

سنجه‌های معنایی برای سکوی سائیری نوآوری با الهام از زبان‌شناسی کاربردپایه

مهدی فشارکی^{۱*} مهدی امجدی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۷

چکیده

نظریه آرایه‌ای با ارائه تعریف موسعی از زبان، خلاقیت معنادار در هر حوزه عملیاتی را معادل خلق معنای زبانی توصیف می‌کند. در این تعریف، هر مفهوم معناداری در یک حوزه عملیاتی معادل یک کلمه تلقی می‌شود و هر ترکیبی از این کلمه‌ها معادل یک سازه زبانی گرفته می‌شود. چنین تعریفی فضای بسیار وسیعی برای خلاقیت عامل‌های هوشمند فراهم می‌کند. نظریه آرایه‌ای چنین فضایی را به صورت یک سکوی سائیری پشتیبانی از خلق معنا توصیف می‌کند. محدودیت اساسی خلق معنا در سکوی آرایه‌ای اعتبار معنایی ساخت‌وسازهای زبانی است. این مسئله معادل مسئله اعتبارسنجی نوآوری و تضمین اثربخشی در سکوهایی نوآوری رایج است. زبان‌شناسی کاربردپایه در دهه‌های اخیر ایده‌های بدیعی برای محاسبه کمیت‌های معنایی در ساخت‌وسازهای زبان طبیعی ارائه کرده است. محدودیت فعلی بهره‌گیری از چنین محاسباتی در حوزه‌هایی غیر از زبان طبیعی، عدم دسترسی به داده‌های انبوه معنایی است که با تکیه بر یک سکوی سائیری مرتفع می‌شود. در این مطالعه، با ترکیب اصول و ابزارهای اساسی نظریه عمومی سنجه با ایده‌های زبان‌شناسی کاربردپایه و ملاحظات خاص نظریه آرایه‌ای، مجموعه‌ای از سنجه‌های معنایی برای تحلیل خلق معنا در یک عملیات جمعی توسعه داده شده است. برای این کار، ابتدا دسته‌ای از سنجه‌های پایه معنایی/زبانی بر مبنای مفاهیم اساسی زبان‌شناسی کاربردپایه ساخته شده و سپس، این سنجه‌ها برای ساخت سنجه‌های پیچیده‌تر «عاملیت» و «تعامل‌پذیری» با هم ترکیب شده‌اند.

واژگان کلیدی: سکوی نوآوری، نظریه سنجه، نظریه آرایه‌ای، سنجش معنا، عاملیت، تعامل‌پذیری

۱- مقدمه

نظریه آرایه‌ای (فرجیان، فشارکی و فطانت، ۱۳۹۷) با ارائه تعریف موسعی از زبان، هر اقدام معناداری توسط عامل‌های هوشمند را حالتی از ترکیب و آرایش معنای زبانی تلقی می‌کند. بر این اساس، فرایندهای شناختی مرتبط با انجام هر اقدام عملیاتی معادل و مشابه فرایندهای شناختی درگیر در ترکیب سازه‌های زبانی از قبیل جمله‌ها و عبارات‌های زبان طبیعی است. این توصیف از فضای رفتار هوشیارانه عامل‌ها میدان بسیار وسیعی برای تدابیر خلاقانه در هر حوزه معناداری فراهم می‌کند. یک عامل هوشمند، با در اختیار داشتن مجموعه‌ای از کلمات معنادار در یک حوزه، می‌تواند ترکیب‌های بسیار متنوعی از آن‌ها را به عنوان تدبیرهای ویژه هر وضعیت خلق کند. در نظریه آرایه‌ای چنین میدانی با عنوان «سکوی سایبری آرایش معنا» یا «سکوی عملیات آرایه‌ای» (فشارکی، فطانت، امجدی، ۱۳۹۹) مورد اشاره قرار می‌گیرد.

در سال‌های اخیر، سکوه‌های سایبری برای نوآوری در حوزه‌های تخصصی بسیار متنوعی پیشنهاد شده‌اند. نمونه‌های جالب توجهی از این سکوها در (Usharani, et al, 2020, Daiberl, et al, 2019, and Lim, Zheng & Chen, 2020) ارائه شده‌اند. بسیاری از این سکوها حاصل کاربرد موردی فناوری‌های اطلاعاتی در سکوه‌های نوآوری تجربه‌شده در این حوزه‌ها بوده‌اند که لزوماً قابل تعمیم به حوزه‌های دیگری نیستند. تأکید نظریه آرایه‌ای بر خلاقیت مبتنی بر ساخت‌وسازهای زبانی بستر فلسفی و محاسباتی جامعی برای توسعه منسجم سکوه‌های زمینه‌ای در طیف بسیار وسیعی از حوزه‌های تخصصی فراهم می‌آورد. اعتبار راه‌حل‌های نوآورانه شکل گرفته روی این سکوها و تضمین اثربخشی آن‌ها از چالش‌های مهم توسعه سکوه‌های نوآوری از این دست است.

یکی از چالش‌های اساسی توسعه سکوی خلاقیت زبانی آرایه‌ای هم‌سنجش اعتبار معنایی ساخت‌وسازهای آن است. انتخاب کلمه‌های مناسب برای آرایش یک معنا و ارزیابی معنای آرایش شده از آن‌ها در راستای تحقق یک نیت عملیاتی مستلزم انواع مختلفی از سنجش معنا است. در حوزه‌های مختلفی مثل منطق، زبان‌شناسی، نمادشناسی و هوش مصنوعی، روش‌ها، ابزارها و معیارهایی برای ارزیابی سازه‌های معنادار وجود دارند که می‌توان آن‌ها را به سنجه‌های معنا تعبیر کرد. اما درگیری گسترده و عمیق نظریه آرایه‌ای با ارزیابی معنا نیازمند بهره‌گیری از طیف متنوعی از سنجه‌های معنایی موجود و توسعه سنجه‌های پیچیده‌تر معنایی، از جمله سنجه‌هایی برای عاملیت و تعامل‌پذیری است. در سال‌های اخیر، زبان‌شناسی کاربردپایه ایده‌های بسیار بدیعی در مورد پدیداری معنا در ذهن انسان ارائه کرده است که می‌تواند به خوبی برای توسعه سنجه‌های کمی برای یک دستگاه محاسبات

معنایی به کار گرفته شود. شرح جالبی از این نظریه در (Tomasello, 2009) ارائه شده است. در این نوشتار، بر اساس نظریه عمومی سنجه و زبان‌شناسی کاربردپایه، ایده‌هایی برای سنجش معنا در محاسبات آرایه‌ای ارائه می‌شوند. برای این منظور، ابتدا سنجه‌های پایه «معناداری» و «شباهت/قربابت معنایی» معرفی می‌شوند و سپس سنجه‌های پیچیده‌تر «عاملیت» و «تعامل‌پذیری» از ترکیب سنجه‌های ساده‌تر ساخته می‌شوند. در ادامه، ابتدا پایه‌های نظری توسعه سنجه‌های مورد بحث، شامل نظریه آرایه‌ای، نظریه سنجه و زبان‌شناسی کاربردپایه به اختصار ارائه می‌شوند و سپس، روند توسعه این سنجه‌ها به صورت گام به گام تشریح می‌شود.

۲- زمینه

شبکه سنجه‌های معنایی ارائه‌شده در این نوشتار، اساساً برای تأمین بخشی از نیازها و مسئله محاسباتی سکوی عملیات آرایه‌ای (فشارکی، فطانت، امجدی، ۱۳۹۹) توسعه داده شده است. دستگاه آرایه‌ای چارچوبی برای توصیف و طراحی و ارزیابی عملیات جمعی بر اساس کنش‌های شناختی عامل‌های هوشیار و معناگرای حاضر در صحنه عملیات است.

ایده اساسی در دستگاه آرایه‌ای تعبیر زبانی از عملیات جمعی است. در این دستگاه، هر چیز یا هر حالت یا هر کار یا هر کیفیتی در زمینه یک عملیات به کلمه‌های معنادار زبان آن زمینه تعبیر می‌شوند و بر این اساس، هر عمل معنادار یک عامل هوشیار معناگرا هم که اساساً ترکیبی از موجودیت‌ها و عمل‌های دیگر حاضر در صحنه است، به جمله‌سازی در این زبان تعبیر می‌شود.

این تعریف موسع از زبان که علاوه بر زبان طبیعی گفتاری و نوشتاری عامل‌های یک زمینه، شامل تمام چیزهای معنادار دیگر زمینه هم می‌شود، فضای جدیدی برای تحلیل و ارزیابی عملیات و اثربخشی عملیاتی هر یک از عامل‌ها یا هر یک از عمل‌های آن‌ها در عملیات می‌سازد که امکان بهره‌گیری از محاسبات و سنجه‌های زبانی را برای مسئله‌های رایج در طراحی و ارزیابی عملیات فراهم می‌کند. با استفاده از ریاضیات نظریه سنجه (Kadets, 2018)، می‌توان سنجه‌های معنایی متفاوتی را بر اساس تعبیرهای مختلف از معنا، معناداری، عامل، تعامل و عملیات ساخت. به طور خاص، شبکه سنجه‌های ارائه شده در این نوشتار، حاصل اعمال اصول و ابزارهای نظریه سنجه به ایده‌های اساسی زبان‌شناسی کاربردپایه، برای استفاده در دستگاه آرایه‌ای است. در ادامه این بخش، توصیف مختصری از هر یک از این سه زمینه نظری ارائه خواهد شد.

