌ها توزیع شده همچون محاسبات ابری به‌طور گسترده از دیدگاه‌های مختلف بحث شده است و تعدادی مدل‌های شهرت و اعتماد ارائه شده است [۱۶-۱۱] که هر کدام دیدگاهی از اعتماد را ارائه داده‌اند اما هنوز فاقد یک تصویر کلی می‌باشیم که نشان دهد چگونه موجودیت‌های ابر با یکدیگر به شکل یک سیستم اجتماعی، بر مبنای اعتماد و تسهیل مسیرهای اعتماد، کار می‌کنند. این کارها به کلی در دو دسته اصلی قرار می‌گیرد: ۱. اندازه‌گیری اعتماد؛ که به چگونگی نمایش و اندازه‌گیری مقدار اعتماد بین دو موجودیت می‌پردازد و ۲. مدیریت اعتماد؛ که به دنبال راهی برای تصمیم‌گیری روی مقادیر اعتماد می‌باشد.

در این مقاله مدل اعتمادی با استفاده از منطق و ریاضیات فازی ارائه شده است. در مدل ارائه‌شده، اعتماد میان موجودیت‌های ابر را از طریق تاریخچه تعاملات بین آنها (که این تعاملات می‌تواند حاصل از تجربه مستقیم میان دو موجودیت باشند یا حاصل از توصیه‌های اشخاص ثالث) محاسبه می‌شود و از آنجایی که یکی از ویژگی‌های اعتماد غیرقطعی بودن آن می‌باشد، این مدل می‌تواند در محاسبه دقیق‌تر و منطقی‌تر اعتماد میان موجودیت‌های ابر، کمک شایانی نماید. همچنین ممکن است تعدادی موجودیت مخرب در یک سیستم وجود داشته باشد در چنین مواردی می‌توان انواع مختلفی از حملات را در نظر گرفت [۱۱]. در تمام حملات، یک موجودیت مخرب تلاش می‌کند با استفاده از اقدامات گمراه‌کننده، خودش را به عنوان یک موجودیت قابل اعتماد نشان دهد. از این رو، در این مقاله از رابطه شباهت در محاسبه توصیه‌ها استفاده می‌شود به‌گونه‌ای که موجودیت‌ها هنگام محاسبه مقدار اعتماد توصیه‌ای، میزان شباهت نظراتشان با موجودیت توصیه‌گر را در نظر می‌گیرند. شباهت نظرات میان دو موجودیت از طریق موجودیت‌های ثالثی، که دو موجودیت مستقیماً با آن در ارتباط هستند محاسبه می‌شود. این امر اثر موجودیت‌های مخرب و ناصادق را خنثی می‌کند.

در ادامه این مقاله ابتدا در بخش ۲ کارهایی که در زمینه اعتماد در محیط محاسبات ابری انجام گرفته است را مرور می‌کنیم، سپس در بخش ۳ روش پیشنهادی را معرفی می‌نماییم که در این بخش پس از ارائه مدل اعتماد مبتنی بر تعاملات موفق و ناموفق میان دو موجودیت، الگوریتم مرتبط با آنها را ارائه می‌دهیم و در انتهای این بخش مدل را با استفاده از شبکه پتری

نماییم. نکته حائز اهمیت، استفاده از رابطه شباهت در کسب توصیه ها می باشد به عبارت دیگر موجودیت ها هنگام محاسبه مقدار اعتماد توصیه ای، میزان شباهت نظراتشان با موجودیت توصیه گر را در نظر می گیرند. شباهت نظرات میان دو موجودیت از طریق موجودیت های ثالثی، که دو موجودیت مستقیما با آن در ارتباط هستند محاسبه می شود. این امر اثر موجودیت های مخرب و ناصداق را خنثی می کند. از دیگر کارهای صورت گرفته در این تحقیق کیفی سازی نتایج می باشد که به درک بهتر موجودیت ها کمک می کند.

۳- روش پیشنهادی

به طور کلی اعتماد را می توان در ۴ گروه متفاوت مطابق با استانداردهای متفاوت، طبقه بندی کرد [۹]: ۱. مطابق با صفات و ویژگی ها: اعتماد هویت و اعتماد رفتار ۲. مطابق با تعاملات صورت گرفته: اعتماد مستقیم و اعتماد توصیه ای ۳. مطابق با نقش ها: اعتماد شخص ثالث، اعتماد اجرا، اعتماد کد ۴. مطابق با تئوری های پایه: اعتماد ذهنی و اعتماد عینی. در این مقاله از گروه دوم، یعنی تعیین اعتماد بر اساس تعداد تعاملات صورت گرفته میان دو موجودیت موجود در ابر، اعتماد مورد بررسی قرار می گیرد.

تعریف ۱ (اعتماد): اعتماد، سطحی از احتمال ذهنی که بین دو موجودیت، یک موجودیت مبدا ۱ و یک موجودیت مقصد ۲ می باشد که از طریق یک مشاهده مستقیم طبیعی و یا توصیه ای از موجودیت های اعتماد شکل می گیرد و بستگی به یک یا چند موجودیت مقصد برای انجام یک سرویس خاص در یک زمان و زمینه خاص دارد [۵، ۱۱ و ۱۷].

اعتماد معمولا توسط درجه اعتماد ارزیابی، و به وسیله رابطه اعتماد توصیف می شود. درجه اعتماد به عنوان یک عقیده و نظر تفسیر می شود که بر اساس تجارب تعامل می باشد.

تعریف ۲ (درجه اعتماد): درجه اعتماد (Td_{ij}) برای ارزیابی اعتماد یک دامنه از مجموعه مقادیر اعتماد از نگاه موجودیت مبدا به موجودیت مقصد، می باشد که بیانگر نگرش و عقیده اعتماد موجودیت e_i به عنوان موجودیت مبدا به موجودیت e_j به عنوان موجودیت مقصد در زمان t در زمینه c_z است. درجه اعتماد به صورت زیر نشان داده شده است.

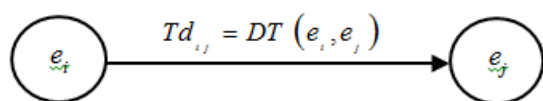
$$Td_{ij} \begin{cases} DT(e_i, e_j, c_z, t), \\ RT(e_i, e_j, c_z, t), \\ IDT(e_i, e_j, c_z, t), \\ \text{Otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

ژائو ژیونگ ژو و همکارانش مدل اعتماد وزنی مبتنی بر ابر را معرفی کردند [۱۳]، آنها مشخصه های عددی ابر را با سه مشخصه بیان نمودند که عبارت است از: ۱. انتظار Ex (نقاطی که به بهترین وجه می توانند نشان دهنده مفهوم کیفی در فضای دامنه باشند) ۲. آنتروپی En (نشان دهنده اندازه گیری کیفی اندازه ذرات ابر می باشد، همچنین نشان دهنده عدم قطعیت از مفهوم کیفی نیز می باشد) و ۳. آنتروپی بیش از حد He (عدم قطعیت آنتروپی را اندازه می گیرد و ارتباط بین فازی و تصادفی را نشان می دهد). مطابق با آن سه مشخصه، مدل ابر اعتماد را ارائه دادند، مدل ابر اعتماد، اطلاعات اعتماد را از طریق پارامترهای سه بعدی (Ex, En, He) بدست می آورد. درمقایسه با مدل اعتماد سنتی که از داده های تنها به عنوان نتایج ارزیابی استفاده می کند، مدل ابر اعتماد، بیشتر اطلاعات عدم قطعیت اعتماد را نشان می دهد که مفهوم اعتماد را غنی می کند.

یانگ و همکارانش [۹] مدل اعتماد مبتنی بر دامنه اعتماد را در محیط های محاسبات ابری ارائه نموده است. در این روش، اعتماد به وسیله مقادیر اعتماد که به زمینه و سابقه رفتار موجودیت ها وابسته است، اندازه گیری می شود که این مقادیر ثابت نمی باشند. طراحی به این صورت است که ابر به چندین دامنه مستقل تقسیم می شود و رابطه اعتماد بین گره ها به دو رابطه اعتماد درونی و میان دامنه های تقسیم می شود و استراتژی های متنوعی برای این دو نوع رابطه به کار گرفته می شود. هر گره دو جدول دارد: جدول اعتماد مستقیم و جدول اعتماد توصیه ای. اگر گره ای نیاز به محاسبه مقدار اعتماد گره دیگر داشته باشد، ابتدا باید جدول اعتماد مستقیم را چک کند و اگر مقدار مربوطه در جدول اعتماد مستقیم موجود باشد از آن مقدار استفاده می نماید. اما اگر مقداری در جدول اعتماد مستقیم موجود نباشد، جدول اعتماد توصیه ای مورد بررسی قرار می گیرد تا گره ای را پیدا کند که ارتباط اعتماد مستقیمی با گره ی مورد نظر داشته باشد. از معایب روش ارائه شده، قرار گرفتن گره ها در چند دامنه و تلف شدن زمان می باشد.

همان طور که اشاره شد، رابطه اعتماد در محیط محاسبات ابری، بسیار ذهنی، پویا وابسته به زمینه های مختلف و دارای خاصیت عدم قطعیت می باشد. هدف از این مقاله ارائه یک مدل اعتماد میان موجودیت های محیط ابر با توجه به تعداد تعاملات موفق و ناموفق میان آنها در تمامی زمینه های موجود در ابر می باشد. در این مدل مقدار اعتماد به کمک ریاضیات فازی محاسبه شده است تا بتوانیم این عدم قطعیت را محاسبه نماییم و نتیجه دقیق تری از اعتماد میان موجودیت های ابر را کسب

این رابطه، رابطه اعتماد مستقیم گفته می‌شود. درجه اعتماد مستقیم برابر $Td_{ij}=DT(e_i, e_j, c_2, t)$ می‌باشد.



شکل (۱). رابطه اعتماد مستقیم میان e_j و e_i

رابطه اعتماد مستقیم یک رابطه دودویی قطعی نیست که یا درست باشد یا نادرست. در واقع اعتماد دارای درجه‌ها و سطوح متفاوتی می‌باشد. از این رو، می‌توانیم از رابطه فازی برای توصیف رابطه اعتماد مستقیم استفاده کنیم، تعاملات مستقیم با یک لینک بین موجودیت e_i و موجودیت e_j در گراف اعتماد نشان داده می‌شود.

تعریف ۳ (گراف اعتماد): روابط اعتماد در محیط محاسبات ابری، با یک گراف اعتماد G نشان داده می‌شود. این گراف یک گراف جهت‌دار می‌باشد که گره‌های این گراف نشان‌دهنده موجودیت‌ها و یال‌ها به‌عنوان روابط اعتماد میان گره‌ها می‌باشند. یال‌های جهت‌دار با درجه اعتماد برچسب می‌خورند. اگر یک یال، یک رابطه اعتماد از موجودیت e_i به‌عنوان موجودیت مبدا به موجودیت e_j به‌عنوان موجودیت مقصد را نشان دهد، بدان معناست که جهت این رابطه از e_i به e_j با درجه اعتماد Td_{ij} می‌باشد. یک راه ممکن برای نمایش یک گراف جهت‌دار G یک ماتریس می‌باشد که در زیر تعریف شده است.

