Archive of SID

چارچوب کبوتر[1] برای ایجاد سیستم‌های هوشمند حل تمکین

محمد رضا بشارتی[1]، علیرضا فرهادی[2]، محمد ایزدی[3]

[1] دانشجوی دکتری مهندسی نرم افزار، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف، besharati@ce.sharif.edu
[2] دانشجوی دکتری مهندسی نرم افزار، پردیس بین الملل کیش، دانشگاه صنعتی شریف، alirezafarhadi@ce.sharif.edu
[3] استادیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف ، تهران، izadi@sharif.edu

چکیده

برای بررسی و تامین تطابق فرآیندهای تجاری با مجموعه‌ای از مقررات و قوانین، که آن را بررسی و حل تمکین می‌نامیم، می‌توان از سیستم‌های خبره یا هوشمند بهره گرفت که آن‌ها را سیستم‌های خبره و هوشمند حل تمکین می‌نامیم. در این مقاله، یک چارچوب رسمی مبتنی بر منطق برای ایجاد سیستم‌های هوشمند حل تمکین ارائه می‌گردد. این چارچوب شامل معناشناسی رسمی، معماری و فرآیند ایجاد چنین سیستم‌هایی است. بدین ترتیب ابزار مدلسازی (یعنی معناشناسی رسمی)، قالب ایجاد (یعنی معماری) و راه حل ایجاد (یعنی فرآیند ایجاد) برای چنین سیستم‌هایی در اختیار خواهد بود. از این رو انتظار می رود که به کاربستن این چارچوب، تا حد مطلوبی سبب تسهیل ایجاد سیستم‌های هوشمند حل تمکین گردد. چارچوب کبوتر به همراه سه مولفه اصلی آن در این مقاله ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی

سیستم‌های هوشمند، بررسی تمکین، معناشناسی رسمی، معماری، فرآیند ایجاد

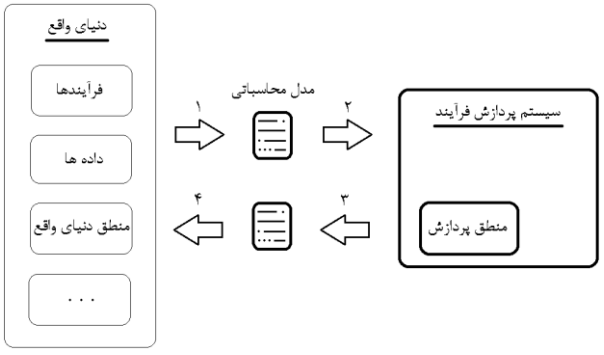
۱ – مقدمه

در کنار داده‌ها یا بر روی آنها، فرآیندهای پردازشی _ چه برای محاسبات و چه در دنیای واقع_ وجود دارد. در دیدی کلی تر، با مجموعه‌ای از مدل‌های به هم مرتبط _به جای صرف داده های تکین_ روبرو هستیم. نحوه پردازش و هوشمندی در مواجهه با چنین بستری از مقادیر مشهود پردازشی، موضوع مهمی است.

برای بررسی و تامین تطابق فرآیندهای تجاری با مجموعه‌ای از مقررات و قوانین، که آن را حل تمکین می نامیم، می‌توان از یک سیستم خبره یاهوشمند بهره گرفت که آن‌ها را سیستم‌های خبره و هوشمند حل تمکین می‌نامیم.

برای بررسی و حل تمکین–که نوعی پردازش بر روی فرآیندهاست- لازم است تا ابتدا یک سیستم پردازش فرآیند فراهم آوریم و با به خدمت‌گیری آن، اقدام به بررسی و حل تمکین بر روی فرآیندها بنماییم.

برای پردازش فرآیندها لازم است که بتوان فرآیندها را به صورت محاسباتی مدل نمود و در اختیار سیستم پردازشی قرار داد، سپس در سیستم پردازشی یک منطق محاسباتی را بر روی آن‌ها اجرا نمود و در نهایت نتیجه حاصل را از سیستم پردازشی دریافت نموده و در اختیار کاربرقرار داد (شکل ۱).



شکل۱- یک مدل مفهومی برای روند پردازش فرآیند

تعبیه منطق پردازش در سیستم پردازش فرآیند (شکل ۱)، سطوحی از هوشمندی و خودکارسازی را برای سیستم ما فراهم می آورد. البته میزان این هوشمندی و خودکارسازی، متناسب با آن مقدار از معانی است که در این منطق بیان شده است. هرچه بیان کامل‌تر و گسترده‌تری از معانی را در

www.SID.ir

Archive of SID

منطـق تعبیـه شـده شـاهد باشـیم، بـه سـطوح بـالاتری از هوشـمندی و خودکارسازی دست می یابیم. از این منظر، هوشـمندی نتیجـه محاسـبات است و محاسبات، از طریق به خدمت گیری یک منطق و اعمال آن بر روی مجموعه‌ای از مقادیر فراهم می آید.

بایستی بتوان معانی فرآیندها در دنیای واقع را به صورت محاسـباتی مـدل نمود. همچنین معانی منطق پردازشی که در سیسـتم پـردازش فرآینـد بـه خدمت گرفته می‌شود، از معانی منطق دنیای واقع مشتق شده است. از این رو برای فراهم آوردن سازماندهی موجود در شکل ۱، یعنـی بـرای سـاخت یک سیستم پردازش فرآیند، به یک معناشناسی مناسب نیاز داریـم کـه بـه کمک آن بتوانیم اقدام به توصیف و بیان معانی نماییم (چـه بـرای توصـیف فرآیندها و چه برای توصیف منطق حاکم بر آنها در دنیای واقع و چه بـرای توصیف منطق پردازشی).

از آن‌جاییکه یک سیستم هوشمند و خودکار (و نه دسـتی) بـرای پـردازش فرآیند مد نظر است، لازم است معانی، به صورت بدون ابهام، بدون نقـص و قابل پردازش به وسیله رایانه توصیف شوند. از این رو بـه یـک معناشناسـی رسمی –مانند یک منطق برای معانی- نیازمندیم.

برای بررسی و حل تمکین فرآیندهای تجاری، علاوه بر سیسـتم پردازشـی، لازم است بتوان قوانین و مقررات را به صورت محاسباتی و چنان مدل نمود که به کمک سیستم پردازش فرآیند، بتوان فرآیندها را ناظر به آنها بررسـی کرد. برای این امر هم بایستی معناشناسی رسمیِ مـورد اسـتفاده، قـادر بـه توصیف و مدلسازی معانی موجود در مقـررات و قـوانین باشـد. البتـه، ایـن معناشناسی بایستی امکان بررسی تطابق فرآیندها با قوانین و مقـررات را از طریق امکان بیان معانی هر دو سمت[۲] و بیان ارتباطات معنایی آن‌ها داشته باشد.