دستگاه آرایه‌ای

تحلیل یک زمینه^۱ عملیاتی در نظریه آرایه‌ای از ایجاد تمایز میان «عاملیت» و «تعامل پذیری» یک زمینه برای تحقق یک قصد بالادستی آغاز می‌شود. این تمایز ریشه در ماهیت دوگانه خلق معنا دارد: معنا و خلق معنا اساساً «ترکیبی»^۲ هستند؛ معنای جدید از ترکیب معنای موجود ساخته می‌شوند. در چنین ترکیبی هم اجزاء سازنده یک معنای ترکیبی و هم مشارکت معنایی میان آن‌ها در نسبت با معنای کلان حاصل از این ترکیب، اصالت و اهمیت دارند. در دیدگاه نظریه آرایه‌ای، تمایز عاملیت و تعامل‌پذیری یک زمینه در راستای تحقق یک نیت بالادستی و ضرب معنایی آن‌ها در راستای همین معنا یک عملیات معنادار جمعی را پدیدار می‌کنند. شکل (۱) نمای کلی این توصیف از تحقق و پدیداری یک عملیات معنادار در این دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): نمای کلی افراز نظریه آرایه‌ای از مفاهیم حاضر در صحنه یک عملیات

اعمال قصد بالادستی به این افراز، دامنه تنوع آن را تا حدود بسیار خوبی محدود می‌کند. هر افراز دلخواهی از عاملیت و تعامل‌پذیری برای تحقق یک نیت خاص مناسب نیست. با این وجود، این افراز انعطاف بسیار زیادی برای تحلیل فعالیت جمعی عامل‌ها برای تحقق یک معنا به دست می‌دهد؛ عامل‌ها و تعاملات آن‌ها تنها محدود به مرزهای معنایی نیت بالادستی هستند. یک نیت را با تنوع بسیار زیادی از عامل‌ها و شبکه تعاملات آن‌ها می‌توان محقق کرد.

علاوه بر این، در این تعریف برای مشخص کردن یک عامل حتی ملزم به تخصیص یک وظیفه به یک موجود هوشمند عینی هم نیستیم؛ هر جمعی از عامل‌های انسانی (از قبیل یک سازمان) یا هر ترکیبی از عامل‌های انسانی و ماشینی (مثل یک سیستم ماشینی به همراه کاربران آن) که بتواند معنای بالادستی مورد قصد را محقق کند، یک عامل معناگرای معتبر است.

علاوه بر این، با توجه به آنکه در این دستگاه همه مفاهیم و معناها بدون توجه به مقیاس زمانی و مکانی و... در یک فضای معنایی و مفهومی واحد قرار دارند، از نظر محاسباتی و پردازشی تفاوتی میان یک فرد یا جمع بزرگی از افراد به عنوان یک عامل عملیاتی وجود ندارد و می‌توان محاسبات

یکسانی را برای سطوح مختلف عمل عامل‌ها استفاده کرد.

تحلیل‌ها و طرح‌ریزی‌های اساسی در نظریه آرایه‌ای بر مبنای همین تمایز انجام می‌شوند و از این جهت نیازمند سنجه‌های متمایزی برای عاملیت، تعامل‌پذیری و ضرب معنایی هستند که در این نوشتار ارائه خواهند شد. ارزیابی کلی و کلان عملیات یا سازمان در دستگاه آرایه‌ای بر اساس ترکیبی‌هایی از این سنجه‌ها قابل انجام خواهد بود.

نظریه سنجه

نظریه (پایه و عمومی) سنجه روش عمومی ساده‌ای برای تعریف سنجه‌های کمی برای کاربرد در (تقریباً) هر حوزه‌ای ارائه می‌کند. انواع مختلفی از الگوهای تعریف و به‌کارگیری سنجه‌ها بر مبنای اصول اساسی این نظریه توسعه داده شده‌اند که تنوع محاسباتی بسیار زیادی به سنجه‌های قابل تعریف در حوزه‌های مختلف کاربردی می‌دهد.

در ساده‌ترین و عمومی‌ترین الگوی ساخت سنجه در این نظریه کمی سازی هر مفهومی باید آن را (یا چیزهایی مرتبط با آن را) به یک مجموعه و اشیاء داخل آن تعبیر و منتسب کرد. با یک تعبیر مناسب از این دست می‌توان هر کمیتی را به اندازه یک مجموعه نسبت داد و از ابزارهای نظریه مجموعه‌ها برای ترکیب یا مقایسه اندازه‌ها بهره گرفت.

زبان‌شناسی کاربردپایه

زبان‌شناسی کاربردپایه (Tomasello, 2009) معنای یک کلمه را معادل مجموعه تمام تجربه‌های زبانی مرتبط با آن کلمه توصیف می‌کند. به عبارت دیگر، معنای یک کلمه در زبان‌شناسی کاربردپایه معادل تمام تجربه‌هایی است که شنیدن (یا خواندن یا دیدن) آن کلمه در ذهن تداعی می‌کند. در واقع، معنای یک کلمه در یک ذهن معناگرا، حاصل برهم‌نهی انبوه تجربه‌های زبانی ذهن از کاربرد آن کلمه است. هر تجربه زبانی، از این جهت، شبکه‌ای از تحریکات حسی و حرکتی در مغز است که با فعال کردن بخشی از شبکه عصبی آن ثبت و به یاد سپرده می‌شود. ترکیب و برهم‌نهی این شبکه‌های تحریک عصبی یک الگوی فعالیت مغزی خاص را بر ساخت می‌کند که مبنای بازبایی معنای کلمه متناظر با آن در یادآوری‌های بعدی است.

نظریه‌ها و فناوری‌های متأثر از زبان‌شناسی کاربردپایه در پردازش زبان طبیعی عموماً در حوزه روش‌های مبتنی بر فضاهای معنایی برداری قرار دارند. یک فضای معنایی برداری مجموعه‌ای از بردارهایی است که هر کدام معادل یک کلمه (یا هر حامل معنای دیگری، از قبیل عبارت‌ها یا جمله‌ها)

هستند. مدل‌های پایه‌ای از این دست وجود دارند که معنای یک کلمه را به مجموعه‌ای از متن‌ها نسبت می‌دهند. یک متن را در چنین مدل‌هایی می‌توان به یک تجربه زبانی تعبیر کرد (Boleda, 2020). در مدل‌های نسبتاً جدیدتر و نسبتاً عملی‌تر، معنای کلمه‌ها به مجموعه‌ای از کلمه‌های دیگری که در کاربردهای زبانی با این کلمه خاص هم‌نشین می‌شوند نسبت داده می‌شود. به این ترتیب، معنای یک کلمه روی معنای مجموعه‌ای از کلمه‌های دیگر توزیع می‌شود. در اغلب این مدل‌ها برای سهولت در اجرای محاسبات معنایی تعدادی از این بردارها که تعدادی از کلمات شاخص یک زمینه بازنمایی می‌کنند، به عنوان پایه فضای برداری انتخاب می‌شوند و باقی بردارهای معنایی بر اساس این بردارهای پایه توصیف می‌شوند.

به این ترتیب، مثلاً اگر برای توصیف یک فضای معنایی صد کلمه شاخص یک زمینه را به عنوان بردارهای پایه این فضا تعیین کرده باشیم، تمام بردارهای معنایی دیگر این فضا شامل صد درایه عددی برای کمی‌سازی ارتباط آن بردار با هر یک از صد بردار معنایی پایه فضا خواهد بود. به طور عام، ارتباط معنایی یک کلمه با کلمه متناظر با یک بردار پایه فضای معنایی با فرکانس (تعداد) هم‌نشینی‌های این دو کلمه در زمینه کمی‌سازی می‌شود. دو تعبیر اساسی برای مشخص کردن این هم‌نشینی‌ها «هم‌نشینی محض^۲» و «هم‌نشینی دپندنسی-پایه^۱» هستند. در تعبیر اول، هم‌نشینی دو کلمه با قرار گرفتن آن‌ها در یک پنجره هم‌نشینی با طول ثابت، مثلاً پنج کلمه، مشخص می‌شود. یعنی اگر کلمه «کتاب» یکی از بردارهای پایه فضای معنایی یک زمینه باشد و کلمه «خواندن»، در پیکره^۳ متنی این زمینه، ده بار با فاصله کمتر از پنج کلمه از کلمه «کتاب» ذکر شده باشد، مقدار درایه متناظر با بردار پایه «کتاب» در بردار معنایی «خواندن» برابر (یا متناسب) با ده خواهد بود. تعبیر معنای کلمه‌ها به بردارهای کمی قابل اندازه‌گیری، امکان استفاده از سنج‌های رایج در ریاضیات فضاهای برداری را در مورد سنجش معنا فراهم می‌کند.

سنجش معنایی در زبان‌شناسی کاربردی پایه اساساً معطوف به سنجش ارتباط معنایی میان دو کلمه معنادار است. در واقع، از آنجا که در این پارادایم معناهای کلمات با تکیه بر معناهای کلمات دیگر توصیف و تعیین می‌شوند، سنجش طبیعی معنای یک کلمه معادل سنجش ارتباط آن با معنای کلمه‌های دیگر است. بسیاری از آزمایش‌های عملی مورد استفاده برای ارزیابی نظریه‌ها و فناوری‌های پردازش زبان طبیعی در این پارادایم هم مبتنی بر پرسش از افراد انسانی در مورد ارتباط معنایی کلمات و مقایسه پاسخ آن‌ها با محاسبات ماشینی معنا استوار هستند.