تعریف ۴ (ماتریس اعتماد): تعاملات در یک محیط محاسبات ابری متشکل از n موجودیت با یک ماتریس اعتماد $M(t, c_2)$ نشان داده می‌شود که عناصر آن Td_{ij} می‌باشد که نشان‌دهنده یک رابطه اعتماد از موجودیت e_i به موجودیت e_j می‌باشد و دارای مقادیری می‌باشند که هر مقدار نشان‌دهنده درجه اعتماد می‌باشد. اگر یک رابطه تعریف نشده باشد با صفر نشان داده می‌شود.

$$M(t, c_2) = \begin{pmatrix} Td_{11} & \dots & Td_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Td_{m1} & \dots & Td_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

هنگامی که رابطه اعتماد $TR(e_i, e_j)$ بین موجودیت‌ها مشاهده می‌شود ویژگی‌های زیر در نظر گرفته خواهد شد.

- رابطه اعتماد بازتابی است؛ یک موجود به‌طور ضمنی به خودش اعتماد دارد.
- رابطه اعتماد نامتقارن است [۱۳]، به این دلیل که موجودیت e_i ممکن است به موجودیت e_j در یک زمینه خاص اعتماد داشته باشد، این درحالی است که موجودیت e_j ممکن است

در رابطه $Td_{ij}=DT(e_i, e_j, c_2, t)$ نشان‌دهنده درجه اعتماد مستقیم و $Td_{ij}=RT(e_i, e_j, c_2, t)$ نشان‌دهنده درجه اعتماد توصیه‌ای و $Td_{ij}=IDT(e_i, e_j, c_2, t)$ نشان‌دهنده درجه اعتماد غیر مستقیم میان دو موجودیت می‌باشد. e_i نشان‌دهنده موجودیت مبدا، و e_j نشان‌دهنده موجودیت مقصد می‌باشد. c_2 نشان‌دهنده زمینه کاری می‌باشد. در محیط ابر، اعتماد به برخی از زمینه‌ها بستگی دارد. برای مثال موجودیت e_i به موجودیت e_j به‌عنوان ارائه‌دهنده چند رسانه‌ای اعتماد دارد، اما به‌عنوان ارائه‌دهنده ذخیره‌سازی اعتماد ندارد [۱۵]. t نشان‌دهنده زمان وقوع تعامل بین دو موجودیت می‌باشد.

همان‌طور که اشاره شد یکی از ویژگی‌های اعتماد، خاصیت عدم قطعیت می‌باشد. همچنین اعتماد یک مفهوم ذهنی و شخصی و نسبی است که بر اساس دیدگاه‌های موجودیت‌ها متفاوت می‌باشد. بنابراین برای پاسخگویی به عدم قطعیت، مقدار اعتماد در این مقاله از طریق تئوری مجموعه فازی محاسبه می‌شود. فرض کنید که $E=\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ دامنه مسئله مدل اعتماد فازی می‌باشد که در آن $e_i (i=1, 2, \dots, n)$ یک موجودیت در دامنه مسئله می‌باشد. همچنین فرض شده است که دامنه مسئله E یک مجموعه تهی نمی‌باشد و Td_{ij} یک مجموعه فازی از ضرب دکارتی $E \times E$ می‌باشد.

$$TR : E \times E \rightarrow [0,1],$$

$$(e_i, e_j) \rightarrow \mu_A(e_i, e_j) \in [0,1] \quad (2)$$

در رابطه بالا $\mu_A(e_i, e_j)$ نشان‌دهنده درجه رابطه اعتماد بین e_i و e_j می‌باشد. و TR رابطه اعتماد فازی از E به E می‌باشد و به صورت $E \xrightarrow{TR} E$ نشان داده می‌شود.

برای مدیریت مجموعه‌ای از فعالیت‌های مرتبط با اعتماد در سراسر دامنه، نیاز به درک اعتماد داریم. از نقطه نظرات متفاوت، اعتماد ایجاد شده با استفاده از میزان تعاملات را می‌توان به کلاس‌های مختلف طبقه‌بندی: ۱. اعتماد مستقیم و ۲. اعتماد غیرمستقیم (که ترکیبی از اعتماد مستقیم و اعتماد توصیه‌ای می‌باشد). در ادامه به تشریح هر یک از آنها می‌پردازیم.

۳-۱- رابطه اعتماد مستقیم فازی

هنگامی که گفته می‌شود موجودیت e_i برای موجودیت e_j قابل اعتماد یا غیر قابل اعتماد است، در واقع رابطه‌ای بین موجودیت e_i با موجودیت e_j وجود دارد. به منظور ارزیابی اعتماد، یک موجودیت باید تجربه‌های تعاملات خود را در هر یک از ابعاد و زمینه‌های اعتماد ارزیابی کند. اگر این تجربیات بر اساس تجربه‌های مستقیم تعاملات موجودیت e_i با موجودیت e_j باشد به

عنوان رویدادهای موفق می‌باشد که اخیراً صورت گرفته است و رخ داده است. $p(T_{i-1})$ به عنوان رویدادهای موفق است که در گذشته دورتر برای تعیین میزان اهمیت رویدادهای موفق در به دست آوردن مقدار درجه اعتماد می‌باشد، که Tp نشان دهنده زمان حال یا $T_{present}$ و Ts نشان دهنده زمان شروع یا T_{start} در تعیین بازه زمانی می‌باشد. همچنین Ts_0 نشان دهنده اولین برقراری ارتباط موجودیت مبدا با موجودیت مقصد می‌باشد.

همچنین برای تنبیه رفتار موجودیت خودخواه از یک پارامتر قابل تنظیم یعنی β برای نشان دادن وزن رفتار منفی گذشته استفاده می‌کنیم که هر چقدر مقدار β بالاتر رود مجازات و درجه تنبیه بالاتر می‌رود. از این رو رابطه (۴) به رابطه (۶) تبدیل می‌شود.

$$T_z d_{ij} = DT(e_i, e_j, c_z, t) = \frac{p_z(Tp_i)}{p_z(Tp_i) + \beta q_z} \quad (۶)$$

تصمیم‌گیری در مورد اینکه آیا یک موجودیت قابل اعتماد است یا غیر قابل اعتماد، تنها بر اساس تعداد کمی از تعاملات، بسیار دشوار است [۱۴-۱۵]. در تعیین اعتماد مهم است که یک موجودیت دارای تجربه کافی برای اعتماد باشد. بنابراین سطح اعتمادی برای تجربه در یک زمینه خاص به عنوان آستانه تعامل از دفعات تعامل، تعریف می‌کنیم که با Co_z نمایش می‌دهیم. بنابراین اگر تعداد تعاملات کم باشد و یک موجودیت تجربه کافی برای محاسبه اعتماد نداشته باشد به عبارت دیگر $p_z + q_z \leq Co_z$ ، رابطه (۶) می‌تواند یک تصمیم دلخواه باشد و می‌توان از رابطه (۷) استفاده کرد.

$$T_z d_{ij} = DT(e_i, e_j, c_z, t) = 0.5 + \frac{p_z(Tp_i) - \beta q_z}{2 \times Co_z} \quad (۷)$$

به طور کلی مقدار اعتماد مستقیم میان موجودیت e_i به عنوان موجودیت مبدا و موجودیت e_j به عنوان موجودیت مقصد در زمینه c_z و در زمان t به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$T_z d_{ij} = DT(e_i, e_j, c_z, t) = \begin{cases} 0.5 + \frac{p_z(Tp_i) - \beta q_z}{2 \times Co_z} & \text{if } p_z + q_z \leq Co_z \\ \frac{p_z(Tp_i)}{p_z(Tp_i) + \beta q_z} & \text{if } p_z + q_z > Co_z \end{cases} \quad (۸)$$

۳-۲- رابطه اعتماد غیر مستقیم فازی

ممکن است e_i تجربه تعامل مستقیم محدودی با e_j داشته باشد، از این رو، می‌تواند برای محاسبه دقیقتر مقدار اعتماد از نظرات همسایگانش نسبت به e_j استفاده نماید. بنابراین حتی اگر e_i تجربه تعامل مستقیمی با e_j در گذشته نداشته باشد، e_i می‌تواند یک رابطه با e_j از طریق همسایگانش ایجاد کند، که به

به موجودیت e_i در آن زمینه یا اعتماد نداشته باشد و یا دارای مقدار اعتماد متفاوتی باشد.

- رابطه اعتماد یک رابطه تراگذری (تعدی) می‌باشد [۵].
- رابطه اعتماد مبتنی بر زمان می‌باشد [۱۴]: به گونه‌ای که درجه اعتمادی که موجودیت e_i (به عنوان موجودیت مبدا) به موجودیت e_j (به عنوان موجودیت مقصد) در یک زمینه خاص دارد با مرور زمان معمولاً کاهش می‌یابد در نتیجه، رفتار یک موجودیت همواره ثابت نمی‌ماند و اغلب با تغییر زمان تغییر می‌کند. بنابراین تجربه‌هایی که اخیراً به دست آمده قابل اعتمادتر از تجربه‌های گذشته می‌باشد.
- رابطه اعتماد وابسته به زمینه است، موجودیت e_i ممکن درجه اعتماد مختلفی در زمینه‌های متفاوت با موجودیت e_j داشته باشد.

۳-۱-۱- محاسبه درجه اعتماد مستقیم فازی

برای محاسبه درجه اعتماد مستقیم فازی، فرض کنید در گذشته، e_i ، p دفعه تعامل موفق با e_j داشته و q دفعه تعامل ناموفق با e_j در زمینه c_z و در زمان t داشته است. همچنین، در محیط ابر، اعتماد به برخی از زمینه‌ها بستگی دارد [۱۵]. برای هر زمینه، یک نوع اعتماد توسعه می‌یابد، اعتماد کلی بستگی به ترکیب تمامی اعتماد در هر زمینه دارد. از این رو، تابع عضویت رابطه اعتماد فازی e_i به e_j در زمینه c_z و زمان t را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$T_z d_{ij} = DT(e_i, e_j, c_z, t) = \frac{p_z}{p_z + q_z} \quad (۴)$$

اما باید در نظر داشت که رفتار یک موجودیت همواره ثابت نمی‌ماند و با تغییر زمان تغییر می‌کند. از این رو، تجربیاتی که اخیراً بدست آمده است قابل اعتمادتر از تجربیات گذشته و تاریخی می‌باشد. به همین دلیل، تابعی برای تعیین میزان اهمیت تجربیات موفق، در طول زمان در نظر گرفته‌ایم، که به گونه‌ای به عنوان تابع عمر می‌توان آن را نام‌گذاری کرد. از این تابع برای محاسبه، میزان تعاملات موفق بین دو موجودیت مبدا و مقصد از دیدگاه موجودیت مبدا بر اساس تجربیات موفق گذشته، استفاده می‌شود. رابطه (۵) این تابع را نمایش می‌دهد.

$$p(Tp_i) = \alpha p(\Delta T_i) + (1 - \alpha)p(T_{i-1}), \quad \Delta T_i = Tp_i - Ts_{i-1} \quad (۵)$$

در رابطه بالا، α یک پارامتر قابل تنظیم توسط موجودیت مبدا است و به عنوان ضریب وزن برای تعیین میزان اهمیت رویدادهای موفق در بازه‌های زمانی متفاوت، در نظر گرفته شده است که مجموع این ضرایب برابر یک خواهد بود. $p(\Delta T_i)$ به

محیط محاسبات ابری می‌باشد که به صورت $E \xrightarrow{TR} E$ نشان داده می‌شود و بیانگر اندازه مجموعه احتمالات ذهنی یک مجموعه توصیه‌گر، درباره موجودیت مقصد به موجودیت مبدا در یک زمینه خاص (C_z) و در زمانی خاص می‌باشد.

