مجله علمی - پژوهشی "پدافند الکترونیکی و سایبری"
سال چهارم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص ۳۴- ۱۹

# 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- استادیار، 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 می باشد. در محیط ابر، موجودیت ها به طور بالقوه بدون داشتن تماس‌های قبلی تعاملاتی را با یکدیگر آغاز می‌کنند. این تعاملات می تواند یا به صورت مستقیم میان دو موجودیت و یا به صورت غیر مستقیم از طریق توصیه موجودیت های 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 به‌گونه‌ای 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

محاسبات ابری یک الگوی برجسته محاسباتی شامل داده‌ها و برون سپاری 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 درخواست کنندگان سرویس به اشتراک می‌گذارد. به جای این‌که هر کاربر از یک منبع اختصاصی استفاده کند، این منبع بین چندین کاربر به اشتراک گذارده می شود..) 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 است. مفهوم اعتماد در محیط های محاسباتی توزیع شده از علوم اجتماعی نظیر روان‌شناسی، اقتصاد، جامعه شناسی، 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 سناریوی‌های محاسبات ابری) توزیع شده‌اند. اصطلاح اعتماد اغلب به صورت آزادانه در ادبیات اعتماد ابر استفاده می‌شود و غالبا 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 غالبا اطلاعات ناکافی برای پیش‌بینی قابل

* رایانامه نویسنده مسئول: A.mohsenzadeh@ustmb.ac.ir

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 دیدگاه های مختلف بحث شده است و تعدادی مدل‌های شهرت و اعتماد ارائه شده است [۱۶-۱] 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. اندازه گیری 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 مستقیما با آن در ارتباط هستند محاسبه می‌شود. این امر اثر موجودیت‌های مخرب و ناصادق را خنثی می‌کند.

در ادامه این مقاله ابتدا در بخش۲ کارهایی که در زمینه اعتماد در محیط محاسبات ابری انجام گرفته است را مرور می‌کنیم، سپس در بخش۳ روش پیشنهادی را معرفی می‌نماییم که در این بخش پس از ارائه مدل اعتماد مبتنی برتعاملات 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 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، میانگینِ اطلاعات مورد استفاده از منابع، میانگین زمان پاسخگویی، و میانگینِ موفقیت نسبی کار، استفاده شده است. پروفایل مشخصات گره خود شامل نوع پردازنده و فرکانس، اندازه حافظه، ظرفیتِ دیسک سخت و نرخ انتقال از دستگاه‌های شبکه، می‌باشد.

داوئو سان و همکارانش [۵] مدل ارزیابی اعتماد چند بعدی پویا برای افزایش امنیت محیط های 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 ۵ تایی $Tm = (\Omega, TR, TS, Of, \theta)$ مشخص می‌شود. $\Omega$ یک مجموعه اعتماد متشکل از n تعداد rustees می‌باشد، $TR$ مجموعه ای از رابطه اعتماد می باشد که در سراسر مجموعه اعتماد $\Omega$ ساخته شده است. $TS$ مجموعه‌ای از سیاست‌های سرویس اعتماد می‌باشد که در سراسر مجموعه اعتماد $\Omega$ تعریف شده است. $Of$ یک تابع هدف برای بهینه سازی اعتماد و امنیت در سیستم محاسبات ابری می‌باشد. $\theta$ یک الگوریتم برای دستیابی به استراتژی مطلوب است. یکی از کاستی های این مدل این است که همواره وزن رابطه اعتماد مستقیم را از وزن رابطه اعتماد توصیه ای بیشتر در نظر گرفته است و همواره مقدار وزن اعتماد توصیه در بازه [0,0,5] در نظر می‌گیرد.

ژائو ژیونگ ژو و همکارانش مدل اعتماد وزنی مبتنی بر ابر را معرفی کردند [۱۳]، آنها مشخصه‌های عددی ابر را با سه مشخصه بیان نمودند که عبارت است از: ۱. انتظار *Ex* (نقاطی که به بهترین وجه می‌توانند نشان‌دهنده مفهوم کیفی در فضای دامنه باشند) ۲. آنتروپی *En* (نشان‌دهنده اندازه گیری کیفی اندازه ذرات ابر می‌باشد، همچنین نشان‌دهنده عدم قطعیت از مفهوم کیفی نیز می‌باشد.) و ۳. آنتروپی بیش از حد *He* (عدم قطعیت آنتروپی را اندازه می‌گیرد و ارتباط بین فازی و تصادفی را نشان می‌دهد). 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 می‌کند.

یانگ و همکارانش [۹] مدل اعتماد مبتنی بر دامنه اعتماد را در محیط‌های محاسبات ابری ارائه نموده است. در این روش، اعتماد به وسیله مقادیر اعتماد که به زمینه و سابقه رفتار موجودیت‌ها وابسته است، اندازه‌گیری می‌شود که این مقادیر ثابت نمی‌باشند. طراحی به این صورت است که ابر به چندین دامنه مستقل تقسیم می‌شود و رابطه اعتماد بین گره‌ها به دو رابطه اعتماد درونی و میان دامنه‌ای تقسیم می‌شود و استراتژی‌های متنوعی برای این دو نوع رابطه به کار گرفته می‌شود. هر گره دو جدول دارد: جدول اعتماد مستقیم و جدول اعتماد توصیه‌ای. اگر گره‌ای 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 می‌نماید. اما اگر مقداری در جدول اعتماد مستقیم موجود نباشد، جدول اعتماد توصیه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد تا گره‌ای را پیدا کند که ارتباط اعتماد مستقیمی با گره‌ی مورد نظر داشته باشد. از معایب روش ارائه شده، قرار گرفتن گره‌ها در چند دامنه و تلف شدن زمان می‌باشد.