در فضاهای معنایی برداری، محاسبه شباهت معنایی دو کلمه را به محاسبه شباهت بردارهای نماینده آن‌ها تعبیر می‌کنند و این محاسبه را عموماً به صورت ضرب داخلی دو بردار پیاده می‌کنند.

چنین محاسبه‌ای یک مقدار عددی برای شباهت معنایی دو کلمه به دست می‌دهد. در تعبیر دوم، همنشینی دو کلمه با قرار گرفتن آن‌ها در دو سوی یک دیندندی^۶ معنایی مشخص می‌شود. مثلاً، کلمه‌های «کتاب» و «خواندن» در صورتی همنشین هستند که مثلاً دیندندی «مفعولی» میان آن‌ها برقرار باشد. در این حالت، برای بازنمایی ماهیت معنایی یک کلمه، به جای یک بردار همنشینی محض، می‌توانیم از بردارهای متعدد و متنوع دیندندی-پایه برای قرابت معنایی میان کلمات بهره بگیریم. مثلاً کلمه «خواندن» می‌تواند دو بردار همنشینی معنایی کاملاً متفاوت برای دیندندی‌های فاعلی و مفعولی داشته باشد، چرا که این دو دیندندی این کلمه را با کلمات بسیار متفاوتی همنشین می‌کنند. در این حالت، ارزیابی قرابت معنایی دو کلمه نسبتاً ساده‌تر و ملموس‌تر است، زیرا به جای رابطه مبهم همنشینی محض، به یک دیندندی خاص منتسب می‌شود (به عنوان یک پژوهش شناخته‌شده در مورد معنای دیندندی-پایه به (Padó and Lapata, 2007) مراجعه کنید).

به این ترتیب، سنجش معنای یک نماد یا یک گزاره، در واقع، معادل سنجش شباهت یا قرابت یا ارتباط معنایی آن با معنای یک کلمه یا گزاره مرجع است. به عبارت دیگر، یک سنجه معنایی از این دست، ترکیبی از یک معنای مرجع با یک معیار ارزیابی است. با چنین سنجه‌هایی می‌توان به سؤالاتی از این قبیل پاسخ داد:

• شباهت معنایی کلی کلمه «کتاب» با کلمه «روزنامه» چقدر است؟

• ارتباط معنایی «مفعولی» کلمه «کتاب» با کلمه «خواندن» چقدر است؟

چنین پرسش‌هایی در ساختن ابزارهای ماشینی برای اجرای کارهایی از قبیل تولید خودکار تعریف برای کلمه‌ها یا ترجمه ماشینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بحث از سنجه‌های شباهت و قرابت معنایی در پردازش زبان طبیعی و ابعاد و آثار نظری و عملی آن، حوزه پژوهشی فعالی را شکل داده است.

۳- سنجه‌هایی برای ارزیابی معنایی عملیات آرایه‌ای

دستگاه محاسبات آرایه‌ای برای اجرای طیف سنجش‌های معنایی مورد نیاز خود در جایگاه‌های محاسباتی مناسب، نیازمند شبکه‌ای از سنجه‌های مرتبط با هم است که ارتباط اجزاء آن با هم و جایگاه اجرای هر کدام در شبکه محاسبات معنایی آرایه مشخص و دقیق باشد.

برای دستیابی به شبکه به هم پیوسته سنجه‌ها و به عنوان اولین تلاش برای توسعه یک نظام سنجش معنایی آرایه‌ای، سنجه‌های مورد نیاز آرایه را در دو سطح «سنجه‌های پایه معنایی» و «سنجه‌های عملیات آرایه‌ای» توصیف می‌کنیم. سنجه‌های پایه معنایی مستقیماً از کاربرد نظریه

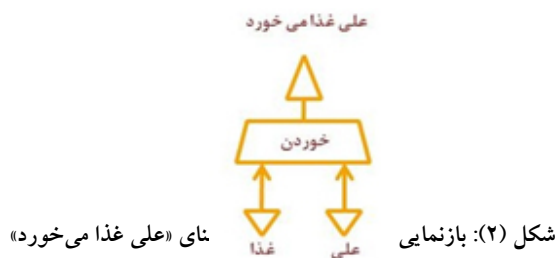
سنجه در مورد زبان‌شناسی کاربرد پایه به دست می‌آیند. سپس، سنجه‌های عملیات آرایه‌ای از ترکیب سنجه‌های پایه معنایی بر اساس مقتضیات محاسبات آرایه ساخته می‌شوند.

علاوه بر این، برای توزیع سنجه‌های معنایی در محاسبات معنایی آرایه‌ای دخیل در خلق یک عملیات معنادار، این سنجه‌ها را به یک حساب معنایی آرایه‌ای متکی می‌کنیم که خلق معنای مورد قصد از یک عملیات را به صورت شبکه‌ای از محاسبات شناختی عامل‌ها در صحنه عملیات بازنمایی می‌کند.

بازنمایی شبکه مشارکت‌های معنایی در آنتولوژی زبانی


برای بازنمایی زمینه، سازمان، عملیات و اجرای محاسبات معنایی مربوط به آن‌ها در دستگاه آرایه‌ای، از یک حساب معنایی گرافیکی بهره می‌گیریم. این حساب در سال‌های اخیر برای توصیف ترکیب‌های معنایی در زبان طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است (توصیف مفصل این حساب گرافیکی را در (Heunen, et al., 2013) ببینید. کاربردی از این حساب در حوزه فرماندهی و کنترل هم در (امجدی، مجیدی، ۱۳۹۹) ارائه شده است).

مزیت جالب توجه این حساب در مطابقت آن با فرایندها و عمل‌های شناختی ذهن انسان در جریان ترکیب معناها است. یک شبکه ترکیبی از نمادهای تصویری این حساب می‌تواند یک فرایند ترکیب معنایی کامل را بازنمایی کند که در آن، چند کلمه معنادار در ترکیب با هم یک معنای جدید می‌سازند و در زمینه درج می‌کنند. مثلاً ساخته شدن معنای جمله «علی غذا می‌خورد» را می‌توان با شبکه ترکیب معنایی شکل (۲)، در حساب گرافیکی آرایه‌ای، نمایش داد.

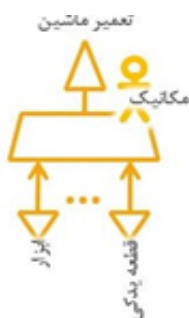


در حساب گرافیکی (Heunen, et al., 2013)

در این حساب، نماد \blacktriangle بیانگر عمل ادای یک کلمه یا نماد معنادار یا درج آن در یک زمینه توسط یک عامل است و معادل یک نگاشت ریاضی از فضای نمادهای معنادار به فضای مفاهیم ذهن عامل است. به همین ترتیب، نماد \blacktriangledown بیانگر عمل خواندن یا دریافت یک کلمه یا نماد معنادار از زمینه است و معادل نگاشتی از فضای مفاهیم ذهنی عامل به فضای نمادهای معنادار است. خط‌های جهت‌دار ورودی و خروجی در این نمادها معنای متناظر با این نمادها در ذهن عامل را نشان می‌دهند. فرایند

ترکیب چند معنا در ذهن عامل با نماد  بازنمایی می‌شود که نشان‌دهنده ورود چند معنا به ذهن و خروج یک ترکیبی آن‌ها از ذهن هستند. این نماد معادل نگاشتی از ترکیب فضاهای مفهومی ذهن عامل به یک فضای مفهومی در ذهن همین عامل است. شکل ۶ تعبیر ریاضی دقیق‌تر هر یک از این نمادها را نشان می‌دهد.

به همین ترتیب، و بر اساس تعریف موسع نظریه آرایه‌ای از زبان، ترکیب‌های معنایی خارج از زبان طبیعی گفتاری و نوشتاری را هم می‌توان با همین شکل بازنمایی کرد. مثلاً یک نمونه فعالیت یک تعمیرکار خودرو را که شامل تعویض یک قطعه معیوب در یک خودرو است، می‌توان با نموداری مثل شکل (۳) بازنمایی کرد. این شکل نشان می‌دهد که یک مکانیک خودرو، به عنوان یک عامل شناختی معناگرا، برای محقق کردن معنای «تعویض قطعه»، معناهای «خودروی معیوب»، «قطعه یدکی» و «ابزار» را از زمینه دریافت می‌کند و با ترتیب خاصی با هم ترکیب می‌کند.



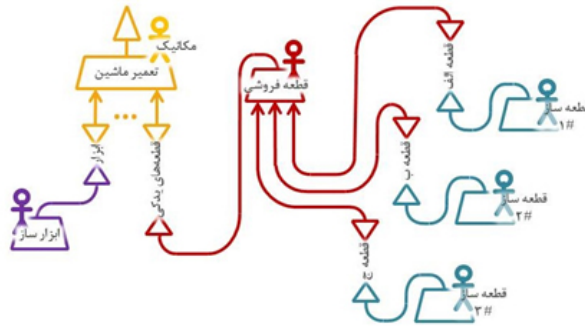
شکل (۳): بازنمایی نمادین ساخته شدن معنای «تعمیر ماشین» توسط عامل معناگرای «مکانیک»

به همین صورت می‌توان مشارکت معنایی عامل‌های دیگر حاضر در این زمینه را هم در تحقق این معنای خاص بازنمایی کرد. شکل (۴) نشان می‌دهد که در این زمینه، عامل‌های «قطعه‌ساز» و «ابزارساز» هم می‌توانند با درج کلمه‌های معنادار «قطعه یدکی» و «ابزار» در زمینه، در آرایش معنای «تعویض قطعه» شرکت کنند.