تابع عضویت رابطه فازی که نشان‌دهنده درجه اعتماد توصیه‌ای میان e_i و e_j به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T_z d_{ki} = RT(e_k, e_j, c_z, t) = \begin{cases} 0.5 + \frac{r_z(Tr_i) - \beta s_z}{2 \times CO_z} & \text{if } r_z + s_z \leq CO_z \\ \frac{r_z(Tr_i)}{r_z(Tr_i) + \beta s_z} & \text{if } r_z + s_z > CO_z \end{cases} \quad (9)$$

در رابطه (۹)، نشان‌دهنده تعداد توصیه‌های موفق و s بیانگر تعداد توصیه‌های ناموفق میان موجودیت e_k و موجودیت e_i می‌باشد و مقدار آستانه دفعات توصیه می‌باشد.

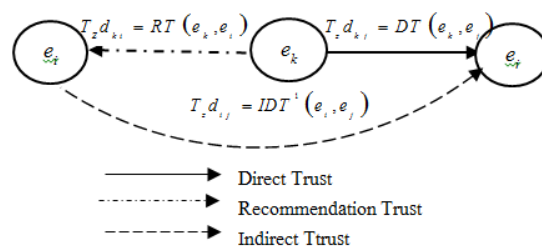
به طور ذاتی، این امر به نظر منطقی می‌رسد که موجودیتی که دارای مقدار و درجه اعتماد بالاتر می‌باشد، دارای دیدگاه‌های توصیه‌ای مهم‌تری می‌باشد [۱۴]. با این حال، مقدار اعتماد یک موجودیت به طور کامل سازگار با اعتبار توصیه نمی‌باشد. ممکن است تعدادی موجودیت مخرب در یک سیستم وجود داشته باشد. در چنین مواردی می‌توان انواع مختلفی از حملات (نظیر bad-mouthing و on-off) را در نظر گرفت [۱۱]. در تمام حملات، یک موجودیت مخرب تلاش می‌کند با استفاده از اقدامات گمراه‌کننده، خودش را به عنوان یک موجودیت قابل اعتماد نشان دهد. بعضی از موجودیت‌های خراب‌کار از طریق استتار، درجه اعتماد بالاتری به دست می‌آورند، و توصیه‌های بالاتری به آشنایان خود می‌دهند، اما بدیهی است که توصیه‌های آنها غیرقابل قبول و باور نکردنی است. بنابراین اعتبار توصیه یک موجودیت (به ویژه در بعضی از موجودیت‌های خراب‌کار تغییر چهره داده شده) متفاوت از خودش می‌باشد. از این رو، هر مدل پیشنهادی برای اعتماد باید قادر به در نظر گرفتن این حملات باشد.

برای مقاومت در برابر این رفتارهای مخرب، تعدادی مکانیزم اندازه‌گیری شباهت در محیط‌هایی مانند شبکه‌های نظیر به نظیر ارائه شده است [۲۱-۱۸] و مجموعه آزمایشات، امکان پذیر بودن و مفید بودن این مکانیزم‌های اندازه‌گیری را نشان می‌دهد، که هدف آن‌ها جلوگیری از اثر هم‌افزایی و همکاری‌کننده موجودیت‌های مخرب می‌باشد.

در این مقاله، برای ارزیابی دقیق‌تر، از روش شباهت کسینوسی تنظیم شده [۲۲]. برای تعیین شباهت میان دو موجودیت در محیط محاسبات ابری استفاده می‌شود. در روش کسینوسی تنظیم شده، شباهت میان دو موجودیت e_i و e_k با

مقدار اعتماد به دست آمده از طریق پرسش از آشنایان e_k ، مقدار اعتماد غیرمستقیم می‌نامیم.

یک رابطه اعتماد غیرمستقیم از توصیه‌های شخص ثالث قابل اعتماد یا زنجیره‌ای از بخش‌های قابل اعتماد ایجاد می‌شود که یک مسیر اعتماد، را ایجاد می‌کند، که این اعتماد غیرمستقیم دارای خصوصیات فازی می‌باشد. رابطه اعتماد غیرمستقیم فازی از ترکیب رابطه توصیه‌ای فازی (که در بخش بعد به تشریح آن می‌پردازیم) و رابطه اعتماد مستقیم فازی، به دست می‌آید. به عنوان مثال در شکل (۲)، رابطه اعتماد غیر مستقیم بین e_i و e_j از طریق توصیه‌های e_k ساخته می‌شود.



شکل (۲). رابطه اعتماد غیر مستقیم یک سطحی

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، موجودیت e_k تجربه اعتماد مستقیم با موجودیت e_j را در زمینه c_z دارد، از این رو یک رابطه اعتماد مستقیم بین e_k و e_j وجود دارد که با $DT_{kj} \in [0, 1]$ نشان داده می‌شود. همچنین یک رابطه توصیه‌ای بین e_k و e_i وجود دارد. موجودیت e_k تجربه مستقیم خود را در رابطه به e_j به e_i توصیه می‌کند $RT_{ik} \in [0, 1]$ ، سپس این تجربه به عنوان یک تجربه غیرمستقیم برای e_i ، $IDT_{ij} \in [0, 1]$ محسوب می‌شود. در واقع این ارزیابی اعتماد غیرمستقیم از یک رابطه تعدی از طریق e_k به e_i ایجاد می‌شود.

۳-۲-۱- رابطه اعتماد توصیه‌ای فازی

همان طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، تجربه اعتماد مستقیم خود با موجودیت e_j را در زمینه c_z در اختیار e_i می‌گذارد، در واقع e_k تجربه مستقیم خود از e_j را به e_i توصیه می‌کند. ممکن است e_k یک دوست بسیار آشنا برای e_i نباشد، و یا ممکن است e_i یک تجربه نادرست از توصیه e_k در گذشته، داشته باشد. بنابراین، e_i فکر نمی‌کند که توصیه e_k کاملاً درست و دقیق باشد. رابطه توصیه‌ای نیز دارای ویژگی‌های فازی می‌باشد و می‌توانیم از رابطه فازی برای توصیف رابطه توصیه‌ای استفاده کنیم.

تعریف ۵ (رابطه توصیه‌ای فازی): RT یک رابطه فازی از E به E می‌باشد که مجموعه‌ای از تمامی موجودیت‌های موجود در

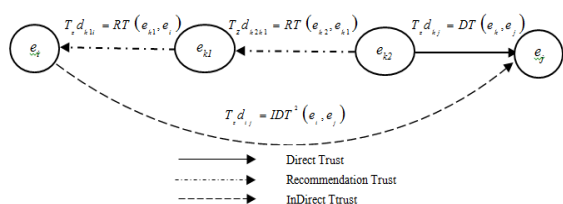
رابطه (۱۲)، بازتاب دهنده تجارب تعاملی موجودیت e_i با موجودیت e_k به عنوان یک موجودیت آشنا، درباره موجودیت e_j می باشد. ممکن است موجودیت e_i (به عنوان موجودیت مبدا) برای به دست آوردن یک دید وسیع تر از موجودیت e_j (به عنوان موجودیت مقصد)، بخواهد از آشنایان آشنایش پرسش داشته باشد تا درجه اعتماد دقیق تری از موجودیت e_j به دست آورد. شکل (۳) یک رابطه اعتماد غیرمستقیم فازی دو سطحی را نشان می دهد که شامل دو سطح از توصیه می باشد. که با IDT^2 نشان داده می شود. تابع عضویت رابطه اعتماد غیرمستقیم فازی دو سطحی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$T_z d_{ij} = IDT^2(e_i, e_j, c_z, t) = RT \circ RT \circ DT = RT^2 \circ DT$$

$$RT^2 = RT(e_{k2}, e_{k1}, c_z, t) \circ RT(e_{k1}, e_i, c_z, t) = \{Max_{e_k} Min(RT(e_{k2}, e_{k1}, c_z, t), RT(e_{k1}, e_j, c_z, t))\} \quad (13)$$

$$= V_{ek1 \in E}(RT(e_{k2}, e_{k1}, c_z, t) \wedge RT(e_{k1}, e_i, c_z, t))$$

همان طور که در شکل (۳) مشاهده می شود موجودیت e_{k2} به صورت مستقیم با موجودیت e_j تعامل دارد بنابراین e_{k2} یک رابطه اعتماد مستقیم فازی با e_j دارد، همچنین e_{k2} آشنای موجودیت e_{k1} است. از آنجایی که e_{k1} به صورت مستقیم با e_j تعامل ندارد، e_{k2} تجربه حاصل از تعامل مستقیم خود با e_j را در اختیار e_{k1} می گذارد بنابراین یک رابطه توصیه ای میان e_{k2} و e_{k1} ایجاد می شود. و به همین ترتیب e_{k1} تجارب غیر مستقیم خود از e_j را در اختیار e_i می گذارد و این تجربه به نوان یک تجربه غیر مستقیم برای e_i محسوب می شود.



شکل (۳). رابطه اعتماد غیرمستقیم دو سطحی

اگر موجودیت e_i این وضعیت ادامه دهد آنگاه یک رابطه اعتماد غیرمستقیم $۳, ۴$ ، و ... n سطحی خواهیم داشت که می تواند درجه اعتماد دقیق تری نسبت به موجودیت e_j به دست آورد. مدل اعتماد غیر مستقیم فازی چند سطحی مشابه مدل اعتماد غیر مستقیم دو سطحی می باشد. از این رو تابع عضویت فازی رابطه اعتماد غیر مستقیم چند سطحی (n سطحی) به صورت زیر به دست می آید:

$$T_z d_{ij} = IDT^n(e_i, e_j, c_z, t) =$$

استفاده از محاسبه ضریب همبستگی پیرسون اندازه گیری می شود. برای محاسبه دقیق همبستگی، ابتدا باید تمامی موجودیت هایی که با هر دو موجودیت e_i و e_k تعامل دارند، جدا سازیم. موجودیت هایی که با هر دو موجودیت e_i و e_k تعامل دارند را با $CE(e_i, e_k)$ نشان می دهیم. به طور رسمی شباهت میان موجودیت های e_i و e_k در زمینه c_z و زمان t با استفاده از این روش، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$Sim(e_i, e_k, c_z, t) = \frac{\sum_{e_c \in OE(e_i, e_k)} (DT_{e_i, e_c} - \overline{DT_{e_i, e_c}})(DT_{e_k, e_c} - \overline{DT_{e_k, e_c}})}{\sqrt{\sum_{e_c \in OE(e_i, e_k)} (DT_{e_i, e_c} - \overline{DT_{e_i, e_c}})^2} \sqrt{\sum_{e_c \in OE(e_i, e_k)} (DT_{e_k, e_c} - \overline{DT_{e_k, e_c}})^2}} \quad (10)$$

در رابطه بالا، $CE(e_i, e_k) = \{e_{c1}, e_{c2}, \dots, e_{cn}\}$ نشان دهنده موجودیت های مشترک میان موجودیت های e_i و e_k می باشد. DT_{e_i, e_c} و DT_{e_k, e_c} نشان دهنده مقادیر اعتماد مستقیمی است که دو موجودیت e_i و e_k به موجودیت های مشترکی که با آنها تعامل دارند $CE(e_i, e_k)$ اختصاص می دهند. همچنین DT_{e_i, e_c} و DT_{e_k, e_c} متوسط مقادیر اعتماد مستقیم میان موجودیت های e_i و e_k با موجودیت های $CE(e_i, e_k)$ است.