علاوه بر معناشناسی رسمی، نهاده‌هایی دیگری هم لازم اسـت تـا قـادر بـه ایجاد سیستم‌های پردازش فرآیند باشیم. به صورت کلـی، بـرای ایجـاد هـر سیستم محاسباتی که تنها اندکی هم پیچیده باشد، به یک معمـاری –کـه اجزای اصلی و مولفه‌هـای مهـم را مشـخص نمایـد- نیازمنـدیم. همچنـین استفاده از فرآیند ایجاد[۳] در ساخت سیستم‌های محاسباتی، سـبب کـاهش پیچیدگی‌های پروژه، صرفه‌جویی در زمان و هزینه، کیفیت بـالاتر سیسـتم ایجاد شده و دیگر موارد قوت می شود.

برای ایجاد هر سیستمی، پیمودن مسیر ایجاد (از خواسته‌ها تا تحقق نهایی سیستم) نوعی معماست که راه حل این معما را در قالب فرآیند ایجاد، بسته بندی می‌نمایند و مورد بازبهره‌بری قرار می دهنـد. از ایـن رو ارائـه فرآینـد ایجاد، نوعی ارائه راه حل (در حوزه فناوری اطلاعات) محسوب می شود.

البته هم معماری و همفرآیند ایجاد، نبایستی به صورت عـام ارائـه شـوند و بایستی متناسب و مخصوص سیستمی باشند که قصـد ایجـاد آن را داریـم. خاص منظوره بودن معماری و فرآیند ایجاد، سبب کارایی بهتر آنهاست.

۱-۱- اهمیت و پیشینه بررسی تمکین برای فرآیندهای تجاری

هر سازمان یا سیستم، بایسـتی نسـبت بـه رعایـت قـوانین، اسـتانداردها و الزامات قلمروی فعالیت خود متعهد باشد. لزوم تمکین به قوانین و مقررات، شامل هر سازماندهی(اعم از فرد، تیم، ارگان، دپارتمان، سازمان و سـازمان گسترده) و در افقی کلی تر، هر سیستمی خصوصاً سیسـتم هـای تجـاری، اجتماعی، محتوایی، نرم‌افزاری و غیره می گردد.

در سازمان‌ها برای تامین این مهم و البته تضـمین آن، یـک فرآینـد جـاری لازم است که به آن، مدیریت تمکین گفته می شود . مـدیریت تمکـین بـه سازمان امکان تامین تمکـین بـه قـوانین، اسـتانداردها و الزامـات قلمـروی فعالیت را می دهد . پیش‌نیاز مهم این امر، بررسی تمکین برای فرآیندهای تجاری است[5]،[6]،[7]،[2]. با خودکارشدن بخش‌های مهمی از مـدیریت فرآینـدها در سـازمان‌هـای تجـاری، بررسـی تمکـین هـم پیمـودن راه خودکارسازی و هوشمندسازی را آغاز نموده است.

مثلا در سیستم های مدیریت فرآیند و مدیریت فرآیند تجاری مساله تامین تمکین بـه قـوانین، اسـتانداردها و الزامـات، بسـیار مهـم و کلیـدی اسـت. موتورهای قوانین[۴] و موتورهای تمکین[۵] یکی از مولفه‌های مهم هر سیسـتم مدیریت فرآیند تجاری امروزین است.

هر روز بر حجم و پیچیدگی مجموعه مقررات و قـوانینی کـه سـازمان‌هـا و بنگاه‌های تجاری بایستی آنها را رعایت کنند افزوده می شود [2]. همچنین با پیچیده‌تر شدن دامنه‌های فعالیت، پیچیده‌شدن محصـولات و خـدمات و رقابتی‌تر شدن بازارها، سازمان‌های تجـاری مجبـور هسـتند بـر پیچیـدگی فرآیندهای خود بیافزایند که این امر، مدیریت فرآیندها را دشوار و دشوارتر می‌نماید. از این رو قوانین و مقررات داخلی سازمان‌ها و بنگاه‌هـای تجـاری، برای تامین کیفیت (و تامین دیگر دغدغه‌ها) پیچیده و پیچیده‌تر می شـود. از این رو بررسی تمکین فرآیندهای تجاری سازمان‌ها به این مقررات داخلی –علاوه بر قوانین و مقررات خارج از سازمان‌ها- یک دغدغه مهم بـه شـمار می رود.

در مجموع می‌توان بیان نمود که هم تمکین به مقـررات داخـل سـازمانی و هم مقررات و قوانینی که توسط دولت‌هـا، سـازمان‌هـای تنظـیم مقـررات و بدنه‌های استانداردگذاری از بیرون از سازمان وضع می‌شوند، از دغدغه‌هـای مهم سازمان‌ها و بنگاه‌های تجاری امروزین است. از این رو مدیریت تمکین و تکنولوژی‌های مرتبط با آن، یکی از مولفه‌های مهـم E-Governance و E-Organizations به شمار می رود.

در سال های اخیر با فراگیر شدن سرویس گرایی در سیستم های تجـاری، همین دغدغه برای سرویس ها و سیستم های سرویس‌گرای تجاری نیز مهم و فراگیر شده است. یک مثال آن پروژه پژوهشی اروپایی COMPAS است که برای دست‌یابی به تمکین‌رانگی در حوزه سرویس‌گرایی تعریف شد [7] و مورد حمایت مالی شورای اروپا قرار گرفت و به انجام رسید.

وب معنایی، یکی دیگر از حوزه‌های مرتبط با بررسی و حـل تمکـین اسـت. برقراری ارتباط معنایی میان سامانه‌های مبتنی بر فرآیند تنها زمانی ممکن است که بتوان به بررسی و حل تمکین فرآیندها بـه مجموعـه‌ای از معـانی پرداخت. مثلا می‌توان به بررسی تمکین فرآیندهای بانکی به معانی موجـود در دستورالعمل‌های صادره از بانک‌هـای مرکـزی و سـازمان‌هـای تضـمین

www.SID.ir

Archive of SID

مقررات بانکی اشاره کرد [7]. یکی از لایه‌های مهم (و در حال توسعه و ایجاد) وب معنایی، لایه Trust است که تکنولوژی‌های بررسی تمکین، یکی از زیرفناوری‌های دخیل در این حوزه به شمار می رود.