شکل (۴): مشارکت عامل‌های «قطعه‌ساز» و «ابزارساز» در فعالیت معنایی عامل «مکانیک»

به همین ترتیب، می‌توان تعداد و تنوع بیشتری از این آرایش‌ها و مشارکت‌های معنایی را هم برای یک زمینه بازنمایی کرد (شکل (۵)). چنین شبکه‌ای ساختار اثرگذاری عامل‌ها در زمینه را بر اساس آرایش معنا‌های جدید از ترکیب معنا‌های موجود بازنمایی می‌کند.



شکل (۵): شبکه مشارکت عامل‌های مختلف در ساخته شدن معنای «تعمیر ماشین»

بر اساس این شبکه، مثلاً، می‌توان نحوه جاری شدن معنا‌های ساده از گذر فعالیت‌های شناختی عامل‌های معناگرا و مشارکت‌های آن‌ها برای پدیدار شدن یک معنای خاص را با دقت و جامعیت خوبی مطالعه کرد. فعالیت‌های شناختی و پردازش‌های معنایی عامل‌های حاضر در یک شبکه آرایش معنا متضمن ارزیابی‌ها و سنجش‌های معنایی متفاوتی است (از جمله سنجش معنایی ورودی‌ها و خروجی‌های یک فرایند آرایش معنا) که در ادامه به آن‌ها خواهیم پرداخت.

سنجش‌های پایه معنایی

تعبیر زبان‌شناسی کاربرد پایه از معنای یک نماد به مجموعه خاطره‌های حسی ثبت‌شده از آن در یک ذهن معناگرا، می‌تواند مبنای تعریف سنجش‌هایی روی اندازه این مجموعه قرار بگیرد. در اینجا، این دسته از سنجش‌ها را با عنوان کلی سنجش‌های «معناداری» مشخص می‌کنیم. این سنجش‌ها، به طور کلی حسی از اعتبار و وزن معنایی یک نماد در ذهن یک عامل معناگرا خواهند داد.

بر اساس همین تعبیر، می‌توان سنجش‌های مربوط به ارتباط معنایی دو یا چند نماد را هم به صورت ارزیابی‌هایی از بزرگی ارتباط دو مجموعه تجربه‌های معنایی منتسب به آن‌ها تعریف کرد. سنجش‌هایی مثل شباهت و قرابت معنایی که در پردازش زبان طبیعی در کامپیوتر رایج هستند، در این دسته قرار می‌گیرند (برای توصیف این سنجش‌ها می‌توانید به (Aouicha, et al., 2018) مراجعه کنید، برای فهرست جامع مختصری از سنجش‌های شباهت معنایی رایج می‌توانید به (Gupta, et al., 2017) مراجعه کنید و برای توصیف جامعی از سنجش‌های قرابت معنایی رایج به (Taieb, et al., 2020) مراجعه کنید).

معناداری

این سنجه چیزی است که می‌تواند تفاوت معنایی اساسی میان یک کلمه شناخته‌شده و جافتاده در یک زبان را با یک کلمه تازه‌وارد یا یک کلمه ساختگی بسنجد؛ این سنجه چیزی است که تفاوت یک کلمه «معنادار» را با یک کلمه «بی‌معنا» مشخص می‌کند.

Write: $Meanings_d \rightarrow Words$

Compose: $Meanings_1 \otimes \dots \otimes Meanings_n \rightarrow Meanings_d$

Read₁: $Words \rightarrow Meanings_1$

Read_n: $Words \rightarrow Meanings_n$



شکل (۶): تعبیرهای ریاضی اجزای یک محاسبه معنایی در حساب گرافیکی (Heunen, et al., 2013)

یک ذهن انسانی را تصور کنید که از یک کلمه خاص، صد تجربه معنایی دارد و از یک کلمه دیگر تنها دو تجربه دارد. ارائه کلمه اول به این ذهن، حجم بزرگی از خاطره‌های حسی-حرکتی را در آن تداعی می‌کند و احتمالاً بخش قابل توجهی از سخت‌افزار عصبی زیرساخت آن را فعال می‌کند. اما ارائه کلمه دوم، تنها بخش کوچکی از این سخت‌افزار را فعال می‌کند و اطلاعات حسی-حرکتی ناچیزی را در رابطه با آن کلمه تداعی می‌کند. اطلاعات حسی-حرکتی پرحجم متناظر با کلمه اول چیزهای زیادی راجع به ارتباط این کلمه با بخش‌های معنادار دیگر جهان روشن می‌کنند اما اطلاعات ناچیز متناظر با کلمه دوم ابهامات و نامعینی‌های زیادی در رابطه ترکیب این نماد با سایر چیزهای جهان باقی می‌گذارند. در چنین حالتی می‌گوییم که کلمه اول در زمینه زندگی این ذهن انسانی، «معنادارتر» از کلمه دوم است.

با چنین تعبیری، در واقع، «معناداری» یک کلمه یا یک گزاره را با حجم، تعداد، شدت و وزن تجربه‌های معنایی متناسب به آن (تجربه‌های معنایی پشتیبانی‌کننده آن) می‌سنجیم. در بیان فضای معنایی برداری مورد استفاده در پردازش زبان طبیعی، مقدار «معناداری» یک کلمه معادل یا متناسب با اندازه زیرفضای معنایی متناظر با آن است. اندازه معناداری این کلمه را می‌توانیم مقداری متناسب با اندازه مجموعه تجربه‌های معنایی/زبانی^۷ مرتبط با آن نشان داد:

$$\text{Meaningfulness}(Sign_i) \propto |E_{Sign_i}| \quad \text{معادله ۱}$$

در این رابطه، $\text{Meaningfulness}(Sign_i)$ معادل معناداری نماد $Sign_i$ است که متناسب با اندازه مجموعه تجربه‌های معنایی شامل این نماد، SE_{Sign_i} است. این تناسب خطی، احتمالاً، ساده‌ترین

سنجه برای چنین کمیتی است. در پیاده‌سازی‌های کامپیوتری پردازش زبان طبیعی، این سنجه را می‌توان معادل تعداد متن‌های مرتبط با یک کلمه گرفت. در یک سکوی سائیری، این مقدار معادل تعداد تجربه‌های عملیاتی ثبت‌شده مرتبط با این کلمه است. در یک سطح تجرید دیگر، همین سنجه را می‌توان به تعداد همنشینی‌های این کلمه با کلمه‌های دیگر تعبیر کرد. با تحلیل‌های دقیق‌تر و پیچیده‌تر از معناداری کلمات و تأثیر تجربه‌های زبانی در این معناداری، شاید بتوان تعبیرهای پیچیده‌تری را هم برای این سنجه به دست آورد.

این سنجه کمینه‌ای معادل «صفر» دارد که مقدار معناداری یک کلمه کاملاً جدید و بی‌سابقه را مشخص می‌کند. احتمالاً، بیشینه‌ای برای این سنجه قابل تصور نیست، چرا که همواره اضافه شدن تجربه‌های معنایی جدید از یک کلمه، معناداری آن را بیشتر می‌کند. اما شاید بتوان با رابطه‌های پیچیده‌تری، سنجه‌هایی با رفتار مناسب‌تر به دست آورد؛ مثلاً، رابطه معادله ۲ می‌تواند مقایسه‌های جالب‌تری میان معناداری دو کلمه ارائه کند: اختلاف مقدار معناداری دو کلمه با مجموعه تجربه‌هایی با اندازه‌های ۱۰۰ و ۱۰۱ با اختلاف معناداری دو کلمه با مجموعه تجربه‌هایی با اندازه‌های ۲ و ۳ بسیار متفاوت است. در تجربه زبانی همه ما هم سرعت تحول معنایی کلمه‌های تازه در تجربه‌های ابتدایی ذهن از کاربرد آن‌ها، بسیار بیشتر از تحول معنای کلمه‌های شناخته‌شده‌تر و جافتاده‌تر است.

$$\text{Meaningfulness}(Sign_i) \propto \log(1 + |E_{Sign_i}|) \quad \text{معادله ۲}$$

همین سنجه را می‌توان در سطح دیگری از محاسبات هم بازتعریف کرد: هر تجربه معنایی (مثل یک متن یا یک تجربه ثبت‌شده عملیاتی) معادل شبکه‌ای از نمادهای معنادار و رابطه‌های دیندسی معنایی میان آن‌ها است. بر این اساس، سنجه‌های تعریف‌شده روی تجربه‌های زبانی را می‌توان با نگاشت شبکه‌های این تجربه‌ها به شبکه‌های دیندسی‌ها به سنجه‌های مبتنی بر دیندسی تبدیل کرد. مثلاً، بر این اساس، سنجه معناداری یک نماد به صورت زیر قابل بازنویسی است:

$$\text{Meaningfulness}(Sign_i) \propto \sum_j \text{Wight}(Dep_j) \quad \text{معادله ۳}$$

که در آن وزن یک دیندسی خاص، $\text{Wight}(Dep_j)$ ، برای یک کلمه معادل تعداد موارد همنشینی آن با کلمات دیگر از طریق این دیندسی است. مثلاً در زبان زمینه صنعت تولید یک محصول خاص می‌توانیم تعداد همنشینی استفاده از یک قطعه خاص در این محصول را معادل وزن دیندسی معنایی میان آن دو بگیریم. به همین ترتیب، تعداد همنشینی استفاده از یک روش خاص برای جایگذاری این قطعه در محصول مورد نظر وزن دیندسی‌های میان این سه کلمه را مشخص می‌کند. مجموع وزن‌های تمام دیندسی‌های یک کلمه تعداد تمام همنشینی‌های آن با کلمات دیگر را نشان می‌دهد و از این جهت سنجه‌ای برای اندازه اطلاعات معنایی ذهن یک عامل از این کلمه

است. این اطلاعات معنایی، در واقع، واقعیت‌هایی در مورد نحوه همنشینی این کلمه با کلمات دیگر بیان می‌کند.