از رابطه ۱۰ می توان نتیجه گرفت که با توجه به اعتبار توصیه ها، یک موجودیت بیشتر به موجودیت هایی اعتماد می کند که نظراتشان به او شبیه است به جای آنگاه مقدار اعتماد بالاتری داشته باشند. بنابراین، مقدار اعتماد توصیه ای میان موجودیت e_i و موجودیت e_k در زمینه c_z و در زمان t به صورت زیر محاسبه می شود.

$$T_z d_{ki} = RT(e_k, e_i, c_z, t) = RT(e_k, e_i, c_z, t) \times sim(e_i, e_k, c_z, t) \quad (11)$$

۳-۲-۲- محاسبه مقدار اعتماد غیر مستقیم فازی

رابطه اعتماد غیر مستقیم فازی IDT از ترکیب رابطه اعتماد توصیه ای فازی RE و رابطه اعتماد مستقیم فازی DT حاصل می گردد، که در این مقاله از ترکیب Min-Max برای محاسبه مقدار اعتماد غیرمستقیم استفاده شده است. تابع عضویت رابطه اعتماد غیرمستقیم یک سطحی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$T_z d_{ki} = IDT^1(e_i, e_j, c_z, t) = RT \circ DT = RT(e_k, e_i, c_z, t) \circ DT(e_k, e_j, c_z, t) = \{Max_{e_k} Min(RT(e_k, e_i, c_z, t), DT(e_k, e_j, c_z, t))\} \quad (12)$$

$$= V_{ek \in E}(RT(e_k, e_i, c_z, t) \wedge DT(e_k, e_j, c_z, t))$$

کلی، به آن اختصاص می‌دهد.

بنابراین فرض می‌شود که $W=(w_1, w_2, \dots, w_n)$ وزن می‌باشد به طوری که برای همه آنها در بازه $[0,1]$ می‌باشد و $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. پس از تخصیص وزن‌ها به هر زمینه، نیاز به استخراج مقادیر اعتماد کلی هر زمینه از ماتریس اعتماد کلی $M_{DT \cup IDT}(t, C_z)$ داریم.

پس از استخراج مقادیر اعتماد از ماتریس‌های اعتماد کلی در هر زمینه، این مقادیر را در یک ماتریس دو بعدی قرار می‌دهیم به طوری که سطرهای آن نشان‌دهنده زمینه‌های در نظر گرفته شده C_z و ستون‌های آن مقدار اعتماد کلی e_i به e_j در آن زمینه $T_{z d_{ij}}$ می‌باشند. فرض کنید w_i وزن زمینه C_z می‌باشد. از این رو اعتماد کل در مجموع زمینه‌ها Td_{ij} از نگاشت فازی زیر به دست می‌آید و در ماتریس اعتماد کلی در تمامی زمینه $M_{Td_{ij}}(t)$ جای می‌گیرد.

$$T_d_{ij} = W_i (w_1, w_2, \dots, w_n) \circ \begin{pmatrix} T_{z d_{ij}} \\ c_1 \left(T_1 d_{ij} \right) \\ c_2 \left(T_2 d_{ij} \right) \\ \vdots \\ c_n \left(T_n d_{ij} \right) \end{pmatrix} \quad (17)$$

$$= w_1 \times T_1 d_{ij} + w_2 \times T_2 d_{ij} + \dots + w_n \times T_n d_{ij}$$

۴-۳- طراحی الگوریتم

با توجه به مطالب گفته شده، هسته اصلی مدل ارائه شده به سه بخش تقسیم می‌شود: ۱. رابطه اعتماد مستقیم ۲. رابطه اعتماد توصیه‌ای و ۳. رابطه اعتماد غیرمستقیم. از این رو در این بخش الگوریتم‌هایی را برای هر یک از این سه رابطه، ارائه می‌دهیم.

۴-۳-۱- الگوریتم رابطه اعتماد مستقیم

ورودی این الگوریتم عبارتند از: تعداد تعاملات موفق و منجر به شکست مستقیم میان دو موجودیت در تمامی زمینه‌ها و لحظات، مؤلفه‌های α (مقدار اهمیت تعاملات موفق مستقیم در بازه‌های زمانی تعیین شده)، β (میزان جریمه در نظر گرفته شده برای تعاملات ناموفق مستقیم)، ΔT (بازه زمانی در نظر گرفته شده برای تعیین تعداد تعاملات)، c_{oz} (مقدار آستانه تعاملات در رابطه اعتماد مستقیم). در این الگوریتم، به ازای هر زمینه، خطوط ۴ تا ۳۸ اجرا می‌شود. خطوط ۶ تا ۹ نشان می‌دهد که اگر دو موجودیت ورودی، یکسان باشند آنگاه تعداد تعاملات موفق و

$$RT \circ RT \circ \dots \circ RT \circ DT = RT^n \circ DT \quad (14)$$

$$RT^n = RT^{n-1} \circ RT, (n = 1, 2, 3, \dots)$$

ممکن است، چند زنجیره اعتماد میان دو موجودیت e_i و e_j وجود داشته باشد که حاصل از توصیه‌های موجودیت‌های توصیه‌گر و در نتیجه ایجاد رابطه اعتماد غیرمستقیم میان دو موجودیت مبدا و مقصد می‌باشد. از این رو مقدار اعتماد غیر مستقیم از اجتماع مقادیر اعتمادهای غیر مستقیم ایجاد شده به دست می‌آید.

$$T_z d_{ij} = IDT(e_i, e_j, c_z, t) = IDT^1 \cup IDT^2 \cup \dots \cup IDT^n$$

$$= \cup_{i=1}^n IDT^i \quad (15)$$

مقادیر به دست آمده از روابط اعتماد غیر مستقیم، را در ماتریس اعتماد غیر مستقیم $M_{IDT}(t, C_z)$ که متناسب با هر زمینه می‌باشد، ذخیره می‌نماییم. معمولاً موجودیت e_i نه تنها تجربه تعامل مستقیم با موجودیت e_j دارد بلکه تجربه غیر مستقیم از طریق پرسش از آشنایان خود را نیز دارا می‌باشد. در این زمان دو رابطه اعتماد فازی بین e_i و e_j وجود دارد: رابطه اعتماد مستقیم فازی و رابطه اعتماد غیر مستقیم فازی. تابع عضویت ترکیبی رابطه اعتماد مستقیم فازی و رابطه اعتماد غیرمستقیم فازی به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$T_z d_{ij} = DT \cup IDT^1 \cup IDT^2 \cup \dots \cup IDT^n = DT \cup \cup_{i=1}^n IDT^i \quad (16)$$

مقدار به دست آمده از اجماع سطوح مختلف اعتماد غیرمستقیم و اعتماد مستقیم میان دو موجودیت e_i به عنوان موجودیت مبدا و e_j به عنوان موجودیت مقصد، در ماتریس اعتماد کلی $M_{DT \cup IDT}(t, C_z)$ جای می‌گیرد.

۴-۳-۲- محاسبه مقدار کل اعتماد در مجموع زمینه‌ها

موجودیت e_i به عنوان موجودیت مبدا می‌تواند به منظور ارزیابی دقیق اعتماد از موجودیت e_j به عنوان موجودیت مقصد زمینه‌های مختلفی $C_z = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ را در نظر بگیرد و درجه اعتماد کل را در هر زمینه، براساس میزان تعاملات موفق و ناموفق اعتماد مستقیم و غیر مستقیم به دست آورد.

پس از محاسبه مقدار اعتماد کل موجودیت e_i از موجودیت e_j در هر یک از زمینه‌ها، حال نیاز است که مقدار اعتماد کلی e_i از e_j را در مجموع زمینه‌ها محاسبه نماییم. برای محاسبه مقدار اعتماد کلی در تمامی زمینه‌ها، وزنی از دیدگاه موجودیت مبدا به هر زمینه داده می‌شود که این وزن بر اساس میزان اهمیتی است که موجودیت مبدا به آن زمینه به منظور تعیین مقدار اعتماد

منجر به شکست توصیه‌ای در تمامی زمینه‌ها و مؤلفه‌های α ، β ، co_2 ، ΔT

الگوریتم (۲). الگوریتم رابطه اعتماد توصیه‌ای میان موجودیت e_j و e_i

Algorithm2. Recommendation Trust (e_i, e_j)

```

1: Input: a trustor  $e_i$ ; a trustee  $e_j$ ; number of recommendation transaction in each context and all time between  $e_i, e_j$ ;  $\Delta T$ ;  $\alpha$ ;  $\beta$ ;
2: Output: recommendation trust value between  $e_i, e_j$ 
3: Begin
4:   for each context.  $c_z$  do
5:     Begin
6:       if  $e_i=e_j$  then
7:          $r_z[e_i, e_j]=0$ 
8:          $s_z[e_i, e_j]=0$ 
9:       for all time.  $t$  do
10:        begin
11:           $RT[e_i, e_j, c_z, t]=1$ 
12:        end for
13:      else
14:        for  $t=1$  to present time.  $t$  do
15:          Begin
16:             $r_z[e_i, e_j]=T_r[e_i, e_j, c_z, t]+r_z[e_i, e_j]$ 
17:             $s_z[e_i, e_j]=T_s[e_i, e_j, c_z, t]+s_z[e_i, e_j]$ 
18:          end for
19:           $t=t_p$ 
20:          Calculate the number of timescales  $c$  according to  $\Delta T$ 
21:           $t_{pc} = t$ 
22:          while  $c >= 0$  do
23:            begin
24:               $ts_{c-1}=t_{pc}-\Delta T$ 
25:               $tp_{c-1}=ts_{c-1}$ 
26:              for  $t=ts_{c-1}$  to  $tp_c$  do
27:                begin
28:                   $P(\Delta T_c)z[e_i, e_j]=Tp[e_i, e_j, c_z, t]+P(\Delta T_c)z[e_i, e_j]$ 
29:                end for
30:              Calculate the recommendation successful interaction rate based on historical successful interaction by relation 5.
31:               $c--$ 
32:            end while
33:            Calculate Recommendation trust value according to relation (11)
34:          end if
35:        end for
36:      end

```

تعاملات منجر به شکست برابر صفر خواهد بود و در این زمان مقدار اعتماد مستقیم برابر یک خواهد شد. اما اگر دو موجودیت یکسان نباشند، ابتدا از خطوط ۱۱ تا ۱۵ مجموع تعاملات موفق و منجر به شکست میان دو موجودیت در تمامی زمان‌ها محاسبه می‌شود و در خط ۱۷ تعداد بازه‌های زمانی متناسب با ΔT محاسبه می‌گردد. سپس، از خطوط ۱۸ تا ۲۹ برای محاسبه نرخ تعاملات موفق متناسب با تاریخچه تعاملات در هر ΔT استفاده می‌شود. در نهایت خطوط ۳۰ تا ۳۵، مقدار اعتماد مستقیم میان دو موجودیت را مطابق با روابط ۶ و ۷ محاسبه می‌نماید.