هوشمندسازی نمی‌تواند بی‌توجه به فرآیندها باشد. بسیاری از سیستم‌های هوشمند بایستی با مفاهیم فرآیندی مواجه باشند (مثلا سیستم‌های هوشمند پشتیبانی از فرآیند درمان و بهبودی در E-Health). از این رو امکان پردازش فرآیندها، آن هم در سطح معنایی، برای هوشمندسازی در بسیاری از زمینه‌ها الزامی است. بررسی تمکین اجازه می‌دهد تا به صورت محاسباتی، به ارزیابی معنایی فرآیندها پرداخته شود و از این رهگذر، برای هوشمندسازی در بسیاری از حوزه‌ها (مانند E-Health) مورد نیاز است.

۲- چارچوب پیشنهادی

در این مقاله، یک چارچوب برای ایجاد سیستم‌های هوشمند حل تمکین ارائه می شود که شامل سه نهاده مهم برای ایجاد چنین سیستم‌هایی است: معناشناسی رسمی، معماری و فرآیند ایجاد. بدین ترتیب ابزار مدلسازی (یعنی معناشناسی رسمی)، قالب ایجاد (یعنی معماری) و راه حل ایجاد (یعنی فرآیند ایجاد) برای چنین سیستم‌هایی در اختیار خواهد بود. از این رو انتظار می رود که به کاربستن این چارچوب، تا حد مطلوبی سبب تسهیل ایجاد سیستم‌های هوشمند حل تمکین گردد.

۲-۱- معناشناسی رسمی پیشنهادی: منطق معانی

معناشناسی رسمی پیشنهادی، یک منطق است. این منطق، که آن را منطق معانی می نامیم، تفسیری خاص از شهودگرایی را مبنای خود قرار داده است. از این رو، در خانواده منطق‌های شهودگرا قرار می‌گیرد. در ادامه مقدمه‌ای پیرامون معنا در منطق و منطق‌های شهودگرا طرح می شود و سپس معناشناسی موجود در منطق پیشنهادی –یعنی منطق معانی- ارائه می گردد.

۲-۱-۱- معنا در منطق و منطق‌های شهودگرا

هر منطق را فرمول‌های خوش‌ساخت[۶] و معانی[۷] این فرمول‌ها (دلالت[۸] این الفاظ[۹]) می‌سازد. از این رو متامدل شکل ۲ را برای منطق (به صورت نوعی و کلی) می‌توان در نظر گرفت [8].

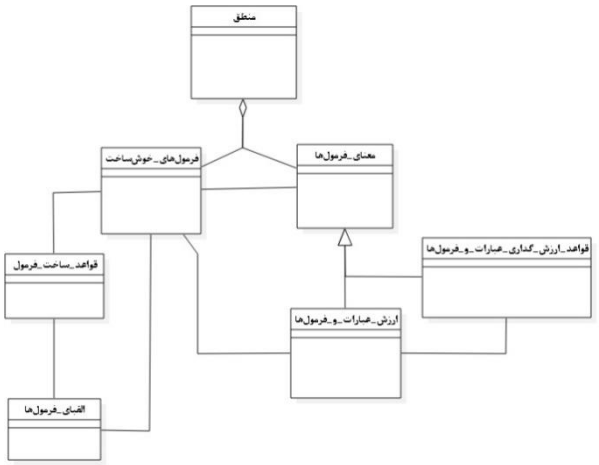
در این متامدل مشاهده می‌کنیم که منطق از دو جزء "فرمول‌های خوش‌ساخت" و " معنای فرمول‌ها" تشکیل شده است که به ترتیب نماینده اجزای Syntax و Semantic هستند.

دو مصداق مهم از معنای فرمول‌ها، "ارزش عبارات و فرمول‌ها" و "قواعد ارزش‌گذاری" آنهاست[۱]. از سوی دیگر و برای فرمول‌های خوش‌ساخت، از قواعد ساخت فرمول استفاده می‌شود. این قواعد بر روی مجموعه‌ای از نشانه‌ها که "الفبای فرمول‌ها" نامیده می‌شود تعریف شده است. تعریف یک منطق، در بسیاری از موارد، با ارائه و تعریف اجزای نموده شده در شکل ۲، انجام می‌پذیرد.

از منظری دیگر ولی مشابه، برای تعریف منطق بایستی الفاظ، مقادیر، رابطه بین الفاظ با مقادیر (= مقداریابی)، رابطه بین مقادیر با مقادیر و رابطه بین الفاظ با الفاظ (= برای برهان و استنتاج صوری) تعریف شود. در این رویکرد به منطق، که به رویکرد منطق‌های شهودگرا نزدیک است، عملا مفهوم "مقدار و مقداریابی" جایگزین "معنا" و "معنایابی" می‌شود.

در منطق‌های ساختیِ شهودگرا، معنا را مقدارها و ترکیب آنها می‌سازد. هر عبارت منطقی معادل یک مقدار است. در منطق کلاسیک، تنها دو مقدار T و F داریم. ولی در منطق‌های شهودگرا، مقدار برابر یک ساختمان از مقادیر است [3]. از این رو بسیاری از منطق‌های شهودگرا، منطق‌هایی "بی‌نهایت مقداری" به شمار می روند [۱][۱۰].

هر مقدار، ساختمانی (Construction) از مقادیر است و این امر به صورت بازگشتی ادامه دارد تا به مقادیر پایه (که شهودهای پایه هستند) می رسیم. از این رو بعضی از منابع، معانی منطق‌های ساختی را با الفاظی مانند "Bottom-Up Constructions"، "Semantic Structures"، "ساختارهای بازگشتی"، Value Lattice و مواردی از این دست توصیف کرده اند.



شکل ۲- یک متامدل برای منطق. (رسم شده با نمادگزاری نمودار کلاس در UML)

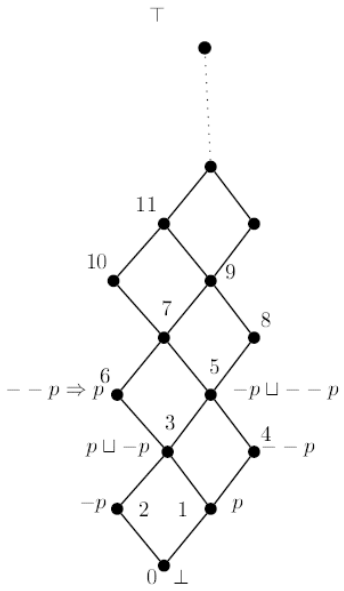
در منابع، معانی مبتنی بر Heyting Algebra، معانی مبتنی بر Kripke Structures و معانی Tarski-like برای منطق‌های شهودگرا برشمرده شده است. در منابع جدید، به نظر می رسد که مدل معنایی متداول برای منطق‌های شهودگرا "Heyting-Kripke-Kolmogorov Semantic" است که از آن با عنوان تفسیر هیتینگ-کریپکه-کولمگرف هم نام برده می‌شود[۱]، [3]،[4]. در منطق‌های شهودگرا، معنا از طریق یک ساختمان از مقادیر ارائه می شود. این ساختمان از مقادیر بر روی مقادیر پایه (شهودهای پایه) و به کمک "قواعد ترکیب مقادیر" ساخته می‌شوند. تناظر مهمی میان قواعد ساخت فرمول (برای الفاظ) و قواعد ترکیب مقدارها (برای معنا) وجود دارد. هر فرمول متناظر با مجموعه‌ای از مقادیر است. دلالت هر فرمول (= معنای هر فرمول)، مقادیر متناظر با آن هستند. این گونه هر فرمول، در عین حال که فرمول است، مجموعه‌ای از مقادیر را فراهم آورده است. از این رو، یک فرمول را می‌توان یک مجموعه از مقادیر به شمار آورد[۱۱].