همان طور که اشاره شد، رابطه اعتماد در محیط محاسبات ابری، بسیار ذهنی، پویا وابسته به زمینه‌های مختلف و دارای خاصیت عدم قطعیت می‌باشد. هدف از این مقاله ارائه یک مدل اعتماد میان موجودیت‌های محیط ابر با توجه به تعداد تعاملات موفق و ناموفق میان آنها در تمامی زمینه‌های موجود در ابر می‌باشد. در این مدل مقدار اعتماد به کمک ریاضیات فازی محاسبه شده است تا بتوانیم این عدم قطعیت را محاسبه نماییم و نتیجه دقیق‌تری از اعتماد میان موجودیت‌های ابر را کسب نماییم. نکته حائز اهمیت، استفاده از رابطه شباهت در کسب توصیه‌ها می‌باشد به عبارت دیگر موجودیت‌ها هنگام محاسبه مقدار اعتماد توصیه‌ای، میزان شباهت نظراتشان با موجودیت توصیه‌گر را در نظر می گیرند. شباهت نظرات میان دو موجودیت از طریق موجودیت‌های ثالثی، که دو موجودیت مستقیما با آن در ارتباط هستند محاسبه می‌شود. این امر اثر موجودیت‌های مخرب و ناصادق را خنثی می‌کند. از دیگر کارهای صورت گرفته در این تحقیق کیفی‌سازی نتایج می‌باشد که به درک بهتر موجودیت‌ها کمک می‌کند.

## ۳- روش پیشنهادی

به طور کلی اعتماد را می توان در ۴ گروه متفاوت مطابق با استانداردهای متفاوت، طبقه‌بندی کرد [۹]:۱. مطابق با صفات و ویژگی‌ها: اعتماد هویت و اعتماد رفتار ۲. مطابق با تعاملات صورت گرفته: اعتماد مستقیم و اعتماد توصیه‌ای ۳. مطابق با نقش‌ها: اعتماد شخص ثالث، اعتماد اجرا، اعتماد کد ۴. مطابق با تئوری‌های 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 می‌گیرد.

تعریف۱ (اعتماد): اعتماد، سطحی از احتمال ذهنی که بین دو موجودیت، یک موجودیت مبدا۱ و یک موجودیت مقصد۲ می‌باشد که از طریق یک مشاهده مستقیم طبیعی و یا توصیه‌ای از موجودیت‌های اعتماد شکل می‌گیرد 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 می‌شود. درجه اعتماد به‌عنوان یک عقیده و نظر تفسیر می‌شود که بر اساس تجارب تعامل می‌باشد.

تعریف۲ (درجه اعتماد): درجه اعتماد *($Td_{ij}$)* برای ارزیابی اعتماد یک دامنه از مجموعه مقادیر اعتماد از نگاه موجودیت مبدا به موجودیت مقصد، می‌باشد که بیانگر نگرش و عقیده اعتماد موجودیت $e_i$ به‌عنوان موجودیت مبدا به موجودیت $e_j$ به‌عنوان موجودیت مقصد در زمان $t$ و در زمینه $c_z$ است. درجه اعتماد به‌صورت زیر نشان داده شده است.

$$Td_{ij}\begin{cases} DT(e_i,e_j,c_z,t), \\ RT(e_i,e_j,c_z,t), \\ IDT(e_i,e_j,c_z,t), \\ Otherwise \end{cases} \quad (۱)$$

1- trustor
2- trustee

در رابطه (۱) $Td_{ij}=DT(e_i,e_j,c_z,t)$ نشان‌دهنده درجه اعتماد مستقیم و $Td_{ij}=RT(e_i,e_j,c_z,t)$ نشان‌دهنده درجه اعتماد توصیه‌ای و $Td_{ij}=IDT(e_i,e_j,c_z,t)$ نشان‌دهنده در اعتماد غیر مستقیم میان دو موجودیت می‌باشد. $e_i$ نشان‌دهنده موجودیت مبدا، و $e_j$ نشان‌دهنده موجودیت مقصد می‌باشد. $c_z$ 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 $E=\{e_1,e_2,\ldots,e_n\}$ دامنه مسئله مدل اعتماد فازی می‌باشد که در آن $e_i(i=1,2,\ldots,n)$ 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.

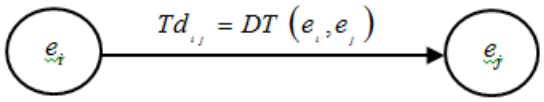
$$TR: E\times E \to [0,1],$$
$$(e_i,e_j) \to \mu_A(e_i,e_j) \in [0,1] \qquad (۲)$$

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 به‌صورت $E \xrightarrow{TR} E$ 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 این رابطه، رابطه اعتماد مستقیم گفته می‌شود. درجه اعتماد مستقیم برابر $Td_{ij}=DT(e_i,e_j,c_z,t)$ می‌باشد.




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

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 $e_j$ به عنوان 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 جهت دار $G$ 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 $M(t, c_z)$ 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.

$$M(t,c_z)=\begin{pmatrix} Td_{11} & \cdots & Td_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Td_{m1} & \cdots & Td_{mn} \end{pmatrix} \qquad (۳)$$

هنگامی که رابطه اعتماد $TR\ (e_i,e_j)$ بین موجودیت‌ها مشاهده می‌شود ویژگی های 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

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 مبتنی‌بر زمان می‌باشد [۱۴]: به‌گونه‌ای که درجه اعتمادی که موجودیت $e_i$ (به‌عنوان موجودیت مبدا) به موجودیت $e_j$ (به عنوان موجودیت مقصد) در یک زمینه خاص دارد با مرور زمان معمولا کاهش می‌یابد در نتیجه، رفتار یک موجودیت همواره ثابت نمی‌ماند و اغلب با تغییر زمان تغییر می‌کند. بنابراین تجربه‌هایی که اخیرا به‌دست‌آمده 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 به‌صورت زیر تعریف کرد:

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

اما باید در نظر داشت که رفتار یک موجودیت همواره ثابت نمی‌ماند و با تغییر زمان تغییر می‌کند. از این رو، تجربیاتی که اخیرا 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.