الگوریتم (۱). الگوریتم رابطه اعتماد مستقیم میان دو موجودیت e_i و e_j

Algorithm1. Direct Trust (e_i, e_j)

```

1: Input: a trustor  $e_i$ ; a trustee  $e_j$ ; number of direct transaction in each context and all time between  $e_i, e_j$ ;  $\Delta T$ ;  $\alpha$ ;  $\beta$ ;  $co_2$ 
2: Output: direct trust value between  $e_i, e_j$ 
3: begin
4:   for each context.  $c_z$  do
5:     begin
6:       if  $e_i=e_j$  then
7:          $P_z[e_i, e_j]=0$  // number of successful interactions
8:          $q_z[e_i, e_j]=0$  // number of failure interactions
9:          $DT[e_i, e_j, c_z, t]=1$  // Direct trust value
10:      else
11:        for  $t=1$  to present time.  $t$  do
12:          begin
13:             $P_z[e_i, e_j]=T_p[e_i, e_j, c_z, t]+P_z[e_i, e_j]$ 
14:             $q_z[e_i, e_j]=T_q[e_i, e_j, c_z, t]+q_z[e_i, e_j]$ 
15:          end for
16:           $t=t_p$ 
17:          Calculate the number of timescales  $c$  according to  $\Delta T$ 
18:           $t_{pc} = t$ 
19:          while  $c >= 0$  do
20:            begin
21:               $ts_{c-1}=t_{pc}-\Delta T$ 
22:               $tp_{c-1}=ts_{c-1}$ 
23:              for  $t=ts_{c-1}$  to  $tp_c$  do
24:                begin
25:                   $P(\Delta T_c)z[e_i, e_j]=Tp[e_i, e_j, c_z, t]+P(\Delta T_c)z[e_i, e_j]$ 
26:                end for
27:              Calculate the successful interaction rate based on historical successful interaction by relation 5.
28:               $c--$ 
29:            end while
30:            if  $p_z[e_i, e_j]+q_z[e_i, e_j] <= co_2$  then
31:              Calculate Direct trust value by relation (7)
32:            else
33:              Calculate Direct trust value by relation (6)
34:            end if
35:          end if
36:        end for
37:      end for
38:    end

```

۳-۴-۳- الگوریتم رابطه اعتماد غیرمستقیم

در ورودی این الگوریتم، تعداد زنجیره‌های اعتماد غیرمستقیم و تعداد توصیه‌کنندگان موجود در هر زنجیره اعتماد دریافت می‌شود و مقدار اعتماد غیرمستقیم در خروجی این الگوریتم حاصل می‌شود. در این الگوریتم به‌ازای هر زمینه رابطه اعتماد غیر مستقیم محاسبه می‌شود اما به‌دلیل این‌که بین دو موجودیت ممکن است چندین زنجیره اعتماد غیرمستقیم وجود داشته باشد

۳-۴-۲- الگوریتم رابطه اعتماد توصیه‌ای

همانطور که در الگوریتم ۲ نشان داده شده است، الگوریتم رابطه اعتماد توصیه‌ای میان دو موجودیت e_i و e_j مشابه الگوریتم رابطه اعتماد مستقیم می‌باشد با این تفاوت که در این الگوریتم، از شباهت ارزیابی میان دو موجودیت، برای تعیین موجودیت‌های مخرب مطابق با رابطه (۱۱) استفاده شده است (خط ۳۳). همچنین ورودی این الگوریتم که متناسب با مقادیر توصیه‌ای است، عبارت است از: تعداد تعاملات موفق و

جدول (۱). معنای مجزای مکان‌های از شبکه پتری

مکان	نام مکان	معنای مجزای هر یک از مکان‌ها
P1	Trustor	نشان‌دهنده موجودیت مبدا می‌باشد.
P2	Direct	موجودیت مبدا به منظور برقراری یک رابطه اعتماد مستقیم با موجودیت مقصد وارد این مکان می‌شود.
P3	Recommendation	موجودیت مبدا به منظور برقراری یک رابطه اعتماد غیر مستقیم با موجودیت مقصد و پرسش از آشنایان وارد این مکان می‌شود.
P4	Trustee	نشان‌دهنده موجودیت مقصد می‌باشد.
P5	Direct Trust	مقدار اعتماد مستقیم میان موجودیت مبدا و مقصد در این مکان محاسبه می‌شود
P6	Recommender	نشان‌دهنده موجودیت توصیه‌کننده i می‌باشد.
P7	Recommendation Trust	مقدار اعتماد توصیه‌ای میان موجودیت‌ها در این مکان محاسبه می‌شود
P8	Indirect Trust	محاسبه مقدار اعتماد غیر مستقیم میان موجودیت مبدا و مقصد.
P9	Total Trust	مقدار اعتماد کل حاصل از اجتماع مقدار اعتماد مستقیم و غیرمستقیم

جدول (۲). معنای مجزای انتقال‌های شبکه پتری

انتقال	معنای مجزای هر یک از انتقال‌ها
T1	در این انتقال دو حالت به طور هم‌زمان مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر موجودیت مبدا، رابطه اعتماد مستقیم با مقصد داشته باشد به مکان P2 منتقل می‌شود و اگر رابطه اعتماد غیرمستقیم داشته باشد به مکان P3 منتقل می‌شود. البته ممکن است هر دو حالت نیز اتفاق بیافتد.
T2	به منظور محاسبه مقدار اعتماد مستقیم میان موجودیت مبدا و مقصد، پس از دریافت تعداد مورد نیاز نشانه، T2 آتش می‌شود تا در مکان P5 مقدار رابطه اعتماد مستقیم میان دو موجودیت مبدا و مقصد محاسبه شود.
T3	اگر موجودیت مبدا رابطه اعتماد غیرمستقیم با مقصد داشته باشد، انتقال T3 آتش می‌شود تا در مکان P7 مقدار توصیه توصیه‌کننده به موجودیت مبدا محاسبه شود.
T4	مقدار $i=1$ را به‌عنوان مقدار اولیه توصیه‌کنندگان قرار می‌دهد
T5	به منظور محاسبه مقدار اعتماد غیر مستقیم، پس از دریافت مقدار مورد نیاز نشانه، T5 آتش می‌شود تا به مکان P8 برود.
T6	اگر i برابر تعداد توصیه‌کنندگان نباشد، T6 آتش می‌شود.
T7	برای محاسبه مقدار اعتماد کل پس از دریافت مقدار مورد نیاز نشانه T7 آتش می‌شود.

باید به ازای هر زنجیره اعتماد خطوط ۶ تا ۱۶ اجرا شود. خطوط ۸ و ۹ نشان می‌دهد که اگر بین دو موجودیت، موجودیت توصیه‌کننده‌ای وجود نداشته باشد باید رابطه اعتماد مستقیم بین آنها را محاسبه کرد. خطوط ۱۱ تا ۱۷ نیز به محاسبه مقدار اعتماد غیر مستقیم میان دو موجودیت e_i و e_j متناسب با روابط (۱۵) و (۱۶) می‌پردازد.

الگوریتم (۳). رابطه اعتماد غیر مستقیم میان دو موجودیت e_i و e_j

Algorithm3. InDirect Trust (e_i, e_j)

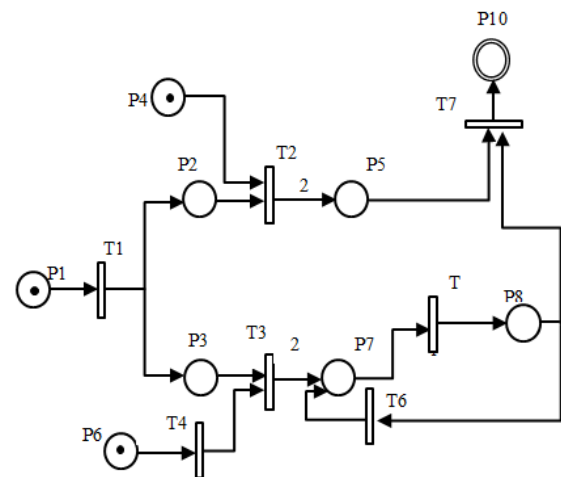
```

1: Input: a trustor  $e_i$ ; trustee  $e_j$ ; number of trust chain and number of recommenders in each trust chain
2: Output: indirect trust value between  $e_i, e_j$ 
3: begin
4:   for each context  $c_z$  do
5:     begin
6:       for each trust chain  $j$  do
7:         begin
8:           if number of recommender == 0 then
9:             Direct Trust ( $e_i, e_j$ )
10:          else
11:            Calculate indirect trust value in each trust chain between  $e_i$  and  $e_j$  by relation (15)
12:          end if
13:            Calculate indirect trust value in all trust chain between  $e_i$  and  $e_j$  by relation (16)
14:          end for
15:        end for
16:      end

```

۳-۵- طراحی مدل با شبکه پتری

در بخش‌های قبلی مدل مفهومی اعتماد و فرمال سازی آن ارائه شد. در این بخش مدل اعتماد، با استفاده از شبکه‌های پتری ارائه می‌شود. مدل اعتماد ارائه شده در شبکه پتری، در شکل ۴ نشان داده شده است. در جدول‌های (۱) و (۲) به ترتیب معنای مجزای هر یک از مکان‌ها و انتقال آورده شده است.



شکل (۴). مدل اعتماد با استفاده از شبکه پتری

سرویس های مخرب فراهم می کنند.

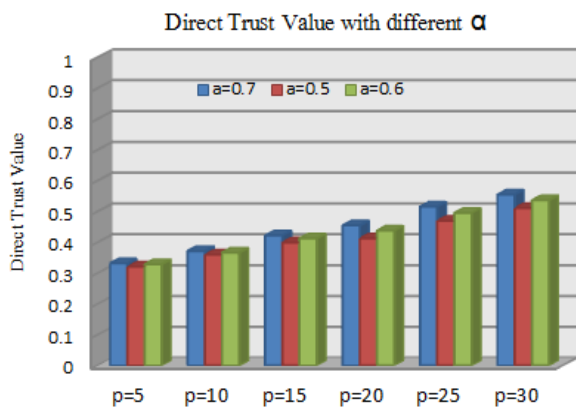
با توجه به اینکه نتایج این تحقیق با مرجع [۵] مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است محیط شبیه سازی همچون این مرجع در نظر شده است. به گونه ای که، شامل ۱۰ دیتا سنتر با ۵۰ ماشین مجازی می باشد، که و تعداد عناصر در حال پردازش هر ماشین مجازی در رنج [۱ و ۳] می باشد. علاوه بر این ۱۰۰ وظایف را به ماشین های مجازی اختصاص داده شده است. طول هر وظیفه به عنوان یک عدد تصادفی در رنج [۱۰,۰۰۰, ۲۰,۰۰۰] در نظر گرفته می شود.