www.SID.ir

Archive of SID

به بیانی فنی‌تر، در این منطق‌ها نمایش معنا و نمایش مقادیر به کمک ساختارهای سینتکسی (سمبولی) صورت می گیرد. معنای هر لفظ، یک Lattice است که برگ های آن سمبول‌های متناظر با شهودهای پایه هستند و هر گره آن، یک مقدار میانی است و مقدار نهایی، در ریشه ساخته می شود (شکل ۳). همرسی یالها در هر گره، بیانگر یک عملیات بر روی الفاظ است (مثلا اعمال عملگر "و" منطقی). این عملیات هم بر روی ساختمان الفاظ و هم بر روی ساختمان Lattice مقادیر (که معنای الفاظ است) اثر می گذارد.

به صورت خلاصه، می‌توان گفت که در منطق‌های شهودگرا، معنا یک ساختمان از مقادیر است (یک Lattice در رویکردهای کلاسیک و یا یک توپوگرافی در رویکردهای جدیدتر).



شکل ۳- یک Lattice برای مقادیر که در مجموع یک ساختمان از مقادیر را می سازد. این ساختمان از مقادیر را می توان به عنوان معنا به یک لفظ یا عبارت نسبت داد [3].

۲-۱-۲- تعریف معنا در منطق پیشنهادی

در این منطق پیشنهادی، تمایزی میان منطق و مدل معنایی وجود ندارد و الفاظ منطق، همان مقادیر مدل هستند. ساختار سینتکسی منطق همان ساختار سینتکسی معنا (که تعریف کننده مقادیر مدل است) می باشند. در واقع عبارات و فرمول های لفظی منطق، عیناً بیانگر مقادیر مدل هستند. یعنی با یک منطق کاملا شهودگرا و کاملا ساختی روبرو هستیم که در آن، سینتکس همان سمنتیکس است.

به نظر می رسد که این منطق ارائه شده، منطقی "بینهایت مقداری" است. (البته به نظر می رسد که بسیاری از منطق‌های شهودگرا این گونه هستند.) این گونه یک Axiomatic System که به تعریف تراکنش‌ها و دلالتهایی بر روی الفاظ منطق می پردازد، هم بیانگر تبدیلات ماشینی روی سینتکس است و هم بیانگر تبدیلات مقادیر روی Semantic. چون عناصر Syntax عینا همان عناصر Semantic اند.

معنا طبق سنت ساختی و شهودگرا، بایستی یک Syntactic Structure و یک Symbolic Construction باشد. در منطق پیشنهادی، این "ساختار و ساختمان معنایی" همان "ساختار و ساختمان الفاظ" خود منطق است. به جای تعریف دو ساختار نظیر برای "لفظ" و "معنا"، تنها به ارائه‌ی یک ساختار می پردازیم (شکل ۴).

برای تعریف منطق بایستی الفاظ، مقادیر، رابطه بین الفاظ با مقادیر (= مقداریابی)، رابطه بین مقادیر با مقادیر و رابطه بین الفاظ با الفاظ (= برای برهان و استنتاج صوری) تعریف شود. چون این منطق ساختی و شهودی است و چون ساختار صوری همان ساختار معنایی است، از این رو تمامی این موارد با تعریف الفاظ منطق و یک Axiomatic System بر روی آنها، فراهم می آید.

الفاظ در قالب فرمول‌های خوش‌ساخت ارائه می شوند. دلالت میان الفاظ هم در قالب یک Axiomatic System بیان می شود که در عین حال، خوش‌ساختی را نیز تعریف می کند. پس "مقادیر" و "الفاظ" و "عناصر معنایی" یکی هستند (در قالب مجموعه الفاظ منطق). همچنین "قواعد خوش‌ساختی"، "قواعد دلالت میان مقادیر" و "قواعد ارزش‌یابی" هم یکی هستند (در قالب Axiomatic System ارائه شده در منطق).

این منطق، متناسب با این انگاره در منطق های ساختی و شهودی است که "معنا، معادل مقادیر است و مقادیر، ساختمان‌هایی بازگشتی و سمبولی بر روی شهودهای پایه هستند".

در این رویکرد، منطق عبارت است از حقایق مشهود و دلالت میان آن‌ها که در مجموع به صورت الفاظ و دلالت الفاظ در منطق گنجانده می‌شوند.

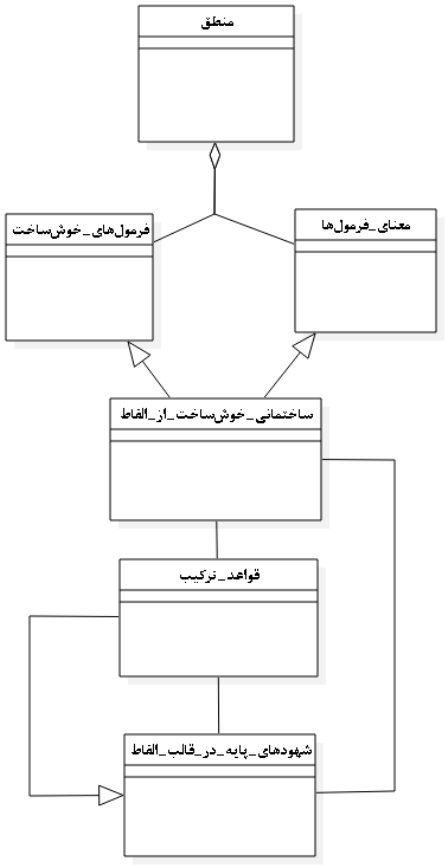
هر حقیقت معنایی مشهود، معادل با یک مقدار (= یک لفظ یا ساختمانی از الفاظ) در این منطق است. از این رو مستقل از این که درباره چه موجهه یا دامنه معنایی در حال صحبت کردن هستیم، منطقی عام برای معانی داریم که می توان معانی را در قالب مقادیر الفاظ با آن بیان نمود. این امر به ما اجازه می دهد تا به ادغام موجهات، مدل‌های معنایی و دانش بپردازیم.