مقدار این سنجه مبتنی بر دپندنسی، در مورد هر کلمه‌ای، بیشتر از مقدار سنجه معناداری مبتنی بر مجموعه تجربه‌های زبانی است، چرا که هر تجربه زبانی شامل تعداد غیر یکنواختی از رابطه‌های همنشینی میان کلمات است. این سنجه پیچیده‌تر از سنجه پیشین است، چرا که بر اساس آن می‌توان معناداری یک کلمه به تفکیک انواع دپندنسی‌ها را هم مشخص کرد:

$$\text{Meaningfulness}_{Dep_j}(\text{Sign}_i) \propto \text{Wight}(\text{Dep}_j) \quad \text{معادله ۴}$$

همانند مورد سنجه مبتنی بر تجربه‌های کامل زبانی، نسخه‌های لگاریتمی سنجه مبتنی بر دپندنسی هم می‌توانند اطلاعات جالبی از معناداری کلمات به دست می‌دهد.

تعبیر معناداری یک نماد به تجربه‌های ذهن یک عامل از این نماد، سنجش و ارزیابی این کمیت را محدود و منحصر به درون ذهن عامل می‌کند. به عبارت دقیق‌تر، هیچ عاملی نمی‌تواند مقدار دقیق معناداری یک نماد برای ذهن یک عامل دیگر را بسنجد. از این جهت، ارزیابی این کمیت در نقاط مختلف شبکه مشارکت معنایی تحقق یک معنا، هر جا که لازم باشد، باید به طور دقیقی میان عامل‌های دخیل در این تحقق توزیع شود. با این حال، در صورت دسترسی به یک سکوی نرم‌افزاری برای پشتیبانی از تعاملات این عامل‌ها، می‌توان از اطلاعات ثبت‌شده این تعاملات به عنوان بستر سنجش حجم تجربه‌های معنایی متناسب به نمادهای معنادار زمینه این سکو، در محدوده تجربه‌های معنایی ثبت‌شده در این سکو، بهره گرفت. این انبوه تجربه‌های ثبت‌شده عملیاتی در چنین سکویی از نظر محاسباتی معادل یک پیکره متنی در مدل‌های پردازش کامپیوتری زبان طبیعی است.

شباهت و قرابت معنایی

سنجه‌های شباهت و قرابت معنایی، در واقع، نسبت معنایی میان دو چیز معنادار یک زبان را می‌سنجد. بر اساس تعبیر معنای یک کلمه به مجموعه تجربه‌های زبانی مرتبط با آن، می‌توان همسانی معناهای دو کلمه را با سنجه‌ای مثل معادله ۵ اندازه گرفت.

$$\text{Semantic Similarity}(\text{Sign}_i, \text{Sign}_j) \propto \frac{|SE_{\text{Sign}_i} \cap SE_{\text{Sign}_j}|}{|SE_{\text{Sign}_i} \cup SE_{\text{Sign}_j}|} \quad \text{معادله ۵}$$

مقدار این سنجه نسبت اندازه اشتراک دو مجموعه تجربه‌های معنایی متناسب به این دو کلمه به اندازه اجتماع آن دو مجموعه است. این سنجه که به طور عام شباهت ژاکارد^۱ بین دو مجموعه نامیده می‌شود، مقداری بین صفر و یک دارد.

در مدل‌های پردازش زبان طبیعی مبتنی بر فضای برداری معنایی که در آن معنای کلمه‌ها به صورت بردارهایی از توزیع وزنی رابطه‌های همنشینی میان کلمات بازنمایی می‌شوند، سنجه شباهت برداری «ضرب داخلی» (فاصله کسینوسی) بسیار رایج‌تر است:

$$\text{SemanticSimilarity}(\text{Sign}_i, \text{Sign}_j) \propto \text{Cosin}(\text{SemVec}(\text{Sign}_i), \text{SemVec}(\text{Sign}_j)) \quad \text{معادله ۶}$$

بازنمایی‌های پیچیده‌تری (مثل ماتریس چگالی، مثلاً چنانکه در (Balkir, et al., 2015)) به کار گرفته شده) هم برای معنای کلمات در زبان‌شناسی کاربردپایه توسعه داده شده‌اند که می‌توانند مبنای تعریف و به‌کارگیری سنجه‌های پیچیده‌تری برای شباهت معنایی باشند.

سنجه شباهت معنایی، به صورتی که در معادله ۶ تعریف شده، تخمین کلانی از ارتباط معنایی دو کلمه به دست می‌دهد، اما این تخمین کلان می‌تواند در موارد بسیاری نتایج محاسباتی نامطلوبی ایجاد کند. بسیاری از کلمه‌ها را می‌توان یافت که در تجربه‌های زبانی نسبتاً یکسانی شرکت کرده باشند، اما حتی از یک نوع دستوری واحد نباشد. مثلاً، در یک زمینه صنعت، کلمه معنادار یک محصول و کلمه یک قطعه به کار رفته در آن محصول مجموعه‌های تجربه‌های (و مجموعه همنشینی‌های) زبانی و معنایی نسبتاً یکسانی دارند، اما معنای بسیار متفاوتی دارند.

در مدل‌های پردازش زبان طبیعی، برای ایجاد تمایزهای معنادار میان سنجه‌های معنای کلماتی از این دست، تلاش‌هایی برای ایجاد و توسعه سنجه‌های پیچیده‌تر انجام شده که دسته مهمی از آن‌ها مربوط به سنجه قرابت معنایی است. این سنجه میزان همنشینی دو کلمه را در زبان یک زمینه در یک دیندنیسی اندازه می‌گیرد. مثلاً، قرابت معنایی یک محصول صنعتی با یک قطعه پرکاربرد آن بیشتر از قرابت آن با قطعه کم‌کاربرد دیگری است.

تعداد همنشینی دو کلمه از طریق یک دیندنیسی خاص را می‌توان سنجه قرابت معنایی آن‌ها تلقی کرد:

$$\text{SemanticRelatedness}_{\text{Dep}_m}^{\text{Sign}_i, \text{Sign}_j} = \text{Count}((\text{Sign}_i) - [\text{Dep}_m] \rightarrow (\text{Sign}_j)) \quad \text{معادله ۷}$$

مزیت جالب این سنجه، امکان توسعه آن به دیندنیسی‌های ترکیبی است که به سنجه‌هایی از قبیل معادله ۸ منجر می‌شود.

در تولید یک محصول صنعتی، با چنین سنجه‌ای، مثلاً می‌توان میزان تناسب معنایی نصب یک

$$\text{SemanticRelatedness}_{Dep_m - Dep_n}^{Sign_i, Sign_j, Sign_k} = \text{Count} \left(\begin{array}{l} (Sign_i) - [Dep_m] \rightarrow \\ (Sign_j) - [Dep_n] \rightarrow (Sign_k) \end{array} \right) \quad \text{معادله ۸}$$

قطعه خاص در این محصول به واسطه یک نوع «پیچ» خاص یا یک روش جوشکاری خاص را سنجید. معادله ۹ چنین مقداری را برای محصول «P» و قطعه «M» و پیچ «B» نشان می‌دهد:

$$\text{SemanticRelatedness}^{P,B,M} = \text{Count} \left((P) - [] \rightarrow (B) - [] \rightarrow (M) \right) \quad \text{معادله ۹}$$

در نمونه جالب توجهی از محاسبات قابل اجرا بر اساس چنین سنجه‌هایی، می‌توان تصور کرد که توانایی کلی محصول «P» برای بهره‌گیری از قطعه «M» را می‌توان به صورت مجموع تمام چنین مقادیری برای تمام روش‌های اتصال ممکن محاسبه کرد:

$$\begin{aligned} \text{SemanticRelatedness}^{P,M} &= \sum_i \text{SemanticRelatedness}^{P,B_i,M} \\ &= \sum_i \text{Count} \left((P) - [] \rightarrow (B_i) - [] \rightarrow (M) \right) \end{aligned} \quad \text{معادله ۱۰}$$

شاید بتوان با تبدیل رابطه $\text{count}()$ به $\text{Log}()$ ، در مورد این سنجه هم به نتیجه بهتری دست یافت:

$$\begin{aligned} \text{SemanticRelatedness}^{P,M} &= \sum_i \log \left(\text{SemanticRelatedness}^{P,B_i,M} \right) \\ &= \sum_i \log \left(\text{Count} \left((P) - [] \rightarrow (B_i) - [] \rightarrow (M) \right) \right) \end{aligned} \quad \text{معادله ۱۱}$$

سنجه‌ها و محاسبات کاربردی دیگری را هم می‌توان بر اساس همین ایده‌های اساسی ساخت.