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

در رابطه بالا، $\alpha$ یک پارامتر قابل‌تنظیم توسط موجودیت مبدا است و به‌عنوان 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 عنوان رویدادهای موفقی می‌باشد که اخیرا صورت گرفته است و $p(T_{i-1})$ به عنوان رویدادهای موفقی است که در گذشته دورتر رخ داده است. $\Delta T_i = Tp_i - Ts_{i-1}$ مشخص‌کننده بازه زمانی برای تعیین میزان اهمیت رویدادهای موفق در به‌دست آوردن مقدار درجه اعتماد می‌باشد، که $Tp$ نشان‌دهنده زمان حال یا $T_{present}$ و $Ts$ نشان‌دهنده زمان شروع یا $T_{start}$ در تعیین بازه زمانی می‌باشد. همچنین $Ts_0$ نشان‌دهنده اولین برقراری ارتباط موجودیت مبدا با موجودیت مقصد می‌باشد.

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

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

تصمیم‌گیری در مورد اینکه آیا یک موجودیت قابل اعتماد است یا غیر قابل اعتماد، تنها بر اساس تعداد کمی از تعاملات، بسیار دشوار است [۱۵-۱۴]. در تعیین اعتماد مهم است که یک موجودیت دارای تجربه کافی برای محاسبه اعتماد باشد. بنابراین سطح اعتمادی برای تجربه در یک زمینه خاص به‌عنوان 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.

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

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

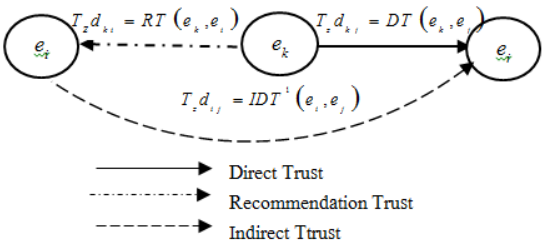
$$T_z d_{ij} = DT(e_i, e_j, c_z, t) = \begin{cases} 0.5 + \frac{p_z(Tp_i)-\beta q_z}{2\times Co_z} \ if \ p_z + q_z \leq CO_z \\ \frac{p_z(Tp_i)}{p_z(Tp_i)+\beta q_z} \ if \ p_z + q_z > CO_z \end{cases} \qquad (۸)$$

## ۳-۲- رابطه اعتماد غیرمستقیم 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

مقدار اعتماد به‌دست‌آمده 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، به‌دست می‌آید. به‌عنوان 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 شکل۲ 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

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، $e_k$ 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 $e_k$ کاملا 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 $E$ مجموعه‌ای از تمامی موجودیت‌های موجود در 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 $e_j$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T_z d_{ki} = RT(e_k, e_j, c_z, t) = \begin{cases} 0.5 + \frac{r_z(Tr_i) - \beta s_z}{2 \times Co_z} \; if \; r_z + s_z \le CO_z \\ \frac{r_z(Tr_i)}{r_z(Tr_i) + \beta s_z} \; if \; r_z + s_z > CO_z \end{cases} \quad (۹)$$

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

به‌طور 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 به‌طور 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 به‌عنوان یک موجودیت قابل اعتماد نشان دهد. بعضی از موجودیت‌های خراب‌کار از طریق استتار، درجه اعتماد بالاتری به‌دست 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، امکان‌پذیر 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

استفاده از محاسبه ضریب همبستگی پیرسون اندازه‌گیری می‌شود. برای محاسبه دقیق همبستگی، ابتدا باید تمامی موجودیت‌هایی که با هر دو موجودیت $e_i$ و $e_k$ تعامل دارند، جدا سازیم. موجودیت‌هایی که با هر دو موجودیت $e_i$ و $e_k$ تعامل دارند را با $CE(e_i, e_k)$ نشان می‌دهیم. به‌طور رسمی شباهت میان موجودیت‌های $e_i$ و $e_k$ در زمینه $c_z$ و زمان $t$ با استفاده از این روش، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Sim(e_i, e_k, c_z, t) = \frac{\sum_{e_c \in OE(e_i,e_k)} (DT_{e_i,e_c} - \overline{DT_{e_i,e_c}})(DT_{e_k,e_c} - \overline{DT_{e_k,e_c}})}{\sqrt{\sum_{e_c \in OE(e_i,e_k)} (DT_{e_i,e_c} - \overline{DT_{e_i,e_c}})^2} \sqrt{\sum_{e_c \in OE(e_i,e_k)} (DT_{e_k,e_c} - \overline{DT_{e_k,e_c}})^2}} \quad (۱۰)$$

در رابطه بالا، $CE(e_i, e_k) = \{e_{c1}, e_{c2}, \ldots, e_{cn}\}$ نشان‌دهنده موجودیت‌های مشترک میان موجودیت‌های $e_i$ و $e_k$ می‌باشد. $DT_{e_k,e_c}$ $DT_{e_i,e_c}$ نشان‌دهنده مقادیر اعتماد مستقیمی است که دو موجودیت $e_i$ و $e_k$ به موجودیت‌های مشترکی که با آنها تعامل دارند $CE(e_i, e_k)$، اختصاص می‌دهند. همچنین $\overline{DT_{e_i,e_c}}$ و $\overline{DT_{e_k,e_c}}$ متوسط مقادیر اعتماد مستقیم میان موجودیت‌های $e_i$ و $e_k$ با موجودیت‌های $CE(e_i, e_k)$، است.