۴-۲- ارزیابی مدل ارائه شده در مقاله

در این بخش به بررسی و ارزیابی مدل های اعتماد مستقیم و اعتماد توصیه ای فازی روش پیشنهادی با توجه به پارامترهای موجود در آنها، ارزیابی می نماییم.

۴-۲-۱- ارزیابی اعتماد مستقیم

با توجه به رابطه ۸ که مقدار اعتماد مستقیم را محاسبه می کند، مدل رابطه اعتماد مستقیم را با توجه به مقادیر مختلف پارامترهای موجود در این رابطه، ارزیابی می نماییم. شکل ۵ مقدار اعتماد مستقیم را به ازای مقادیر مختلف α که تعیین کننده میزان اهمیت تعاملات در بازه های زمانی مختلف است نمایش می دهد. در این شکل سایر پارامترها به صورت زیر تنظیم شده اند: $\beta = 1.1$, $Co_z = 25$, $q = 10$ و تعداد بازه های زمانی در نظر گرفته شده برابر ۲ می باشد به طوری که $p(\Delta T_2) = p(\Delta T_1)$.



شکل (۵). مقدار اعتماد مستقیم به ازای مقادیر مختلف α

همان طور که در شکل (۵) مشاهده می شود، مقدار اعتماد مستقیم به ازای مقادیر مختلف α هنگامی که تعداد تعاملات موفق در بازه های مختلف یکسان باشند، دارای تغییر چندانی نمی باشد. همچنین با توجه به این که متناسب با تعداد تعاملات موفق در بازه های زمانی متفاوت مقدار اعتماد مستقیم متفاوت

۴- شبیه سازی و ارزیابی نتایج

به منظور ارزیابی مدل ارائه شده اعتماد در این مقاله، ابتدا به تشریح محیط شبیه سازی و جزئیات پیکره بندی آن در زیر بخش ۵-۱ می پردازیم. سپس در زیر بخش ۵-۲ روش پیشنهادی را با توجه به پارامترهای مختلف آن مورد بررسی قرار می دهیم. در نهایت در زیر بخش ۵-۳ روش پیشنهادی را با سایر مدل های ارزیابی می نماییم.

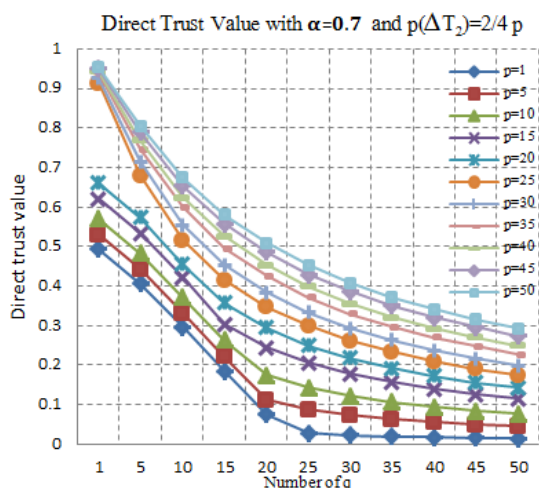
۴-۱- محیط شبیه سازی

بستر محیط شبیه سازی، جعبه ابزار کلاسیم می باشد. کلاسیم یک پلتفرم شبیه سازی براساس جاوا است، که از مدل سازی و شبیه سازی دیتاسنترهای محاسبات ابری مقیاس وسیع، پشتیبانی می کند. کلاسیم معروف ترین ابزار شبیه سازی ابر می باشد که توسط آزمایشگاه گرید در دانشگاه ملیورن و پروژه Gridbus طراحی شده است [۲۳]. در حال حاضر، کلاسیم نمی تواند مستقیماً شبیه سازی استراتژی های اعتماد را درک کند. از این رو، با اضافه نمودن الگوریتم اعتماد ارائه شده که با زبان جاوا نوشته شده است، از شبیه سازی اعتماد پشتیبانی می شود. در مدل اعتماد شبیه سازی شده، فرآیند ارسال و اجرای وظایف به صورت زیر می باشد:

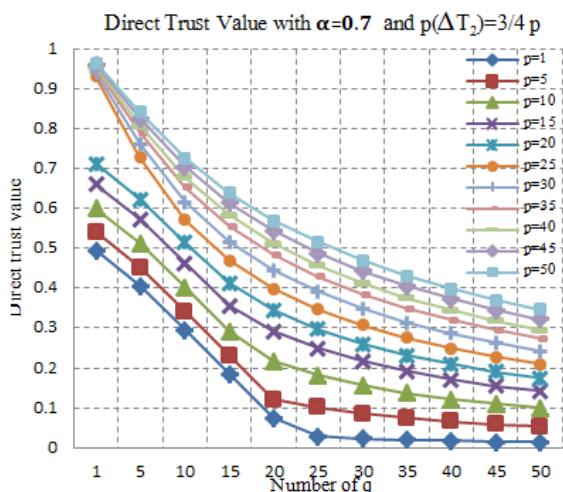
۱. وظایف به صف مرتبط به وظایف ارسال می شود.
۲. زمانبند وظیفه، وظایف را از صف وظیفه می خواند و با یک رابط که به آن مشاور زمانبندی گفته می شود، ارتباط برقرار می کند.
۳. مشاور زمانبندی با مدل اعتماد ارائه شده، در ارتباط است.
۴. مدل اعتماد، تراکنش های صورت گرفته را تجزیه و تحلیل و مقدار اعتماد را محاسبه می کند و آنها را در اختیار زمانبند وظیفه قرار می دهد.
۵. زمانبند وظیفه، وظایف را روی قابل اعتمادترین منابع در ابر اجرا می کند.

از زمانبند وظیفه برای اجرای وظایف به کار گرفته می شود، که در این شبیه سازی از زمانبند های پیش فرض در کلاسیم یعنی اشتراک زمان و اشتراک فضا استفاده شده است. ارزیاب اعتماد برای افزایش مکانیزم اعتماد در سطح زمانبندی به منظور کمک در تصمیم گیری تراکنش ابری، استفاده می شود. همچنین چندین موجودیت شبیه سازی شده در کلاسیم مطابق ساختار مدل ارائه شده، اضافه نمودیم. موجودیت هایی که به عنوان توصیه کنندگان در نظر گرفته شده اند به ۲ نوع تقسیم می شوند:

۱. توصیه کنندگان صادق؛ که توصیه ها و سرویس های صادقانه فراهم می کنند.
۲. توصیه کنندگان مخرب؛ که توصیه ها و



شکل (۸). مقدار اعتماد مستقیم در $p(\Delta T_2) = 2/4 p$



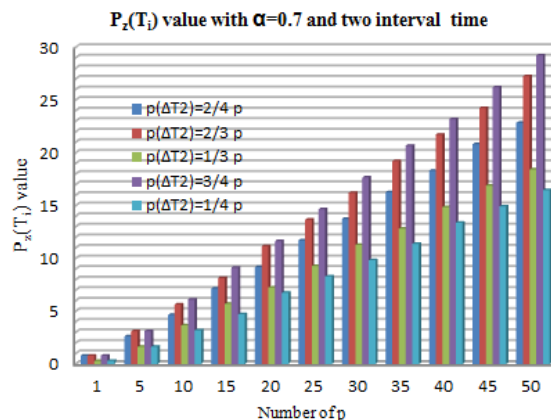
شکل (۹). مقدار اعتماد مستقیم در $p(\Delta T_2) = 3/4 p$

از شکل‌های (۷، ۸ و ۹) مشاهده می‌شود، متناسب با افزایش q در هر مقدار p مقدار اعتماد مستقیم با شیب ملایمی، کاهش می‌یابد. همچنین مقدار اعتماد مستقیم از $p=20$ به $p=25$ دارای اختلاف قابل ملاحظه است، این امر بدین دلیل است که، مقدار $Co_z = p+q = 25$ در نظر گرفته شده است، از این رو هنگامی که $p=25$ می‌شود، تعداد تعاملات برابر مقدار آستانه می‌شود، از این پس، با افزایش تعامل ناموفق یا q ، $p+q$ بیشتر از آستانه خواهد شد و تعداد تعاملات میان دو موجودیت به اندازه‌ای می‌رسد که نشان‌دهنده تجربه کافی میان موجودیت‌ها است.

۴-۲-۲- ارزیابی اعتماد توصیه‌ای

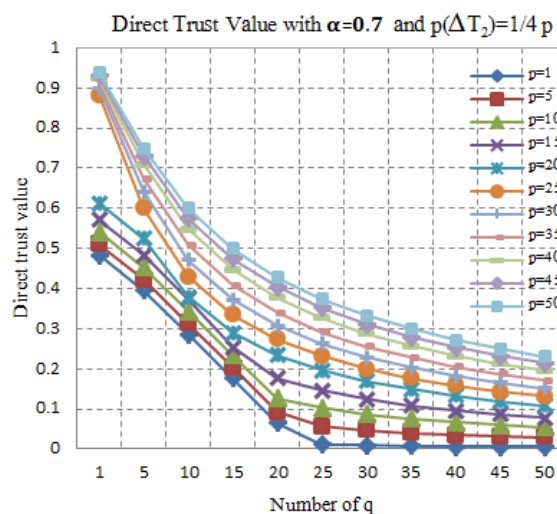
برای ارزیابی رابطه اعتماد توصیه‌ای، با توجه به رابطه (۱۰)، مقدار اعتماد توصیه‌ای را بدون در نظر گرفتن شباهت میان موجودیت‌ها، با $\beta = 1.1$ و $\alpha = 0.6$ و $Co_z = 40$ در r و s های متفاوت محاسبه کرده و نتایج در شکل (۱۰) نشان داده شده

می‌باشد، شکل (۶) مقدار $P_z(T_i)$ را با توجه به تعداد متفاوت تعاملات موفق در دو بازه $p(\Delta T_1)$ و $p(\Delta T_2)$ در $\alpha = 0.7$ نشان می‌دهد.



شکل (۶). مقدار $P_z(T_i)$ در دو بازه زمانی T_1 و T_2

همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود، تعیین مقدار تعاملات موفق، تاثیر مستقیم بر زمان انجام تعاملات دارد، در واقع تعاملات مثبت در بازه زمانی کوتاه معتبر هستند. برای مثال هنگامی که تعداد تعاملات مثبت در $p(\Delta T_2)$ برابر $\frac{3}{4} p$ است مقدار $P_z(T_i)$ تقریباً دو برابر زمانی است که تعداد تعاملات مثبت در $p(\Delta T_2)$ برابر $\frac{1}{4} p$ است. بنابراین اعتبار موجودیت‌ها می‌تواند توسط تعاملات مثبت اخیر به آرامی افزایش یابد. از این رو مقدار اعتماد مستقیم میان دو موجودیت تحت تاثیر زمان انجام تعاملات مثبت قرار دارد. شکل‌های (۷، ۸ و ۹) این تفاوت در مقدار اعتماد مستقیم را با توجه به مقدار $P_z(T_i)$ به تصویر می‌کشد.