این نحو تعبیر از معنا (شهودگرایانه، مبتنی بر مقادیر و مشابه آن)، علاوه بر منطق‌های شهودگرا و ساختی، در پارادایم های دیگری مانند محاسبات با کلمات (در علم کنترل و سایبرنتیک)، محاسبه با ادراکات (در علم کنترل و سایبرنتیک)، Combinatorial Context Grammars (در زبان شناسی رایانشی و نظریه زبانها) و انواعی از رویکردهای گرامری در برنامه‌نویسی منطقی هم مشاهده می شود. همچنین مشابهتی میان این تلقی از معنا با آنچه در زبان‌های Functional و رویکردهای ساخت برنامه Functional وجود دارد دیده می شود.

به صورت خلاصه، در این رویکرد، منطق عبارت است از مجموعه‌ای از مقادیر و دلالت این مقادیر. مقادیری که حقایق مشهود هستند و الفاظ، برای اشاره به آنها وضع شده اند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- یک متامدل برای منطق پیشنهادی

۲-۱-۲-۱- جمع‌بندی معنا در منطق پیشنهادی

پیشتر بیان شد که یک منطق شهودگرا، به صورت کلی، از طریق ارائه دو ساختمان خوش‌ساخت (اجزای آن و قواعد ساخت آن) تعریف می‌شود (یک ساختمان برای الفاظ و یک ساختمان برای معنا).

در منطق پیشنهادی، این دو ساختمان خوش‌ساخت، یکی هستند. یعنی منطق از طریق ارائه یک ساختمان خوش‌ساخت (که هم نقش تعیین الفاظ و نحوه ترکیب آن‌ها و هم نقش تعیین مقادیر و نحوه‌ی ترکیب آنها را دارد) تعریف می‌شود. زیرا الفاظ، صرفا اسامی برای مقادیر مشهود به حساب می‌روند و الفاظ، معادل با مقادیر و ترکیب الفاظ، معادل با ترکیب مقادیر است. متامدلی برای منطق پیشنهادی در شکل ۴ ارائه شده است.

۲-۱-۳- تعریف منطق پیشنهادی

فرآیندها و معانی پیرامونی آن‌ها در سازمان‌های تجاری، با مجموعه‌ای از موجهات منطقی و مدل‌های معنایی در ارتباط اند. همچنین مقررات و قوانین هم بر روی موجهات و مدل‌های معنایی خودشان قابل تعریف اند. از این رو برای بررسی و حل مساله تمکین فرآیندهای تجاری، بایستی بتوان به نحوی به ادغام موجهات و مدل‌های معنایی پرداخت. پیشتر بیان شد که معناشناسی موجود در منطق معانی –یعنی منطق پیشنهادی- از این امر پشتیبانی می‌نماید.

منظور از ادغام موجهات، دلالتها و ادغام مدل‌های معنایی چیست؟ یعنی بتوان یک منطق ترکیبی ارائه نمود که از آن بتوان برای توصیف و حل مساله تمکین استفاده نمود. این امر با ترکیب موجهات و مدل‌های معنایی ممکن می شود، موجهات و مدل‌های معنایی مانند:

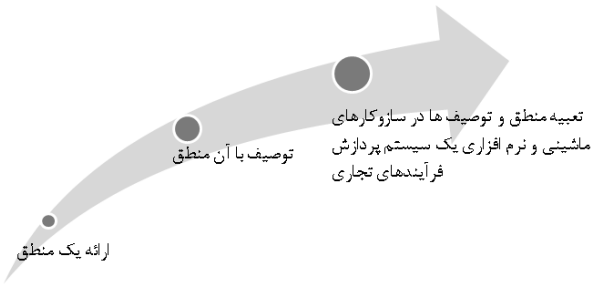
- خواسته‌ها، اختیارات و گزینه‌ها (با عملگرهای ؟ و !)
- هست و نیست و منطق وجودی (با عملگرهای $\wedge$ و $\vee$ و $\neg$)
- مقدار و متغیر، مصداق، مجموعه، عضویت در مجموعه، چندی و تکینگی (با عملگرهای "انتزاع"، "عضویت و شمولیت"، "ارتباط"، "Is-a" و "رابطه کل-جزء")
- ضرورت و امکان (با عملگرهای O و P در منطق تکلیف)
- فرض، حکم و برهان (با عملگرهایی مثل Entailment، $\rightarrow$ و ...)
- اعداد و مقادیر عددی و حسابی
- احتمال

ادغام معنایی و ارتباط حقایق معنایی این موجهات و دامنه‌ها، با هم یک مدل معنایی مرکب از حقایق را می سازد که می توان خود معنای این مدل را با یک منطق معانی بیان نمود.

هر کدام از این موجهات و دامنه‌ها، دارای حقایق مشهودی هستند که بینشان ارتباطات مشهودی نیز وجود دارد. کافی است الفاظ این منطق (که خودشان مولفه‌های مشهود معنایی نیز هستند) را به همراه اصول موضوعه ارتباط میان الفاظ بیان نمود تا هم Syntax و هم Semantic برای منطق پیشنهادی (البته هسته[۱۲] مستقل از دامنه آن) تعریف شده باشد. توضیحات بیشتر پیرامون معناشناسی و نحوه تعریف معنا، قبلا بیان شده است.

یکی از نقاط قوت این معناشناسی و این منطق، در این نکته نهفته است که می‌توان دیگر موجهات و دیگر مدل‌های معنایی را در صورت لزوم به این منطق افزود. این امر از طریق افزودن الفاظ و قوانین دلالت جدید به مجموعه قوانین موجود فراهم می‌شود. در واقع با یک منطق روبرو هستیم که سیستم معنایی آن باز[۱۳] است.

سپس به کمک این منطق، می توان اقدام به توصیف مسائل تمکین نمود و همچنین، منطق و دانش حل تمکین را توصیف نموده و درون یک سیستم پردازش فرآیندها تعبیه نمود. سپس با پیمودن مسیر موجود در شکل ۵، می توان به سطوحی از خودکارسازی و هوشمندی در بررسی و حل مساله‌های تمکین رسید.