از رابطه ۱۰ می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به اعتبار توصیه‌ها، یک موجودیت بیشتر به موجودیت‌هایی اعتماد می‌کند که نظراتشان به او شبیه است به جای آنکه مقدار اعتماد بالاتری داشته باشند. بنابراین، مقدار اعتماد توصیه‌ای میان موجودیت $e_i$ و موجودیت $e_k$ در زمینه $c_z$ و در زمان $t$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$T_z d_{ki} = RT(e_k, e_i, c_z, t) =$$

$$RT(e_k, e_i, c_z, t) \times sim(e_i, e_k, c_z, t) \quad (۱۱)$$

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

رابطه اعتماد غیر مستقیم فازی $IDT$ از ترکیب رابطه اعتماد توصیه‌ای فازی $RE$ و رابطه اعتماد مستقیم فازی $DT$، حاصل می‌گردد، که در این مقاله از ترکیب Min-Max برای محاسبه مقدار اعتماد غیرمستقیم استفاده شده است. تابع عضویت رابطه اعتماد غیرمستقیم یک سطحی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T_z d_{ki} = IDT^1(e_i, e_j, c_z, t) =$$

$$RTo\ DT = RT(e_k, e_i, c_z, t) oDT(e_k, e_j, c_z, t) = \left\{Max_{ek} Min\left(RT(e_k, e_i, c_z, t), DT(e_k, e_j, c_z, t)\right)\right\} \quad (۱۲)$$

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

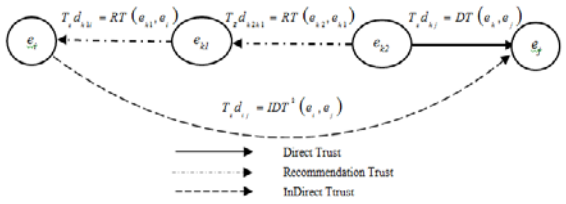
رابطه (۱۲)، بازتاب‌دهنده تجارب تعاملی موجودیت $e_i$ با موجودیت $e_k$ به‌عنوان یک موجودیت آشنا، درباره موجودیت $e_j$ می‌باشد. ممکن است موجودیت $e_i$ (به‌عنوان موجودیت مبدا) برای به‌دست آوردن یک دید وسیع‌تر از موجودیت $e_j$ (به‌عنوان موجودیت مقصد)، بخواهد از آشنایان آشنایش پرسش داشته باشد تا درجه اعتماد دقیق‌تری از موجودیت $e_j$ به‌دست آورد. شکل (۳) یک رابطه اعتماد غیرمستقیم فازی دو سطحی را نشان می‌دهد که شامل دو سطح از توصیه می‌باشد. که با $IDT^2$ نشان داده می‌شود. تابع عضویت رابطه اعتماد غیرمستقیم فازی دو سطحی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

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

$$RT^2 = RT(e_{k2}, e_{k1}, c_z, t) oRT(e_{k1}, e_i, c_z, t) = \left\{Max_{ek} Min\left(RT(e_{k2}, e_{k1}, c_z, t), RT(e_{k1}, e_j, c_z, t)\right)\right\} \quad (۱۳)$$

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

همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود موجودیت $e_{k2}$ به‌صورت 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 $e_{k1}$ به‌صورت مستقیم با $e_j$ تعامل ندارد، $e_{k2}$ تجربه حاصل از تعامل مستقیم خود با $e_j$ را در اختیار $e_{k1}$ می‌گذارد بنابراین یک رابطه توصیه‌ای میان $e_{k1}$ و $e_{k2}$ ایجاد می‌شود. و به همین ترتیب $e_{k1}$ تجارب غیر مستقیم خود از $e_j$ را در اختیار $e_i$ می‌گذارد و این تجربه به نوان یک تجربه غیر مستقیم برای $e_i$ محسوب می‌شود.




**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 می‌تواند درجه اعتماد دقیق‌تری نسبت به موجودیت $e_j$ به‌دست آورد. مدل اعتماد غیر مستقیم فازی چند سطحی مشابه مدل اعتماد غیر مستقیم دو سطحی می‌باشد. از این رو تابع عضویت فازی رابطه اعتماد غیر مستقیم چند سطحی (n سطحی) به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

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

$$RTo\ RT\ o \dots o\ RToDT = RT^n o\ DT \quad (۱۴)$$

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

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 مسقیم ایجاد شده به‌دست می‌آید.

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

$$= \cup_{i=1}^{n} IDT^i \quad (۱۵)$$

مقادیر به‌دست‌آمده از روابط اعتماد غیر مستقیم، را در ماتریس اعتماد غیر مستقیم $M_{IDT}(t, c_z)$ که متناسب با هر زمینه می‌باشد، ذخیره می‌نماییم. معمولا 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 به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$T_z d_{ij} = DT \cup IDT^1 \cup IDT^2 \cup \dots \cup IDT^n = DT \cup \cup_{i=1}^{n} IDT^i \quad (۱۶)$$

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

## ۳-۳- محاسبه مقدار کل اعتماد در مجموع زمینه ها

موجودیت $e_i$ به‌عنوان موجودیت مبدا می‌تواند به منظور ارزیابی دقیق اعتماد از موجودیت $e_j$ به‌عنوان 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 به‌دست 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 به‌منظور تعیین مقدار اعتماد کلی، به آن اختصاص می‌دهد.

بنابراین فرض می‌شود که $W=(w_1, w_2, \dots, w_n)$ وزن می‌باشد به‌طوری‌که $W_i$ برای همه $i$ها در بازه $[0,1]$ می‌باشد و $\sum_{1}^{n} w_i = 1$. پس از تخصیص وزن‌ها به هر زمینه، نیاز به استخراج مقادیر اعتماد کلی هر زمینه از ماتریس اعتماد کلی $M_{D_T \cup IDT}(t, c_z)$ 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 $T_z d_{ij}$ می باشند. فرض کنید $W_i$ وزن زمینه $C_z$ می‌باشد. از این رو اعتماد کل در مجموع زمینه‌ها $Td_{ij}$ از نگاشت فازی زیر به‌دست می‌آید و در ماتریس اعتماد کلی در تمامی زمینه $M_{Td_{ij}}(t)$ جای می‌گیرد.

$$Td_{ij} = W_i(w_1, w_2, \dots, w_n) \circ \begin{matrix} {}^{T_z d_{ij}} \\ c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{matrix} \begin{pmatrix} T_1 d_{ij} \\ T_2 d_{ij} \\ \vdots \\ T_n d_{ij} \end{pmatrix} \quad (۱۷)$$