سنجه‌های معنایی مشارکت جمعی

تعامل عامل‌های معناگرا با تبادل نمادهای معنادار انجام می‌شود. نمادهای معنادار برای یک عامل طیف وسیعی از بسته‌های داده‌ای حسی (در محدوده حسگری یک عامل) را شامل می‌شوند. با استفاده از عملگرهای مجموعه‌ای روی مجموعه‌های تجربه‌های زبانی متناسب به نمادهای معنادار، می‌توان ایده‌هایی برای سنجش معنایی تعامل و عاملیت پرداخت.

عاملیت

یک عامل معادل (اجراکننده) یک ترکیب معنایی در زبان یک زمینه خاص است که مقداری اطلاعات معنایی از زمینه را در قالب چند کلمه معنادار می‌گیرد و از ترکیب آن‌ها یک معنای جدید می‌سازد. اگر عاملیت یک عامل را معادل قابلیت او برای خلق یک معنای مورد قصد تصور کنیم، معناداری محصول پردازش معنایی این عامل و شباهت معنایی آن با معنای مورد قصد می‌تواند سنجه‌هایی برای ارزیابی عاملیت این عامل بسازند.

• سنجه شباهت و قرابت معنایی برای عاملیت:

این سنجه به طور مستقیم شباهت معنایی میان معنای مورد قصد و خروجی کار عامل را می‌سنجد:

$$\text{معادله ۱۲} \quad \text{SemSimilarity}(OutPut, UpperLevelIntention)$$

سنجه معناداری برای عاملیت:

وجه معناداری عاملیت یک عامل را می‌توان (مثلاً) به صورت نسبت اندازه اطلاعات معنایی خلق‌شده توسط یک عامل به اندازه اطلاعات معنایی ورودی پردازش معنایی او تصور کرد:

$$\text{معادله ۱۳} \quad \frac{\text{Meaningfulness}(OutPut)}{\sum_i \text{Meaningfulness}(Input_i) \times \text{Weight}(Dep_i)}$$

که در آن، معناداری ورودی‌های یک عمل معناآرایی به صورت مجموع وزن‌دار معناداری تک‌تک ورودی‌ها محاسبه می‌شود.

این دو سنجه، در واقع، دو بعد متفاوت از عاملیت یک عامل را نشان می‌دهند؛ اولی میزان مطابقت این عاملیت با معنای مورد قصد است و دومی میزان اثربخشی پردازش معنایی ذهن عامل در جهت تحقق این معنا است. هر کدام از این دو سنجه می‌توانند در بخش‌هایی از محاسبات آرایه‌ای مفید باشند. ترکیب این دو سنجه هم می‌تواند سنجه مناسبی برای ارزیابی کلی عاملیت یک عامل برای تحقق معنای مورد قصد باشد:

$$\text{معادله ۱۴} \quad \frac{\text{Agency}_{Intention}^{TheAgent} \times \text{SemSimilarity}(OutPut, Intention) \times \text{Meaningfulness}(OutPut)}{\sum_i \text{Meaningfulness}(Input_i) \times \text{Weight}(Dep_i)}$$

با بسط این رابطه از طریق جایگذاری سنجه‌های مربوط به معناداری و تعامل‌پذیری کلمات در مورد ورودی‌های معناآرایی این عامل (در جمله دوم سمت راست معادله ۱۴) می‌توان (با تسامح) عاملیت

این عامل در راستای تحقق یک معنای خاص و در بستر یک رسانه (زبان) تعاملی خاص را هم بر مبنای همین سنجه اندازه گرفت.

شاید (با تسامح) بتوان گفت که این مقدار معادل نسبت تعامل معنایی عامل با سطح معنایی بالادستی به تعامل معنایی آن با سطح معنایی پایین دست خود در شبکه معناآرایی این زمینه است. در واقع، می توان چنین تصور کرد که عاملیت یک عامل معادل توانایی او برای جمع آوری و تجمیع اطلاعات معنایی مورد نیاز یک پردازش بالادستی از موجودیت های سطح پایین دست یک زمینه است. مثلاً، عاملیت کارخانه تولیدی را می توان معادل نسبت میان میزان بهره گیری عامل دیگر زمینه از تولیدات آن در تحقق معناهای مورد قصد خود (تعداد تجربه های معنایی که این کارخانه در آن ها مشارکت معنایی کرده است) به میزان بهره گیری آن از کلمه های معنادار در ساخت محصول خود (تعداد تجربه های معنایی متناسب به مجموعه ورودی های این کارخانه) تصور کرد.

یا مثلاً، عاملیت یک محصول صنعتی را می توان معادل نسبت تعداد تجربه های معنادار این محصول به تعداد تجربه های معنایی مجموعه اجزاء آن تصور کرد.

در یک تعبیر دیگر از عاملیت، شاید بتوان گفت که میزان عاملیت یک عامل برای خلق یک معنای خاص، متناسب با تعداد جمله هایی است که عامل می تواند برای این معنای خاص بسازد. اما از آنجا که این تعبیر به طور مستقیم به مجموعه تجربه های زبانی موجود در زمینه قابل انتساب نیست، در این نوشتار از آن صرف نظر می کنیم.

تعامل پذیری

اصطلاح «تعامل پذیری»، در بحث از همکاری معنادار عامل ها، می تواند تعابیر مختلفی داشته باشد و به کمیت های نسبتاً متفاوتی در محاسبات معناآرایی جمعی اطلاق شود. البته با این وجود، تمام این تعبیرها وجه های معنایی مشترک بسیاری دارند.

تعامل پذیری نمادهای مبادله شده میان عامل ها

در حساب آرایه ای، تعامل میان دو عامل، اساساً، از طریق یک دیندنی در یک محاسبه معناآرایی خاص اتفاق می افتد. حساب آرایه ای تمام تعاملات متعارف میان عمل های حاضر در یک عملیات را در قالب این دیندنی ها بازتعریف می کند. واسطه تعامل دو عامل یک نماد معنادار در

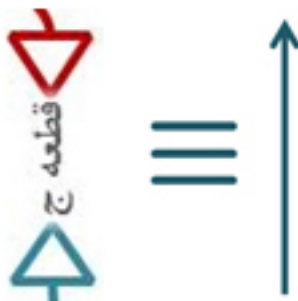
سطح عینیت زمینه عملیاتی آن‌ها است. مثلاً، دو عامل «قطعه ساز» و «ابزار ساز» و «محصول ساز» در زمینه تولید صنعتی، با تبادل کلمه «قطعه» و «ابزار» با هم تعامل می‌کنند. این تبادل کلمه‌ها را در حساب آرایه‌ای، چنانکه در بخش ۳ گفته شد، با نمادهایی مثل شکل (۷) نمایش می‌دهیم.



شکل (۷): انتقال معنا میان دو عامل از طریق تبادل یک نماد معنادار

در حساب گرافیکی آرایه‌ای؛ برگرفته از (Heunen, et al., 2013)

که در آن، نماد \blacktriangledown بیانگر ادای یک کلمه (مثل «هدف») یا درج آن در رسانه تعامل خاص زمینه توسط یک عامل و نماد \blacktriangleup بیانگر خواندن آن کلمه توسط عامل دیگر است. در این شکل، یک عامل مفهوم معناداری که در ذهن خود دارد را به نزدیک‌ترین کلمه حاضر در زمینه تبدیل می‌کند و آن را در رسانه تعاملی زمینه درج می‌کند و عامل دیگر، با خواندن این کلمه، معنای آن را در ذهن خود پدیدار می‌کند. حالت ایده‌آل این تعامل که معادل تعامل‌پذیری کامل میان دو عامل درگیر در آن است، آنجا است که معنای حاضر در ذهن عامل اول که در کلمه مورد مبادله درج شده، با معنای تداعی شده در ذهن عامل دوم یکسان باشد. در این حالت، می‌گوییم که معنای این نماد، میان این دو عامل، کاملاً «بین‌الاذهانی» شده است (شکل (۸)).