شکل ۵- مسیر دستیابی به سطوحی از خودکارسازی و هوشمندی در حل مساله های تمکین

www.SID.ir

Archive of SID

سیستمی که این منطق در آن تعبیه می‌شود، بایستی قادر به دریافت، پردازش و خروجی‌دهی فرآیندهای تجاری باشد. از این رو بایستی این منطق را در درون یک سیستم پردازش فرآیند تعبیه کرد تا به یک سیستم هوشمند بررسی و حل تمکین دست یابیم.

۲-۱-۳-۱- هسته اصول موضوعه

اصول موضوعه (و همچنین فرض‌ها و دانش توصیف شده در هر مساله) به ما کمک می‌کنند تا به دلالت‌یابی بر روی مدل معنایی ترکیبی بپردازیم و از این رهگذر، به حل مساله تمکین بپردازیم. مثلا اصول موضوعه زیر را می توان به عنوان بخشی از "توصیف معنایی برای ادغام موجهات دلالی، وجودی، اختیاری، تکلیفی، احتمالی، عددی، انتزاعی و ترکیبی" در نظر گرفت. (برخی از پرانتزگذاری‌ها خارج از الفاظ منطق است و صرفا برای فهم بهتر به کار برده شده است).

در این اصول موضوعه که هسته این منطق را تشکیل می‌دهند و حقایقی مستقل از دامنه به شمار می‌روند، به ازای حقایق مشهود از الفاظ استفاده شده است. هر کدام از این اصول، به دلیل مشهود بودن، مبنا و اصل قرار گرفته است.

φ ::=
φ → φ
!(φ) | ؟(φ)
| φ ∧ φ | φ ∨ φ | ¬φ
| (φ) | (φ , φ) | φ.φ
|O(φ) | P(φ)
δ | (δ||δ)
| η > η | η = η | η < η | η <= η | η >= η|
|η + η | η * η | η − η | η / η
|(A:Z)*
| (0:9)*
| (0:9)+. (0:9)+
|x (x∈ℤ)
|x (x∈ ℝ)
|x (x∈ an_Intuitive_Set)
|x ∈ an_Intuitive_Set
|x ⊆ an_Intuitive_Set
|x ⊂ an_Intuitive_Set
| an_intuitive_Function(x)
(x∈ domain(an_intuitive_Function)

| (φ (is-a) φ) | φ = φ | (φ (is-part-of) φ)
| φ (is-in-association-with) φ
| φ (is-instance-of) φ

η ::=
(A:Z)*
| (0:9)*
| (0:9)+. (0:9)+
|x
|x
| Pr(δ)

δ ::=
(δ*δ)
| (δ^δ)
|(A:Z)*
|φ

۲-۱-۳-۲- حقایقی مستقل از دامنه: مثال‌های از ادغام موجهات و مدل‌های معنایی

؟(O(A)) ∧ ((B ∨ C) → A) → !(؟(O(B)) ∨ ؟(O(C)))

اگر ضرورت A را خواستار باشیم و اگر B یا C نتیجه بدهد A را، آن گاه این گزینه برایمان مطرح است: ضرورت B را خواستار باشیم یا ضرورت C را خواستار باشیم.

!(X ∨ Y) → !(X) ∨ !(Y)

اگر گزینه ای برایمان مطرح باشد که: "X یا Y وجود دارد." در این صورت حتما یکی از گرینه های روبرو برایمان قابل انتخاب خواهد بود[۱۴]: "X وجود دارد" یا "Y وجود دارد".

!(X) ∧ ؟(X) → X

اگر گزینه‌ای برایمان مطرح باشد که "X وجود دارد" و اگر این گزینه را انتخاب کنیم (یعنی این گزینه را خواستار شویم)، در این صورت "X وجود دارد".

؟(P(A)) → !(؟(O(A)))

اگر خواستار ممکن بودن (ناممکن نبودن) وجود A باشیم، در آن صورت گزینه‌ای وجود دارد که خواستار ضرورت وجود A شویم.

O(Pr(A*B)>alpha) ∧ Pr(A)<= beta ∧ (A || B) →

O(Pr(B) >= alpha/beta)

از ضرورت بیشتر بودن احتمال وقوع ترکیب دو واقعه A و B از مقدار alpha و از برابر بودن مقدار احتمال وقوع A با beta و از استقلال وقایع A و B نتیجه می شود ضرورت بیشتر مساوی بودن مقدار احتمال وقوع واقعه B از مقدار alpha تقسیم بر beta.

O(A) ∧ (B → not(A)) → not(P(B)) ∧ not(!(B))

از ضرورت A و این که B نقیض A را نتیجه می دهد، نتیجه می شود ممکن نبودن B و گزینه نبودن B.

(X → Z) ∧ (Y (is-a) X) → (Y → Z)

از این که X به Z دلالت دارد و این که Y مصداقی از X است نتیجه می‌شود که Y به Z دلالت دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۲- معماری سیستم حل تمکین

معماری هر سیستم عبارت است از عینیت دادن به ویژگی‌های کلان مورد انتظار از آن سیستم در قالب اجزای آن و ارتباطات بین آن اجزا به نحوی که محدودیت‌هایی در نحوه‌ی ارتباط آن اجزاء الزام گردد. معماری کردن یک سیستم، اولین گام طراحی آن است. هرچند همانند طراحی، معماری هم کاری خلاقانه است اما در طول زمان آشکار شده است که برای مسائل تکراری در وضعیت‌های مشابه، الگو گرفتن در تصمیمات اساسی معماری همچون تصمیمات طراحی موجب اثربخشی بیشتر در زمان کمتر می‌شود.

ویژگی‌های اساسی مورد انتظار سیستم حل تمکین را در کل به این شرح است: ۱) دریافت ضوابط، مقررات و پیش‌فرض‌هایی که مورد انتظار است رعایت شوند. ۲) دریافت فرایندهای سازمانی و درصورت لزوم اثراتی که اجرای این فرایندها در سازمان باقی می‌گذارند. ۳) ارائه نتیجه بررسی تمکین فرایندها از مقررات که در موارد ۱ و ۲ گرفته شده بود. به منظور تحقق نیازمندی‌های فوق یک معماری بدیهی آن است که حداقل ۳ مؤلفه دارد؛ اولی برای دریافت ورودی‌ها و دیگری برای ارائه خروجی و مؤلفه سوم جهت حل مسأله تمکین در بین ورودی‌هاست.