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

## ۳-۴- 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.

### ۳-۴-۱- 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 $\alpha$ (مقدار اهمیت تعاملات موفق مستقیم در بازه‌های زمانی تعیین شده)، $\beta$ (میزان جریمه در نظر گرفته‌شده برای تعاملات ناموفق مستقیم)، $\Delta T$ (بازه زمانی در نظر گرفته شده برای تعیین تعداد تعاملات)، $c_{oz}$ (مقدار آستانه تعاملات در رابطه اعتماد مستقیم). در این الگوریتم، به‌ازای 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

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 $\Delta T$ محاسبه می‌گردد. سپس، از خطوط ۱۸ تا ۲۹ برای محاسبه نرخ تعاملات موفق متناسب با تاریخچه تعاملات در هر $\Delta T$ 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 $e_i$,$e_j$; $\Delta T$ ; $\alpha$ ; $\beta$ ; $co_z$
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: $ts_{c-1}=tp_c- \Delta T$
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** $p_z[e_i,e_j]+q_z[e_i,e_j] <= co_z$ **then**
31: Calculate Direct trust value by relation (7)
32: **else**
34: Calculate Direct trust value by relation (6)
35: **end if**
36: **end if**
37: **end for**
38: **end**

### 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 منجر به شکست توصیه‌ای در تمامی زمینه‌ها و مؤلفه‌های $\alpha$ ، $\beta$ ، $co_z$ ، $\Delta T$

**الگوریتم (۲)**. الگوریتم رابطه اعتماد توصیه‌ای‌میان موجودیت $e_i$ و $e_j$

**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 bettween $e_i$,$e_j$; $\Delta T$ ; $\alpha$ ; $\beta$ ;
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: $ts_{c-1}=tp_c- \Delta T$
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**

### 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

باید به ازای هر زنجیره اعتماد خطوط ۶ تا ۱۶ اجرا شود. خطوط ۸ و ۹ نشان می‌دهد که اگر بین دو موجودیت، موجودیت توصیه کننده‌ای 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.

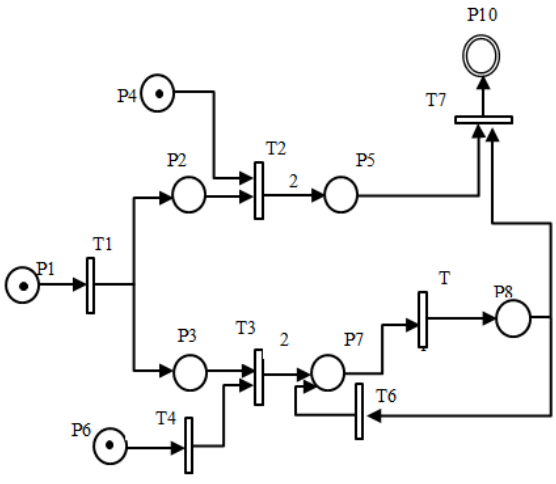
**الگوریتم(۳)**. رابطه اعتماد غیر مستقیم میان دو موجودیت $e_i$ و $e_j$

**Algorithm3.** InDirect Trust ($e_i$,$e_j$)

1: **Input**: a trustor $e_i$ ; atrustee $e_j$; 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 chin.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 ei and ej by relation (15)
12: **end if**
13: Calculate indirect trust value in all trust chain between ei and ej 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 شکل۴ 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

**جدول (۱)**. معنای مجزای مکان‌های از شبکه پتری

| مکان | نام مکان | معنای مجزای هر یک از مکان ها |
|---|---|---|
| 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 به‌منظور 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 می شود 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. |

## ۴- شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج

به‌منظور ارزیابی مدل ارائه‌شده اعتماد در این مقاله، ابتدا به تشریح محیط شبیه‌سازی و جزئیات پیکره‌بندی آن در زیر بخش ۵-۱ می‌پردازیم. 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 مدل‌ها ارزیابی می نماییم.

### ۴-۱- محیط شبیه سازی

بستر محیط شبیه‌سازی، جعبه ابزار کلادسیم می‌باشد. کلادسیم یک پلتفرم شبیه‌سازی براساس جاوا است، که از مدل‌سازی و شبیه‌سازی دیتاسنترهای محاسبات ابری مقیاس وسیع، پشتیبانی می‌کند. کلادسیم معروف‌ترین ابزار شبیه‌سازی ابر می‌باشد که توسط آزمایشگاه گرید در دانشگاه ملبورن و پروژه Gridbus طراحی شده است [۲۳]. درحال حاضر، کلادسیم نمی‌تواند مستقیما شبیه‌سازی استراتژی‌های اعتماد را درک کند. از این رو، با اضافه نمودن الگوریتم اعتماد ارائه‌شده که با زبان جاوا نوشته شده است، از شبیه‌سازی اعتماد پشتیبانی می‌شود. در مدل اعتماد شبیه‌سازی شده، فرآیند ارسال و اجرای وظایف به صورت زیر می‌باشد:

۱. وظایف به صف مرتبط به وظایف ارسال می‌شود.
۲. زمانبند وظیفه، وظایف را از صف وظیفه می‌خواند و با یک رابط که به آن مشاور زمانبندی گفته می‌شود، ارتباط برقرار می‌کند.
۳. مشاور زمانبندی با مدل اعتماد ارائه‌شده، در ارتباط است.
۴. مدل اعتماد، تراکنش‌های صورت‌گرفته را تجزیه و تحلیل و مقدار اعتماد را محاسبه می‌کند و آنها را در اختیار زمانبند وظیفه قرار می‌دهد.
۵. زمانبند وظیفه، وظایف را روی قابل اعتمادترین منابع در ابر اجرا می‌کند.

از زمانبند وظیفه برای اجرای وظایف به‌کار گرفته می‌شود، که در این شبیه‌سازی از زمانبندهای پیش‌فرض در کلادسیم یعنی اشتراک زمان و اشتراک فضا استفاده شده است. ارزیاب اعتماد برای افزایش مکانیزم اعتماد در سطح زمانبندی به‌منظور کمک در تصمیم‌گیری تراکنش ابری، استفاده می شود. همچنین چندین موجودیت شبیه‌سازی شده در کلادسیم مطابق ساختار مدل ارائه‌شده، اضافه نمودیم. موجودیت‌هایی که به‌عنوان توصیه‌کنندگان در نظر گرفته شده‌اند به ۲ نوع تقسیم می‌شوند: ۱. توصیه‌کنندگان صادق؛ که توصیه‌ها و سرویس‌های صادقانه فراهم می‌کنند. ۲. توصیه‌کنندگان مخرب؛ که توصیه‌ها و سرویس‌های مخرب فراهم می‌کنند.