شکل (۸): معنای بین‌الاذهانی یک کلمه معادل انتقال کامل معنای آن میان گوینده و شنونده آن است

بر اساس تعریف معنای یک کلمه در زبان‌شناسی کاربردپایه، این حالت معادل آن است که تمام تجربه‌های معنایی این دو عامل از این کلمه خاص مشترک و یکسان باشند. یعنی مجموعه تجربه‌های معنایی عامل اول که به این کلمه خاص نگاشت شده است، با مجموعه تجربه‌های معنایی که از خواندن این کلمه در ذهن عامل دوم تداعی شده یکسان باشد.

$$SE_{Sign\#i}^{Agent\#1} \approx SE_{Sign\#i}^{Agent\#2} \quad \text{معادله ۱۵}$$

این حالت که در مدل‌های پردازش زبان طبیعی که از این حساب گرافیکی استفاده می‌کنند بدیهی تلقی می‌شود، در تعامل واقعی میان عامل‌های یک عملیات واقعی چندان امکان‌پذیر نیست؛ دو مجموعه تجربه‌های معنایی متناسب به یک کلمه در ذهن دو عامل مختلف همیشه اشتراکات و افتراقاتی دارند. می‌توان بر مبنای این اشتراک و افتراق، سنجه‌هایی برای تعامل‌پذیری میان این دو عامل در این زمینه و رسانه خاص تعریف کرد. مثلاً، می‌توان میزان تعامل‌پذیری میان این دو عامل خاص با واسطه این کلمه خاص را معادل شباهت ژاکارد بین دو مجموعه تجربه‌های زبانی این دو عامل از این نماد خاص گرفت:

$$Interoperability_{Sign\#i}^{Agent\#1, Agent\#2} = \frac{|SE_{Sign\#i}^{Agent\#1} \cap SE_{Sign\#i}^{Agent\#2}|}{|SE_{Sign\#i}^{Agent\#1} \cup SE_{Sign\#i}^{Agent\#2}|} \quad \text{معادله ۱۶}$$

البته، به طور شهودی، می‌توان گفت که تعامل‌پذیری متکی به یک کلمه نسبتاً بین‌الذهانی رایج و جاافتاده در یک زبان، حتی با وجود تجربه‌های معنایی غیر مشترک از آن در ذهن عامل‌های مختلف بیشتر از کلمه تازه‌واردی است که همه تجربه‌های کم‌تعداد متناسب به آن میان دو عامل مشترک باشد. به عبارت دیگر، سنجه‌هایی مثل معادله ۱۷ یا معادله ۱۸ که حسی از وزن معنایی کلمه بین‌الذهانی را هم در خود دارند، می‌توانند در بخش‌هایی از محاسبات معنایی مفیدتر و مهم‌تر باشند. اما برای نوشتار حاضر، برای ظرفیت تعامل‌پذیری یک کلمه از نسخه ساده آن (معادله ۱۷) استفاده می‌کنیم و آن را مبنای تعریف ظرفیت تعامل‌پذیری سایر اشیاء زبانی زمینه می‌گیریم.

$$Interoperability_{Sign\#i}^{Agent\#1, Agent\#2} = \frac{|SE_{Sign\#i}^{Agent\#1} \cap SE_{Sign\#i}^{Agent\#2}|}{|SE_{Sign\#i}^{Agent\#1} \cup SE_{Sign\#i}^{Agent\#2}|} \quad \text{معادله ۱۷}$$

$$Interoperability_{Sign\#i}^{Agent\#1, Agent\#2} = \frac{|SE_{Sign\#i}^{Agent\#1} \cap SE_{Sign\#i}^{Agent\#2}|}{|SE_{Sign\#i}^{Agent\#1} \cup SE_{Sign\#i}^{Agent\#2}|} \times \sqrt{SE_{Sign\#i}^{Agent\#1} \times SE_{Sign\#i}^{Agent\#2}} \quad \text{معادله ۱۸}$$

با تعمیم این نسخه ساده (معادله ۱۷) به مجموعه همه نمادهای قابل درج در رسانه ارتباطی این دو عامل، می‌توان سنجه تعامل‌پذیری این دو عامل با واسطه یک رسانه تعاملی خاص برای یک زمینه خاص را هم به صورت مقداری میان صفر و یک توصیف کرد. در این حالت، اگر یک رسانه تعاملی میان دو عامل را، با تسامح، به صورت مجموعه‌ای از نمادهای معنادار قابل تبادل میان این

عامل‌ها تعریف کنیم:

$$Medium_x^{Agent\#1, Agent\#2} = \{Sign_i | SE_{Sign\#i}^{Agent\#1} \neq \{\}, SE_{Sign\#i}^{Agent\#2} \neq \{\}\} \quad \text{معادله ۱۹}$$

مجموعه وضعیت‌های معنادار این رسانه معادل با مجموعه تجربه‌های معنایی ممکن شامل نمادهای این رسانه است:

$$SE_{Medium_x} = \bigcup_i SE_{Sign_i} \quad \text{معادله ۲۰}$$

با تکرار رویه توسعه سنجه ظرفیت تعامل‌پذیری یک نماد در مورد این زبان، مقدار تعامل‌پذیری این دو عامل روی این رسانه، با تسامح، نسبت تعداد تمام وضعیت‌های معنادار قابل انتقال معنایی میان دو عامل را به تعداد تمام وضعیت‌های ممکن در یک زمینه نشان می‌دهد:

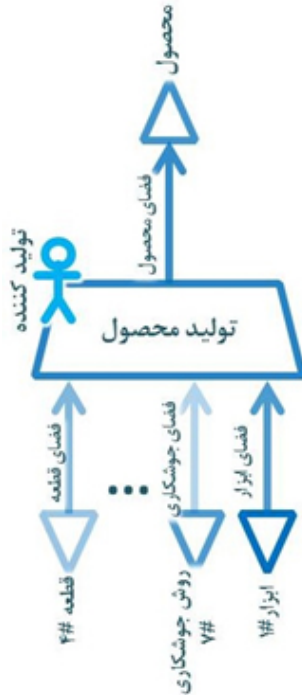
$$Interoperability_{Medium_i}^{Agent\#1, Agent\#2} = \frac{|SE_{Medium_i}^{Agent\#1} \cap SE_{Medium_i}^{Agent\#2}|}{|SE_{Medium_i}^{Agent\#1} \cup SE_{Medium_i}^{Agent\#2}|} \quad \text{معادله ۲۱}$$

با تکیه بر یک تعریف پیچیده‌تر از زبان که مثلاً علاوه بر مجموعه کلمات، شامل انواع ارتباطات میان کلمات هم باشد، می‌توان سنجه‌های پیچیده‌تر و احتمالاً دقیق‌تری هم برای ظرفیت تعامل‌پذیری یک زبان یا یک رسانه تعاملی ساخت.

بر اساس چنین سنجه‌هایی، مثلاً می‌توان در مورد تناسب یک رسانه برای اجرای کار جمعی آرایه‌ای در یک زمینه قضاوت کرد.

تعامل‌پذیری یک عامل با زمینه

یک آرایش معنایی بر اساس طرح‌واره‌ای از مشارکت‌های معنایی تعدادی کلمه در خلق معنای یک کلمه رابطه‌ای پدیدار می‌شود. شکل (۹) نمونه‌ای از چنین طرح‌واره‌ای را برای تولید یک محصول صنعتی نشان می‌دهد.



شکل (۹): طرح‌واره آرایش معنای یک «محصول» در ذهن یک عامل تولیدکننده صنعتی که ترکیب وزن‌دار

دریافت کلمه‌های معنادار از زمینه و درج معنای محصول را بازنمایی می‌کند

بر اساس طرح‌واره‌هایی از این دست، عامل اجراکننده این آرایش معنایی مقادیری اطلاعات معنایی را از عامل‌های دیگر، به صورت ورودی‌هایی از جنس نمادهای معنادار، می‌گیرد و بر اساس این اطلاعات پردازش معنایی خود را اجرا می‌کند.

در این طرح‌واره، معنای «تولید محصول» معادل یک کلمه رابطه‌ای در زمینه تولید صنعتی است. می‌توانیم به هر یک از دپندنسی‌های این کلمه رابطه‌ای با ورودی‌های آن یک «وزن» بین صفر و یک نسبت دهیم (در این شکل این وزن‌ها با تیرگی و روشنی خط‌ها نمایش داده شده‌اند). این وزن متناسب با فرکانس مشارکت این دپندنسی خاص در ترکیب‌های معنایی طرح‌واره مورد نظر باشد و یک توصیف نسبتاً کمی از میزان اثرگذاری مشارکت معنایی یک ورودی در یک کلمه رابطه‌ای به دست بدهد. در واقع، وزن یک دپندنسی می‌تواند نشانگر شدت جریان اطلاعات معنایی از یک ورودی به معناآرایی یک کلمه رابطه‌ای هم باشد. اگر به ورودی‌های مورد نظر هم یک مقدار عددی (بین صفر و یک) به عنوان میزان معناداری نسبت دهیم (که می‌توان آن را به میزان اطلاعات معنایی موجود در آن کلمه تعبیر کرد)، می‌توانیم سنجه‌ای برای میزان اثرگذاری یک کلمه خاص در ترکیب معنایی یک طرح‌واره خاص بسازیم:

$$\begin{aligned} & \text{word\#i} \text{SemanticEffect}^{\text{word\#j}}_{\text{Dependency\#j}} = \\ & \text{SemanticRelatedness}^{\text{word\#i,word\#j}}_{\text{Dependency\#j}} \times \text{معادله ۲۲} \\ & \text{Meaningfulness}(\text{word\#j}) \times \\ & \text{Meaningfulness}(\text{Dependency\#j}) \end{aligned}$$

در این معادله، میزان اثرگذاری معنایی کلمه word\#j در معناآرایی کلمه word\#i به صورت حاصل ضرب قرابت معنایی این دو کلمه به واسطه دیندوسی Dependency\#j در معناگذاری این کلمه و معناگذاری این دیندوسی توصیف شده است.