با توجه به بخش قبل لازم است که در مؤلفه اول، هر دو ورودی با منطق معانی (پیشنهادی) بیان گردند. گویایی واژگان و جملات زبان منطق معانی در عملکرد این مؤلفه نقش اساسی دارد. از مزایای این زبان توانایی افزودن موجهات جدید در مواجهه با معانی جدید است. البته این مزیت در عمل مخاطره‌ای در محاسبه پذیری عملیات مؤلفه اول ایجاد می‌کند. یکی از راه‌حل‌های برطرف کردن این مخاطره استفاده از ایده‌ای مشابه درستی‌یابی سیستم‌های واکنشی به روش وارسی مدل ترکیبی[۱۵] است. با استفاده از این ایده، ورودی‌ها را به اجزای مستقلی تقسیم می‌شوند و بررسی تمکین بر روی ورودی‌های قابل محاسبه صورت می‌پذیرد. بنابراین در عمل لازم است که کاربر وارد کننده ورودی نسبت به تجزیه کردن ورودی‌ها به اجزای مناسب برای پردازش اقدام کند.

در مؤلفه حل تمکین از آنجا که ورودی ها در قالب جملات منطق معانی درآمده‌اند؛ مسأله بررسی تمکین تبدیل به مسأله اثبات Deductive و یا Inductive شود که از طریق اثبات کننده‌ها حل می‌شود. البته در مسیر اثبات از این نوع، در برخی مواقع لازم است که شخصی خبره مسیر اثبات خودکار را راهنمایی کند. از طرف دیگر اگر بتوان برای منطق معانی یک ساختار Kripke ارائه داد که موجهات آن را پشتیبانی کند، آنگاه می‌توان از مزایای روش‌های الگوریتمی جستجوی فضای حالت در روش وارسی مدل سمبولیک نیز بهره برد.

مولفه ارائه خروجی باید بتواند تاحد امکان در صورت عدم برآورده شدن تمکین، علت ریشه‌ای بروز تخطی را گزارش دهد. توانایی ارائه علت یا علل تخطی به روش بررسی تمکین وابسته است. به طور مثال اگر از روش اثبات منطقی با استفاده از Tableaux استفاده کنیم آنگاه در صورت اثبات نشدن ویژگی، مثال نقض فراهم می‌شود. از طرف دیگر همانطور که در مؤلفه اول بیان ورودی‌ها به زبان منطق معانی بود؛ سطوح مختلف تخطی می‌توانند خود در زبان منطق معانی تعبیه شوند و در این مؤلفه خروجی نیز به همین زبان ارائه گردند.

۲-۳- فرآیند ایجاد برای سیستم‌های هوشمند

فرآیند ایجاد به ما اجازه می‌دهد تا مسیر خواسته‌های یک سیستم تا تحقق نهایی (پیاده‌سازی نهایی) آن را بپیماییم. فرآیندهای نسبتاً عام منظوره بسیاری (مانند فرآیند متدولوژی‌های RUP، Scrum، XP، ASD و ...) برای ایجاد سیستم‌های اطلاعاتی وجود دارد. لیکن، برای کارایی و اثربخشی بهتر، مناسب است که برای هر نوع سیستم (و حتی در صورت ضرورت هر نمونه سیستمی و به اصطلاح هر موقعیت پروژه) یک فرآیند خاص منظوره مورد استفاده قرار بگیرد [9]. از این منظر، می توان فرآیندهای ایجاد سیستم‌های اطلاعاتی را به الگوریتم‌هایی تشبیه کرد که به ما اجازه حل مساله‌ی ایجاد آن سیستم را می دهد. (مسلم است که در حل مساله، الگوریتم‌های خاص منظوره که مخصوص یک مساله مهندسی و ارائه شده اند بسیار بهتر از الگوریتم‌های عام منظوره می‌توانند کارا و اثربخش باشند.)

در این بخش، یک فرآیند ایجاد خاص منظوره برای ایجاد سیستم‌های هوشمندِ بررسی تمکین ارائه می‌گردد. مشخصه و ایده اساسی این فرآیند، پشتیبانی از به خدمت‌گیری منطق معانی است تا قادر باشیم به مدلسازی منطق فرآیندهای تجاری، منطق مقررات و منطق پردازش آن‌ها بپردازیم. سپس با تعبیه این منطق‌های مدل شده درون یک سیستم پردازش فرآیند، اقدام به بررسی هوشمند و خودکار مساله‌ی تمکین نماییم.

فرآیند ایجاد بایستی به ما اجازه دهد درز میان نیازمندی‌ها تا پیاده‌سازی سیستم را برطرف نموده [10] و به آرامی از وضعیتی که صرفا تعدادی قانون، مقررات و شرح‌هایی از فرآیندهای تجاری در اختیار داریم به یک پیاده‌سازی برای یک سیستم هوشمند برسیم که به ما اجازه بررسی خودکار تمکین آن فرآیندهای تجاری به آن مقررات را می دهد.

فرآیند ایجاد، خود یک فرآیند است که توسط افراد ایجادکننده سیستم، عملیاتی می شود و ورودی هایی از جنس نیازمندی‌ها را به خروجی‌هایی از جنس سیستم پیاده شده و محقق شده تبدیل می کند. پس مخاطب گام‌های فرآیند ایجاد، ایجادکنندگان هستند[۱۶].

گام‌های این فرآیند ایجاد به صورت تکراری و نموی[۱۷] انجام می‌پذیرد و بهتر است حداقل دو تکرار[۱۸] در اجرای کلیت روند این گام‌ها داشته باشیم. از این رو به مجموعه این گام‌ها، درشت چرخه[۱۹] می گوییم. هر کدام از گام‌های اصلی شش‌گانه هم به خودی خود میتوانند به صورت تکراری-نموی اجرا شوند. از این رو هرکدام از گام‌های شش‌گانه موجود در فرآیند را یک ریزچرخه[۲۰] می نامیم.

به مرور زمان، در هر بار تکرار درشت‌چرخه، آرام آرام، تاکید و توجه از گام‌های ابتدایی به سمت گام‌های نهایی می رود. از این رو در تکرارهای دشت‌چرخه در ابتدای پروژه، تاکید بر گام‌های نخستین است و در تکرارهای درشت‌چرخه در انتهای پروژه، تاکید بر روی گام‌های نهایی است. این که در هر بار اجرای درشت چرخه، هر کدام از ریزچرخه‌ها چندبار اجرا شوند، تصمیمی است که مدیریت پروژه برای تنظیم روند آن متناسب با

www.SID.ir

Archive of SID

واقعیتهای در جریان پروژه بایستی اتخاذ نماید و یک فاکتور کنترل برای روند پروژه است.

این که ریزچرخه‌های شش‌گانه، به صورت صرفا ترتیبی در درون درشت چرخه اجرا شوند و یا مراتبی از اجرای موازی این ریزچرخه‌ها را شاهد باشیم هم بستگی به مدیریت پروژه و واقعیتهای در جریان پروژه دارد و یک فاکتور کنترل برای روند پروژه است.