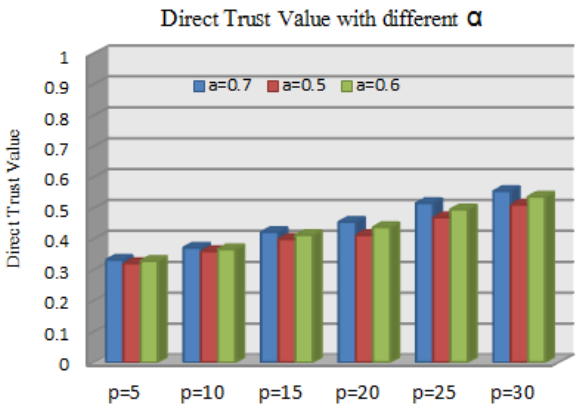
با توجه به اینکه نتایج این تحقیق با مرجع [۵] مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است محیط شبیه‌سازی همچون این مرجع در نظر شده است. به گونه ای که، شامل ۱۰ دیتا سنتر با ۵۰ ماشین مجازی می باشد، که و تعداد عناصر در حال پردازش هر ماشین مجازی در رنج [۱ و ۳] می باشد. علاوه بر این ۱۰۰ وظایف را به ماشین‌های مجازی 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 مدل‌های اعتماد مستقیم و اعتماد توصیه‌ای فازی روش پیشنهادی با توجه به پارامترهای موجود در آنها، ارزیابی می‌نماییم.

#### ۴-۲-۱- ارزیابی اعتماد مستقیم

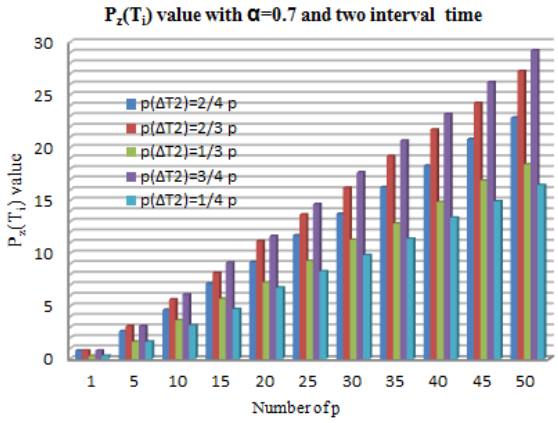
با توجه به رابطه 8 که مقدار اعتماد مستقیم را محاسبه می‌کند، مدل رابطه اعتماد مستقیم را با توجه به مقادیر مختلف پارامترهای موجود در این رابطه، ارزیابی می نماییم. شکل۵ مقدار اعتماد مستقیم را به ازای مقادیر مختلف $\alpha$ که تعیین‌کننده میزان اهمیت تعاملات در بازه‌های زمانی مختلف است نمایش می‌دهد. در این شکل سایر پارامترها به صورت زیر تنظیم شده‌اند: $\beta = 1.1$ ، $Co_z$=25، q=10 و تعداد بازه‌های زمانی در نظر گرفته شده برابر ۲ می‌باشد به طوری که $p(\Delta T_2) = p(\Delta T_1)$.




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

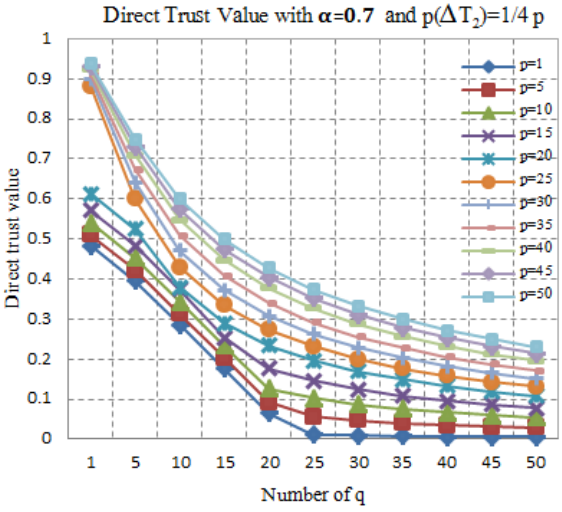
همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، مقدار اعتماد مستقیم به‌ازای مقادیر مختلف $\alpha$ هنگامی که تعداد تعاملات موفق در بازه‌های مختلف یکسان باشند، دارای تغییر چندانی نمی‌باشد. همچنین با توجه به این‌که متناسب با تعداد تعاملات موفق در بازه‌های زمانی متفاوت مقدار اعتماد مستقیم متفاوت می‌باشد،

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.