شکل (۷). مقدار اعتماد مستقیم در $p(\Delta T_2) = 1/4 p$

مقایسه کرده و ارزیابی می‌نماییم. لازم به ذکر است، روش پیشنهادی را به این دلیل با مدل DMTC مقایسه و ارزیابی کرده‌ایم که این مدل نیز مقدار اعتماد میان موجودیت‌ها را از طریق تعداد تعاملات میان موجودیت‌ها اندازه‌گیری می‌نماید با این تفاوت که در مدل پیشنهادی در این مقاله، همان‌طور که در بخش ۳ نیز اشاره شده است، چه مقادیر اعتماد مستقیم و چه مقادیر اعتماد توصیه‌ای دارای مقداری در بازه [0,1] می‌باشند اما در مدل DMTC که از روش غیرفازی وزن‌دهی برای محاسبه اعتماد استفاده می‌نماید همواره وزن اعتماد مستقیم از وزن اعتماد توصیه‌ای بیشتر است و این امر بدان معناست که موجودیت مبدا اعتماد بیشتری به ارزیابی اعتماد مستقیم دارد. همچنین وزن اعتماد توصیه‌ای در بازه [0,0.5] می‌باشد که در بهترین شرایط مقدار اعتماد توصیه برابر ۰٫۵ می‌باشد. در جدول (۳) مقادیر داده شده به پارامترهای روش پیشنهادی برای پیکره-بندی اعتماد ارائه شده است.

جدول (۳). پارامترهای پیکره‌بندی اعتماد

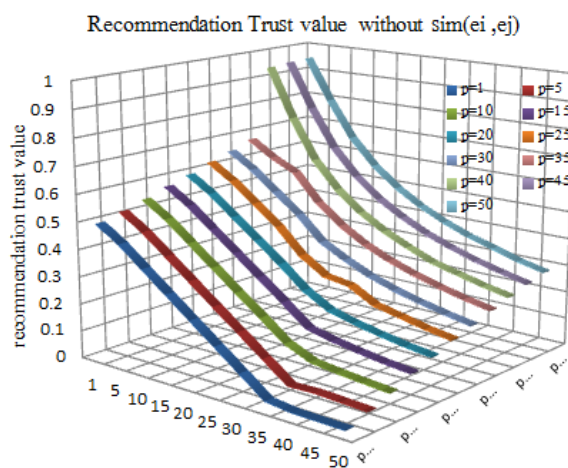
رابطه اعتماد مستقیم	
۰٫۷	α : مقدار اهمیت تعاملات موفق مستقیم در بازه‌های زمانی تعیین شده
۱٫۱	β : میزان جریمه در نظر گرفته‌شده برای تعاملات ناموفق مستقیم
۳۰	ΔT : بازه زمانی در نظر گرفته‌شده برای تعیین تعداد تعاملات
۲۵	CO_2 : مقدار آستانه تعاملات در رابطه اعتماد مستقیم
۱	مقدار رابطه اعتماد مستقیم زمانی که هیچ رابطه توصیه‌ای وجود ندارد
رابطه اعتماد توصیه‌ای	
۰٫۶	α : مقدار اهمیت تعاملات موفق توصیه‌ای در بازه های زمانی تعیین شده
۱٫۱	β : میزان جریمه در نظر گرفته‌شده برای تعاملات ناموفق توصیه‌ای
۳۰	ΔT : بازه زمانی در نظر گرفته‌شده برای تعیین تعداد تعاملات
۴۰	CO_2 : مقدار آستانه تعاملات در رابطه اعتماد توصیه‌ای

۴-۳-۱- میزان دقت اعتماد

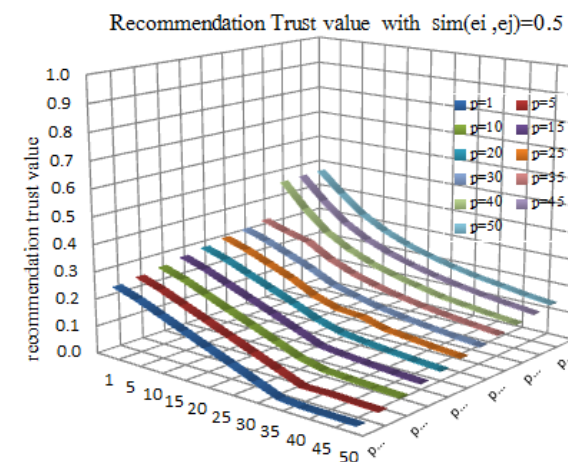
برای محاسبه میزان دقت اعتماد، از معیار خطای مطلق استفاده نموده‌ایم که در مرجع [۲۴] ارائه شده است. با توجه به این معیار، خطای مطلق بر اساس قدر مطلق تفاضل، مقدار اعتماد محاسبه شده با استفاده از روش پیشنهادی و مقدار واقعی اعتماد، محاسبه می‌شود.

است. همچنین مقادیر اعتماد توصیه‌ای موجود در شکل (۱۰) را با مقدار شباهت ۰٫۵ میان دو موجودیت، محاسبه نموده‌ایم و نتایج حاصل از آنها را در شکل (۱۱) نشان داده‌ایم.

از شکل (۱۱) مشاهده می‌شود، هنگامی که مقدار شباهت میان دو موجودیت برابر ۰٫۵ است، مقدار اعتماد توصیه‌ای به میزان زیادی کاهش می‌یابد چرا که وزن توصیه‌های موجودیت توصیه‌گر برای موجودیت مبدا قابل قبول نمی‌باشد. در واقع با توجه به اعتبار توصیه‌ها، یک موجودیت بیشتر به موجودیت‌هایی اعتماد می‌کند که نظراتشان به او شبیه است به‌جای آن که مقدار اعتماد بالاتری داشته باشند.



شکل (۱۰). مقدار اعتماد توصیه‌ای بدون محاسب Similarity

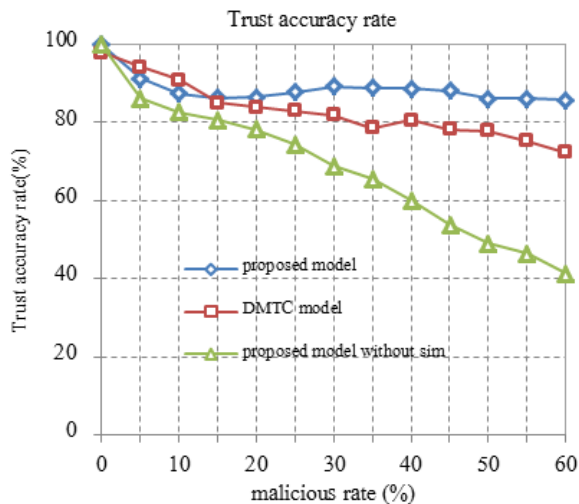


شکل (۱۱). مقدار اعتماد توصیه‌ای با $Sim(i,j)=0.5$

۴-۳-۲- ارزیابی مدل ارائه‌شده با سایر مدل‌ها

در این بخش، مدل پیشنهادی اعتماد در این مقاله را با مدل ارائه شده توسط [۵]، یعنی DMTC و نیز مدل پیشنهادی بدون Similarity در دو معیار؛ ۱- میزان دقت اعتماد، ۲- نرخ تعاملات

کاهش می‌یابد، همچنین در حالتی که میزان شباهت در نظر گرفته نشده است، میزان دقت اعتماد با افزایش موجودیت‌های مخرب افزایش می‌یابد.



شکل (۱۲). میزان دقت اعتماد

۴-۳-۲- نرخ تعاملات

منظور از نرخ تعاملات، میزان تعاملات موفق و ناموفق با توجه به اعتماد میان موجودیت‌ها می‌باشد. نرخ تعاملات موفق نسبت تعاملات موفق به کل تعاملات و نرخ تعاملات ناموفق نسبت تعاملات منجر به شکست به کل تعاملات در زمان شبیه‌سازی می‌باشد.

$$\text{success in teraction rate} = \frac{p}{p+q} \quad (20)$$

$$\text{failure in teraction rate} = \frac{q}{p+q}$$

موجودیت‌های خوب و صادق را می‌توان با موجودیت‌های که دارای رفتار سوء (به واسطه مقادیر اعتمادشان) هستند، با گذشت زمان و پس از انجام چند تراکنش متمایز ساخت. در آغاز، تمامی موجودیت‌ها مقادیر اعتماد اولیه مشابهی دارند، موجودیت‌های منبع، به صورت تصادفی یک موجودیت را انتخاب می‌کنند. پس از تعدادی تراکنش، موجودیت‌های نرمال مقدار اعتماد بالاتری نسبت به موجودیت‌های مخرب کسب می‌کنند. با محاسبه اعتماد می‌توانیم تاثیر موجودیت‌های مخرب را شناسایی نماییم و شایسته‌ترین موجودیت را از سایر موجودیت‌ها، به واسطه مقدار اعتمادشان شناسایی نماییم. از این رو می‌توانیم تعاملات موجودیت‌های مخرب را محدود نماییم و این امر می‌تواند منجر به افزایش نرخ تعاملات موفق شود. نتایج آزمایش در شکل (۱۳) نشان داده شده است.

$$A \text{ absolute error} = |\text{trust calculated} - \text{actual trust}| \quad (18)$$

در رابطه بالا trust calculated به عنوان مقدار اعتماد محاسبه شده از طریق روش پیشنهادی در نظر گرفته می‌شود و actual trust مقدار اعتماد واقعی می‌باشد که در این مقاله مقادیر اعتماد کلی را به عنوان مقدار اعتماد حاصل از اجماع مقادیر اعتماد تمامی موجودیت‌هایی که با در موجودیت مقصد ارتباط هستند، در نظر گرفته‌ایم.