در تمام طول اجرای تمامی چرخه‌ها (چه درشت‌چرخه و چه ریزچرخه‌ها)، بایستی فعالیتهای چتری (مدیریت پروژه، مدیریت مخاطرات، مدیریت کیفیت، مدیریت نوآوری، مدیریت پیکربندی، مدیریت معانی پروژه و دیگر فعالیتهای چتری) به صورت عام و چتری اجرا شوند.

۱- آغاز پروژه
   a. تهیه سند چشم‌انداز، برنامه و دیگر زیرساختهای فعالیتهای چتری در حین پروژه
۲- مهندسی خواسته‌ها و مدلسازی دامنه
   a. مهندسی خواسته‌های تمکین
   b. مهندسی دامنه و مدلسازی دامنه برای فرآیندهای تجاری تحت تمکین
   c. مهندسی نیازمندی‌ها برای خواسته‌های مستقل از تمکین پروژه
۳- مهندسی معماری
   a. نهایی سازی معماری سیستم هوشمند تحت تمکین
۴- ساخت نظری سیستم
   a. ساخت منطق تمکین
      i. بیان رسمی مقررات با منطق معانی
      ii. بیان رسمی فرآیند با منطق معانی
      iii. بیان رسمی منطق بررسی تمکین با منطق معانی
      iv. تطبیق معماری با منطق تمکین
   b. تحلیل و طراحی خواسته‌های مستقل از تمکین پروژه
   c. تطبیق معماری با تحلیل و طراحی موارد کاربرد مستقل از تمکین پروژه
   d. آماده سازی معماری قابل اجرا
۵- ساخت پیاده‌سازی سیستم
   a. تعبیه منطق تمکین در معماری قابل اجرا
   b. پیاده‌سازی دیگر نیازمندی‌ها بر روی معماری قابل اجرا
۶- مهندسی انتقال و اتصال سیستم به محیط کاربری آن
   a. برقرارسازی و تنظیم جریان‌های داده ورودی به سیستم
   b. برقرارسازی و تنظیم جریان‌های داده خروجی از سیستم

۳- نتیجه گیری

به کمک منطق معانی می‌توان سیستم‌های هوشمند حل تمکین را ساخت. به این نحو که منطق توصیف سیستم تحت تمکین و منطق حل تمکین به کمک معناشناسی رسمی موجود در منطق معانی بیان می‌شوند و سپس منطق معانی حاصل، در یک بستر پردازشی تعبیه می شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد (مثلا به کمک پارادایم برنامه‌نویسی منطقی –مثلا با prolog- می توان منطق معانی را در سیستم محاسباتی تعبیه نمود و بر اساس آن به حل تمکین پرداخت).

مراجع

[۱] مالینوسکی، گرزگرز، منطق‌های چندارزشی، ترجمه اسلامی، اسفندیار، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۷۶.

[2] Sunkle, Sagar, Deepali Kholkar, and Vinay Kulkarni. "Explanation of Proofs of Regulatory (Non-) Compliance Using Semantic Vocabularies." In *Rule Technologies: Foundations, Tools, and Applications*, pp. 388-403. Springer International Publishing, 2015.

[3] Van Dalen, Dirk. "Intuitionistic logic." In Handbook of philosophical logic, vol. 5, pp. 1-114. Springer Netherlands, 2002.

[4] Schwichtenberg, Helmut, and Stanley S. Wainer. *Proofs and computations*. Cambridge University Press, 2011.

[5] Kerrigan, Shawn, and Kincho H. Law. "Logic-based regulation compliance-assistance." In *Proceedings of the 9th international conference on Artificial intelligence and law*, pp. 126-135. ACM, 2003.

[6] Sadiq, Shazia, and Guido Governatori. "Managing regulatory compliance in business processes." In *Handbook on Business Process Management 2*, pp. 265-288. Springer Berlin Heidelberg, 2015.

[7] Kokash, Natallia, and Farhad Arbab. "Formal behavioral modeling and compliance analysis for service-oriented systems." In *Formal Methods for Components and Objects*, pp. 21-41. Springer Berlin Heidelberg, 2009.

[8] Izadi, Mohammad. "Model checking of component connectors." PhD diss., Doctoral thesis, Leiden University, 2011.

[9] Henderson-Sellers, Brian, and Jolita Ralyté. *Situational Method Engineering*. Springer, 2014.

[10] Jacobson, Ivar. "Object oriented software engineering: a use case driven approach.", ACM Press, 1992.

[11] Shaw, Mary, and David Garlan. *Software architecture: perspectives on an emerging discipline*. Vol. 1. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1996.

[12] Clarke, Edmund M., David E. Long, and Kenneth L. McMillan. "Compositional model checking." In *Logic in Computer Science, 1989. LICS'89, Proceedings., Fourth Annual Symposium on*, pp. 353-362. IEEE, 1989.

[13] Catach, Laurent. "TABLEAUX: A general theorem prover for modal logics." *Journal of automated reasoning* 7, no. 4, pp. 489-510, 1991.

www.SID.ir

Archive of SID

[1] Compliance Awareness By Under-logic Transactions And Resembles (CABUTAR) of values

[۲] سمت مقررات و سمت فرآیندها

[3] Development Process

[4] Rule-Engines

[5] Compliance-Engines

[6] Well-structured

[7] Intentions

[8] Semantic

[9] Terms

[۱۰] به عنوان مثال، با تفسیر یا معناشناسی هیتینگ از منطق شهودگرا، که یک معناشناسی مرسوم برای این منطق است، با بی‌نهایت مقدار روبرو هستیم. این امر را گدل به کمک روش مبتنی بر ماتریس خود اثبات نمود و نشان داد که با ماتریس‌هایی متناهی نمی‌توان به توصیف این منطق پرداخت (رجوع کنید به منبع [۱]).

[۱۱] این امر، یعنی تناظر قائل شدن میان مفهوم فرمول و مجموعه مقادیر، یکی از پایه‌ای ترین بنیان‌های منطق‌های شهودگراست و به نظر بسیاری، ریشه‌ای ترین ایده منطق‌های ساختی به شمار می رود.

[12] Core

[13] Open Semantic System

[۱۴] اما این که کدام یک، با این معلومات معلوم نیست.

[15] Compositional Model Checking

[۱۶] هر چند می‌توان دیگر ذی نفعان پروژه را نیز در فرآیند ایجاد دخیل دانست، لیکن در اینجا یک تعریف ساده از فرآیند را مبنای کار قرار می دهیم.

[17] Iterative Incremental

[18] Iteration

[19] Macro Cycle

[20] Micro Cycle

www.SID.ir