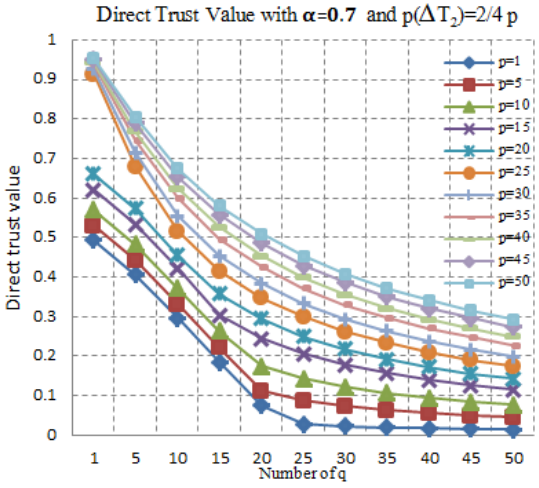



**شکل (۶)**. مقدار $P_z(T_i)$ در دو بازه زمانی T2 و T1

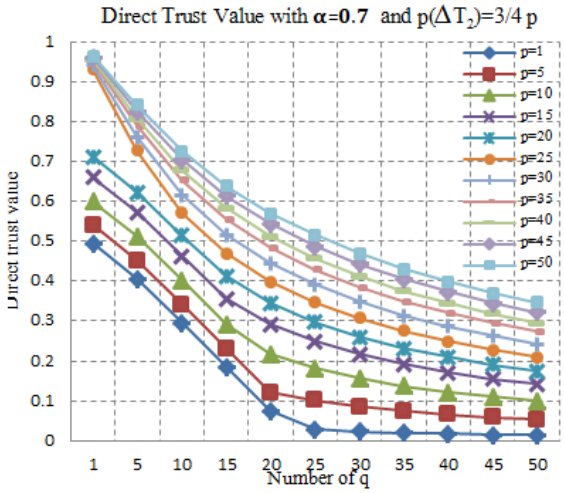
همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود، تعیین مقدار تعاملات موفق، تاثیر مستقیم بر زمان انجام تعاملات دارد، در واقع تعاملات مثبت در بازه زمانی کوتاه معتبر هستند. برای مثال هنگامی که تعداد تعاملات مثبت در $p(\Delta T_2)$ برابر $\frac{3}{4}p$ است مقدار $p_z(T_i)$ تقریبا دو برابر زمانی است که تعداد تعاملات 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 $p(\Delta T_2) = 1/4p$




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




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

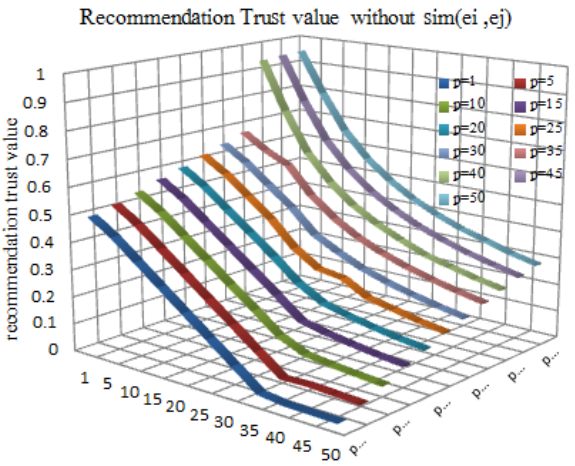
از شکل‌های (۷، ۸ و ۹) مشاهده می‌شود، متناسب با افزایش q در هر مقدار p مقدار اعتماد مستقیم با شیب ملایمی، کاهش می‌یابد. همچنین مقدار اعتماد مستقیم از p=20 به p=25 دارای اختلاف قابل ملاحظه است، این امر بدین دلیل است که، مقدار $Co_z$ = p+q =25 در نظر گرفته شده است، از این رو هنگامی که p=25 می‌شود، تعداد 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

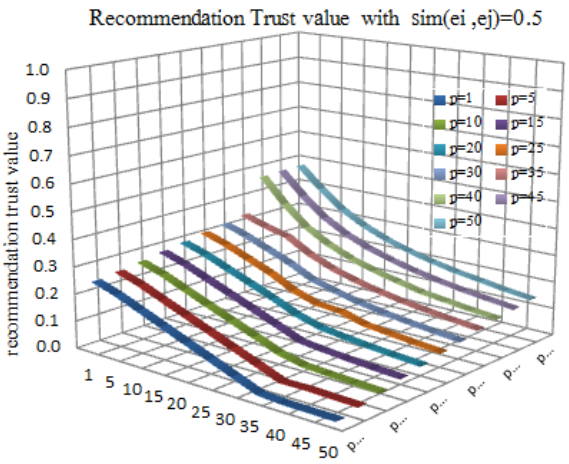
برای ارزیابی رابطه اعتماد توصیه‌ای، با توجه به رابطه (۱۰)، مقدار اعتماد توصیه‌ای را بدون در نظر گرفتن شباهت میان موجودیت‌ها، با $\beta = 1.1$ $\alpha = 0.6$ و $Co_z = 40$ در r و های متفاوت محاسبه‌کرده و نتایج در شکل (۱۰) نشان داده شده

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 آن‌که 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- 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 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 بخش۳ 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 به‌ارزیابی اعتماد مستقیم‌دارد. 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** | |
| $\alpha$ : مقدار اهمیت تعاملات موفق مستقیم در بازه‌های زمانی تعیین‌شده | ۰,۷ |
| $\beta$ : میزان جریمه در نظر گرفته‌شده برای تعاملات ناموفق مستقیم | ۱,۱ |
| $\Delta T$ : بازه زمانی در نظر گرفته‌شده برای تعیین تعداد تعاملات | ۳۰ |
| $Co_z$: مقدار آستانه تعاملات در رابطه اعتماد مستقیم | ۲۵ |
| مقدار رابطه اعتماد مستقیم زمانی که هیچ رابطه توصیه‌ای وجود ندارد | ۱ |
| **رابطه اعتماد توصیه‌ای** | |
| $\alpha$ : مقدار اهمیت تعاملات موفق توصیه‌ای در بازه های زمانی تعیین شده | ۰,۶ |
| $\beta$ : میزان جریمه در نظر گرفته‌شده برای تعاملات ناموفق توصیه‌ای | ۱,۱ |
| $\Delta T$ : بازه زمانی در نظر گرفته‌شده برای تعیین تعداد تعاملات | ۳۰ |
| $Co_z$ : مقدار آستانه تعاملات در رابطه اعتماد توصیه‌ای | ۴۰ |