همان طور که در بخش ۳ اشاره شد، مقدار اعتماد میان دو موجودیت در بازه [0,1] می‌باشد بنابراین، پس از محاسبه مقدار خطای مطلق، مقدار دقت اعتماد از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{Trust accuracy rate} = (1 - \text{Absolute error}) \times 100 \quad (19)$$

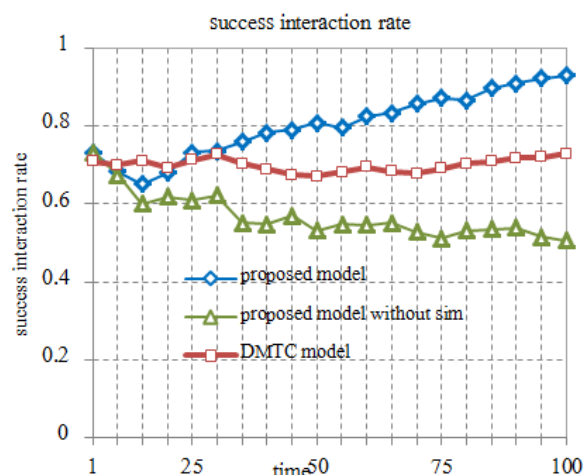
نتایج این آزمایش در شکل (۱۲) نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود، در روش پیشنهادی، در اولین لحظه شبیه‌سازی هنگامی که هیچ موجودیتی با یکدیگر تعامل ندارند، موجودیت مبدا هیچ گونه تعامل مستقیمی با موجودیت مقصد ندارد، و هیچ توصیه‌کننده‌ای هم موجودیت مقصد را به موجودیت مبدا توصیه نمی‌کند، در این زمان مقدار اعتماد مستقیم برابر یک خواهد بود. در چنین شرایطی مقدار خطای مطلق برابر صفر خواهد شد چرا که هیچ موجودیتی به غیر از موجودیت مبدا با موجودیت مقصد تعاملی ندارد یا اگر موجودیت‌های دیگری با موجودیت مقصد تعاملی ایجاد کنند به دلیل اینکه اولین تعاملشان می‌باشد مقدار اعتماد بین آنها و موجودیت مقصد برابر یک خواهد بود بنابراین مقدار خطای مطلق برابر صفر می‌شود و در پی آن مقدار دقت اعتماد برابر یک خواهد شد. اما هنگامی که تعداد موجودیت‌ها افزایش می‌یابد در ابتدا به دلیل وجود موجودیت‌های مخرب اندکی میزان دقت اعتماد کاهش می‌یابد و پس از مدتی، به دلیل محاسبه شباهت میان موجودیت‌ها و اعتماد موجودیت‌ها به موجودیت‌های مشابه (در نظرات)، میزان دقت اعتماد افزایش می‌یابد.

همچنین با افزایش میزان موجودیت‌های مخرب، مدل پیشنهادی می‌تواند تضمین کند که نرخ دقت اعتماد در یک سطح نسبی بالا می‌باشد. اما در مدل DMTC، در مراحل ابتدایی میزان دقت اعتماد از مدل پیشنهادی بیشتر بوده ولی با افزایش میزان موجودیت‌های مخرب، میزان دقت اعتماد به صورت ملایم

مقاله استفاده از رابطه شباهت در محاسبه توصیه ها می باشد به گونه ای که موجودیت ها هنگام محاسبه مقدار اعتماد توصیه ای، میزان شباهت نظراتشان با موجودیت توصیه گر را در نظر می گیرند. این امر اثر موجودیت های مخرب و ناصادق را خنثی می کند. نتایج حاصل از شبیه سازی و مقایسه این مدل با سایر مدل ها نشان دهنده مؤثر بودن این مدل در کسب نتایج دقیق تر و قابل اعتمادتر می باشد. برای ادامه مقاله پیشنهاد می شود ابتدا تاثیر زمان بر روی تعاملات ناموفق بررسی شود، سپس الگوریتم زمانبندی متناسب با مدل ارائه شده، طراحی و پیاده سازی شود.

۶- مراجع

- [1] S. M. Habib, S. Hauke, and S. Ries, "Trust as a facilitator in cloud computing a survey," *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, 1:19, 2012.
- [2] J. Huang and D. M. Ni, "Trust mechanisms for cloud computing," *Journal of Cloud Computing: Springer open Journal Advances, Systems and Applications*, 2:9, 2013.
- [3] H. Kim, H. Lee, W. Kim, and Y. Kim, "A Trust Evaluation Model for QoS Guarantee in Cloud Systems," *International Journal of Grid and Distributed Computing*, vol. 3, no. 1, March 2010.
- [4] J. Abawajy, "Establishing Trust in Hybrid Cloud Computing Environments," *IEEE 10th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communication*, pp. 118-125, Changsha, 2011.
- [5] D. Sun, G. Chang, L. Sun, F. Li, and X. Wang, "A dynamic multi-dimensional trust evaluation model to enhance security of cloud computing environments," *Int. J. Innovative Computing and Applications*, vol. 3, no. 4, 2011.
- [6] Z. X. ZHOU, H. XU, and S. P. WANG, "A Novel Weighted Trust Model based on Cloud," *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, vol. 3, no. 3, April 2011.
- [7] D. A. D'Melloa and V. S. Ananthanarayana, "Dynamic Selection Mechanism for Quality of Service Aware Web Services," *Journal of Enterprise Information Systems*, vol. 4, no. 1, pp. 23-60, USA, 2010.
- [8] X. S. Wang, X. Q. Wen, and D. Liu, "Trust Model Based on Cloud Theory in Pervasive Environment," *Computer Engineering*, vol. 36, no. 7, pp. 282-284, 2010.
- [9] Z. Yang, L. Qiao, C. Liu, C. Wan, "A Collaborative Trust Model Of Firewall Through Based On Cloud Computing," *14th International Conference On Computer Supported Cooperative Work In Design (CSCWD)*, pp. 329-334, Shanghai, China, 2010.



شکل (۱۳). میزان تعاملات موفق

در این شکل می توان مشاهده کرد که تغییر نرخ تعاملات به دو مرحله تقسیم می شود: مرحله افزایش و مرحله کاهش. در آغاز، نرخ تعاملات موفق با تعاملات مخرب کاهش می یابد. پس از مدتی، نرخ تعاملات موفق، شروع به افزایش می کند، عکس این روند را در مورد تعاملات ناموفق شاهد هستیم.

همان طور که در شکل (۱۳) نشان داده شده است، در مدل ارائه شده، میزان تعاملات موفق در یک سطح نسبتاً بالایی پس از رکود اولیه قرار می گیرد. این امر نشان می دهد که مدل ارائه شده می تواند از موجودیت های مخرب جلوگیری کند زیرا آنها قادر به دست آوردن مقدار اعتماد بالا نیستند. اما در مدل DMTC، نرخ تعاملات موفق دارای یک رنج تقریباً ثابتی از ابتدا تا انتها است، که این امر می تواند به دلیل نوع وزن دهی به توصیه کنندگان باشد که توصیه کنندگان ابتدایی دارای وزن بیشتری نسبت به توصیه کنندگان انتهایی هستند به عبارت دیگر با افزایش مقدار توصیه کنندگان، وزن توصیه کنندگان کاهش می یابد، هر چند که آنها دارای توصیه دقیقی باشند.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله با استفاده تعداد تعاملات انجام گرفته میان موجودیت ها، مدل اعتمادی با استفاده از منطق و ریاضیات فازی ارائه نمودیم. در مدل ارائه شده اعتماد میان موجودیت های ابر از طریق تعداد تعاملات میان آنها محاسبه می شود و از آنجایی که یکی از ویژگی های اعتماد غیرقطعی بودن آن می باشد، این مدل می تواند در محاسبه دقیق تر و منطقی تر اعتماد میان موجودیت های ابر، کمک شایانی نماید. نکته حائز اهمیت در این

- [18] Z. Shuqin, L. Dongxin, and Y. Yongtian, "A Fuzzy Set Based Trust and Reputation Model in P2P Networks," IDEAL 2004, LNCS 3177, pp. 211–217, 2004.
- [19] X. Wang, P. Liang, H. Ma, D. Xing, and B. Wang, "A P2P Trust Model Based on Multi-Dimensional Trust Evaluation," LSMS 2007, LNCS 4688, pp. 347–356, 2007.
- [20] J. Li, X. Wang, B. Liu, Q. Wang, and G. Zhang, "A reputation management scheme based on global trust model for peer-to-peer virtual communities," in: WAIM, pp. 205–216, 2006.
- [21] L. Jing-Tao, J. Yi-Nan, X. Xiao-Chun, W. Xue-Ping, and Z. Gen-Du, "A trust model based on similarity-weighted recommendation for p2p environments," Mob. Netw. Appl., vol. 18, no. 1, pp. 157–167, 2007.
- [22] B. Sarwar, G. Karypis, J. Konstan, and J. Riedl, "Item-Based Collaborative Filtering Recommendation Algorithms," WWW10, May 1-5, Hong Kong, ACM 1-58113-348-0/01/0005, 2001.
- [23] R. Buyya, R. Ranjan, and R. N. Calheiros, "Modeling and simulation of scalable cloud computing environments and the Clouds toolkit: challenges and opportunities," Proceedings of the 2009 International Conference on High Performance Computing & Simulation, (HPCS 2009), pp. 1–11, June 2009.
- [24] W. J. Guojun Wang and J. Wu, "Generating trusted graphs for trust evaluation in online social networks Future Generation Computer Systems," 2012.
- [10] S. X. Wang, L. Zhang, and H. S. Li, "Evaluation Approach of Subjective Trust Based on Cloud Model," Journal of Software, vol. 21, no. 6, pp. 1341-1352, 2010.
- [11] A. J. Bidgoly and B. T. Ladani, "Trust Modeling and Verification Using Colored Petri Nets," 2011 8th International ISC Conference on Information Security and Cryptology (ISCISC), September 2011.
- [12] N. Griffiths, K. M. Chao, and M. Younas, "Fuzzy trust for peer-to-peer systems," in: ICDCSW Workshops 2006, 26th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops 2006, pp. 73–73, July 2006.
- [13] Q. J. Sun and F. P. Zeng, "Trust Model Based on Reputation and Cloud Model in P2P Environment," Mini-micro Systems, vol. 31, no. 7, pp. 1328-1332, 2010.
- [14] J. Luo, X. Liu, and M. Fan, "A trust model based on fuzzy recommendation for mobile ad-hoc networks," Journal of Computer Networks, Elsevier, pp. 2396–2407, 2009.
- [15] H. Liao, Q. Wang, and G. Li, "A Fuzzy Logic-based Trust Model in Grid," International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing, pp. 608-614, 2009.
- [16] W. Li and L. Ping, "Trust Model to Enhance Security and Interoperability of Cloud Environment," Cloud Com 2009, LNCS 5931, pp. 69–79, 2009.
- [17] D. Kovac and D. Trcek, "Qualitative trust modeling in SOA," Journal of Systems Architecture, vol. 55, pp. 255–263, 2009.

**A Fuzzy Trust Evaluation Model to Enhance Security of
Cloud System Entities with Petri Net**A.Mohsenzadeh^{1*}, H. Motameni, J. Vahidi^{*}Imam Hossein University

(Received: 16/02/2015, Accepted: 12/01/2016)

ABSTRACT

Trust brings a novel means to improve the security and enable interoperability of current heterogeneous independent cloud platforms. In fact, trust is the most complex relationship among entities, because it is extremely subjective, context-dependant, non-symmetric, uncertain, partially transitive, and difficult to evaluate and establish. In the cloud environment, however, entities potentially initiate transactions with each other without having had prior contacts. However, there is no special trust evaluation model for a cloud computing environment. This paper, presents a trust model based on fuzzy logic and fuzzy mathematics in cloud computing environment according to success and failure interaction between cloud entities based on the properties and semantics of trust. To compute trust in cloud systems, an algorithm based on proposed model is given and also, we designed the proposed model with petri net. Simulation results show that the proposed model has some identification and containment capability in synergies cheating, malicious entities identification, promotes interaction between entities, and improves the performance of the entire cloud environment.

Keywords: Direct Trust, Recommendation Trust, Security, Cloud Computing, Trust Models, Fuzzy Logic.

* Corresponding Author Email: Mazandaran University of science and Technology