### 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 می شود.

$$Absolute\ error = |trust\ calculated - actual\ trust| \quad (۱۸)$$

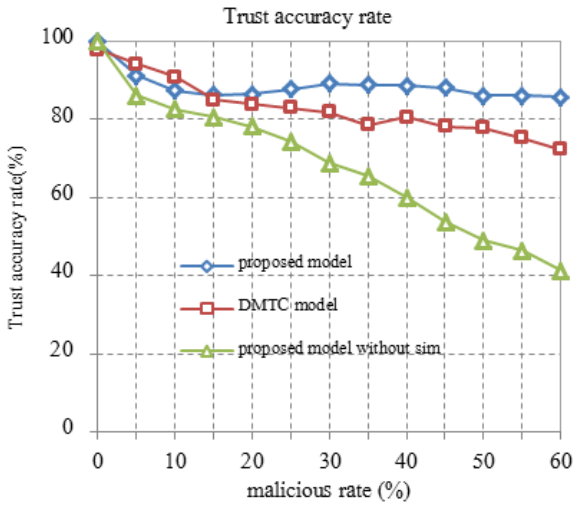
در رابطه بالا trust calculated به‌عنوان مقدار اعتماد محاسبه شده از طریق روش پیشنهادی در نظر گرفته می‌شود و actual trust مقدار اعتماد واقعی می‌باشد که در این مقاله actual trust را به‌عنوان مقدار اعتماد حاصل از اجماع مقادیر اعتماد کلی تمامی موجودیت‌هایی که با در موجودیت مقصد ارتباط هستند، در نظر گرفته‌ایم.

همان طور که در بخش۳ 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.

$$Trust\ accuracy\ rate = (1 - Absolute\ error) \times 100 \quad (۱۹)$$

نتایج این آزمایش در شکل (۱۲) نشان داده شده است. همان‌طور 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 تعاملاشان می باشد 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 موجودیت های مخرب، مدل پیشنهادی می‌تواند تضمین کند که نرخ دقت اعتماد در یک سطح نسبی بالا می‌باشد. اما در مدلDMTC، در مراحل ابتدایی میزان دقت اعتماد از مدل پیشنهادی بیشتر بوده ولی با افزایش میزان موجودیت‌های مخرب، میزان دقت اعتماد به‌صورت ملایم کاهش می‌یابد، همچنین در حالتی‌که میزان شباهت در نظر گرفته نشده است، میزان دقت اعتماد با افزایس موجودیت‌های مخرب افزایش می‌یابد.



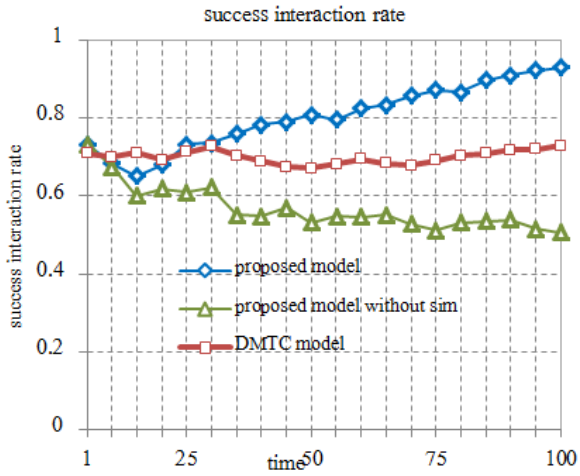

**شکل (۱۲)**. میزان دقت اعتماد

### 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 شبیه-سازی می‌باشد.

$$success\ in\ teraction\ rate = \frac{p}{p+q}$$
$$failure\ in\ teraction\ rate = \frac{q}{p+q} \quad (۲۰)$$

موجودیت‌های خوب و صادق را می‌توان با موجودیت‌های که دارای رفتار سوء (به واسطه مقادیراعتمادشان) هستند، با گذشت زمان و پس از انجام چند تراکنش متمایز ساخت. در آغاز، تمامی موجودیت‌ها مقادیر اعتماد اولیه مشابهی دارند، موجودیت‌های منبع، به‌صورت 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.




**شکل (۱۳)**. میزان تعاملات موفق

در این شکل می‌توان مشاهده کرد که تغییر نرخ تعاملات به دو مرحله تقسیم می‌شود: مرحله افزایش و مرحله کاهش. در آغاز، نرخ تعاملات موفق با تعاملات مخرب کاهش می‌یابد. پس از مدتی، نرخ تعاملات موفق، شروع به افزایش می‌کند، عکس این روند را در مورد تعاملات ناموفق شاهد هستیم.

همان طور که در شکل (۱۳) نشان داده شده است، در مدل ارائه‌شده، میزان تعاملات موفق در یک سطح نسبتا بالایی پس از رکود اولیه قرار می‌گیرد. این امر نشان می‌دهد که مدل ارائه‌شده می‌تواند از موجودیت‌های مخرب جلوگیری کند زیرا آنها قادر به دست آوردن مقدار اعتماد بالا نیستند. اما در مدل DMTC ، نرخ تعاملات موفق دارای یک رنج تقریبا 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- نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده تعداد تعاملات انجام گرفته میان موجودیت‌ها، مدل اعتمادی با استفاده از منطق و ریاضیات فازی ارائه نمودیم. در مدل ارائه‌شده اعتماد میان موجودیت‌های ابر از طریق تعداد تعاملات میان آنها 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. نکته حائز اهمیت در این مقاله استفاده از رابطه شباهت در محاسبه توصیه‌ها می‌باشد به گونه‌ای که موجودیت‌ها هنگام محاسبه مقدار اعتماد توصیه‌ای، میزان شباهت نظراتشان با موجودیت توصیه‌گر را در نظر می‌گیرند. این امر اثر موجودیت‌های مخرب و ناصادق را خنثی می‌کند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقایسه این مدل با سایر مدل‌ها نشان‌دهنده مؤثر بودن این مدل در کسب نتایج دقیق‌تر و قابل اعتمادتر می‌باشد. برای ادامه مقاله پیشنهاد می‌شود ابتدا تاثیر زمان بر روی تعاملات ناموفق بررسی شود، سپس الگوریتم زمانبندی متناسب با مدل ارائه‌شده، طراحی و پیاده‌سازی 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. Nl, “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.

[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.

[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.

**Journal Of Electronical & Cyber Defence**
**Vol. 4, No. 1, 2016, Serial No.13**


# 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 potentiallyinitiate 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 moded 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