کلمه رابطه‌ای مورد نظر، با ترکیب اطلاعات معنایی به دست آمده از ورودی‌های خود، اقدام به معناآرایی می‌کند. برای اجرای مناسب محاسبات آرایش معنایی و خلق یک جمله معنادار، باید حجم مناسبی از اطلاعات معنایی از ورودی‌های این کلمه رابطه‌ای، از طریق دیندوسی‌های آن، وارد محاسبات شده باشد.

مثلاً، در مورد کلمه «تولید محصول» در یک زمینه صنعتی، عامل تولیدکننده برای ساختن معنای مناسب محصول، باید تعداد کافی قطعه و ابزار و روش تولید صنعتی در اختیار داشته باشد. تنوع بیشتر این ورودی‌های معنادار و تناسب بهتر آن‌ها با طرح‌واره تولید صنعتی می‌تواند اطلاعات معنایی بیشتری وارد محاسبات کند و به تولید محصول معنادارتری منجر شود.

اما فرض کنیم که یک عامل تولید صنعتی، در یک موقعیت خاص، قطعه یا ابزاری با مطابقت معنایی دقیق در اختیار ندارد. چنین عاملی می‌تواند با تکیه بر قطعه‌ها یا ابزارهای دیگر موجود در زمینه، نقص ورودی‌های معنایی خود را جبران کند و معنای محصول را محقق کند.

قابلیت یک عامل برای دریافت حجم کافی اطلاعات معنایی از ورودی‌های مختلف و از طریق دیندوسی‌های مختلف برای خلق یک جمله معتبر را می‌توان به تعامل پذیری کلی این عامل خاص تعبیر کرد. به عبارت دیگر، مثلاً عامل تولیدی که بتواند با تکیه بر کلمه‌های معنادار متنوع و مختلفی اطلاعات معنایی مورد نیاز خود برای تولید یک محصول را به دست آورد، احتمالاً، از عاملی که چنین قابلیت را ندارد (و مثلاً تنها می‌تواند از قطعه‌ها یا ابزارهای خاص و معدودی استفاده کند) تعامل پذیری بهتری دارد.

طبیعی است که تمام این سنجش‌ها و محاسبات در نسبت با یک معنای مرجع قصد عملیاتی بالادستی (در اینجا، تولید یک محصول) قابل محاسبه و توصیف هستند. این بستگی و تناسب، عمدتاً، در طرح‌واره معناآرایی این عامل برای آرایش معنای قصد مورد نظر متجلی می‌شود؛ به عبارت دیگر، طرح‌واره عامل از نحوه آرایش معنای مورد قصد می‌تواند تنوع دیندوسی‌های عامل به کلمه‌های معنادار موجود در زمینه را مشخص کند. شاید بتوان مجموع وزن دیندوسی‌های طرح‌واره

آرایش معنای مورد قصد در ذهن یک عامل را به عنوان سنجهای برای تعامل پذیری آن در جهت خلق این معنا مورد توجه قرار داد:

$$Intention_x Interoperability_{Medium_x}^{Agent_m} \approx \sum_i Weight(Dep_{Sign_i}^{Agent_m}), \quad Sign_i \in Medium_x \quad \text{معادله ۲۳}$$

مثلاً فرض کنید یک عامل تولید صنعتی قابلیت بهره‌گیری از انواع مختلفی از روش‌های جوشکاری برای اتصال قطعه‌ها را دارد و عامل دیگری قابلیت استفاده از انواع مختلفی از پیچ و مهره را برای همین منظور دارد. عامل اول در زمینه‌ای که ابزارها و قطعه‌های مناسب جوشکاری متنوعی در آن وجود دارند تعامل پذیری بهتری دارد و عامل دوم در زمینه‌ای با پیچ و مهره‌های متنوع تعامل پذیری بهتری دارد. این کمیت، بر خلاف کمیت تعامل پذیری میان دو عامل، می‌تواند مقادیری بیشتر از یک هم داشته باشد. این نکته را، احتمالاً، می‌توان نمودی از این واقعیت دانست که یک عامل (با تجربه)، به طور بالقوه، می‌تواند اطلاعات معنایی بیش از نیاز خود را از طریق طیف دیندنی‌های معنایی خود از زمینه بگیرد؛ یا مثلاً یک ورودی معنایی را از چند دیندنی مختلف بگیرد.

تجمیع عاملیت و تعامل پذیری در سنجه تحقق

اجرای محاسبات یک آرایش معنایی مستلزم مجموعه‌ای از ارزیابی‌های معنایی است. این مجموعه ارزیابی‌ها را می‌توان به سه نوع اساسی ارزیابی معنایی افزود: (یک) ارزیابی اعتبار معنایی فرم ترکیب کلمات با معنای مورد نظر از ترکیب؛ (دو) ارزیابی مطابقت معنایی هر یک از کلمات حاضر در ترکیب با معنای مورد قصد از جایگاه آن‌ها در فرم ترکیب و ارزیابی شباهت معنایی ترکیب کلمات با معنای مرجع مورد قصد از این ترکیب؛ و (سه) ارزیابی معناداری هر یک از کلمات و ترکیب آن‌ها در زمینه مورد قصد.

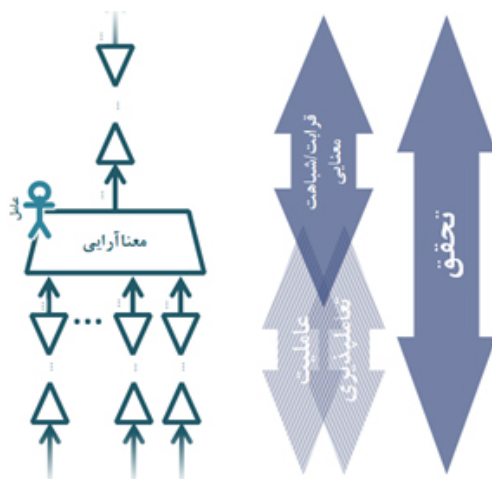
ارزیابی نوع یکم، در واقع، سنجشی است که منجر به پدیداری یک فرم خاص برای ترکیب کلمات برای دستیابی به یک معنای ترکیبی مورد قصد می‌شود. در واقع، این ارزیابی را شاید بتوان به صورت انتخاب فرم مناسب برای ترکیب کلمات برای ساختن یک معنای خاص تصور کرد. از آنجا که آرایش معنا، اساساً بر مبنای یک فرم ترکیب معنایی اجرا می‌شود، این ارزیابی تقدم منطقی و محاسباتی به دو مورد دیگر دارد (و نه لزوماً تقدم زمانی).

مسئله انتخاب فرم ترکیب معنایی برای اجرای یک ترکیب مسئله بسیار مهم و بسیار پیچیده‌ای است که مثلاً در حوزه ترکیب سرویس‌ها به پدیدار شدن دو جریان پژوهشی نسبتاً مجزا بر مبنای

تفکیک دو مفهوم ارکستراسیون^۹ و کوریوگرافی^{۱۰} (Cherrier and Langar, 2018) شده است؛ در مدل‌های ترکیب سرویس مبتنی بر ارکستراسیون، فرم ترکیب سرویس‌ها (گرامر ساخت جملات سرویس‌ها) از پیش مشخص است و مسئله ترکیب سرویس‌ها به یک مسئله انتخاب سرویس‌های مختلف برای جایگاه‌های معنایی مختلف فرم ترکیب فروکاست می‌شود و در مدل‌های مبتنی بر کوریوگرافی، فرم ترکیب سرویس‌ها، اساساً، همزمان با خود ترکیب‌ها پدیدار می‌شود. دشواری مسئله ارزیابی فرم ترکیب باعث شده که حجم و تعداد پژوهش‌های مربوط به کوریوگرافی در مقایسه با حجم پژوهش‌های مربوط به ارکستراسیون عملاً ناچیز باشد.

در زبان طبیعی، فرم ترکیب کلمات در یک جمله، اساساً، در کلمه رابطه‌ای مرکزی جمله که عموماً فعل جمله است، مستتر و درج شده است. فعل یک جمله، از طرفی، معنای کلی حاصل از جمله را در خود دارد و از این جهت، ارزیابی کلان قرابت معنایی کل جمله را با معنای مورد قصد امکان‌پذیر می‌کند و از طرف دیگر، فرم ترکیب کلمات جمله را در طرح‌واره دیندنی‌های خود دارد. به این ترتیب، مسئله ترکیب کلمه‌ها برای ساختن یک معنای مورد قصد به دو فاز اساسی «انتخاب کلمه رابطه‌ای مناسب» و «انتخاب ورودی‌های معنایی مناسب» برای آن قابل تبدیل است. به نظر می‌رسد که این ماهیت دوگانه یک کلمه رابطه‌ای را می‌توان به طرز مناسبی با دوگانه «عاملیت - تعامل‌پذیری» مطابقت داد. به عبارت دیگر، اگر یک عامل معناگرا را متولی اجرای پردازش معنایی متناظر با یک کلمه رابطه‌ای معنادار تصور کنیم، عاملیت او متناظر با معنای کلی این کلمه است و تعامل‌پذیری او متناظر با طرح‌واره دیندنی‌های آن با کلمه‌های دیگر است.

با این تعبیر، فعالیت شناختی اساسی یک عامل معناگرا هم به سه ارزیابی معنایی مورد ذکر قابل افراز خواهد بود؛ یک عامل معناگرا، اولاً، قرابت معنای کلی عملکرد خود را با معنای مورد قصد در یک معناآرایی بالادستی می‌سنجد (و فرم مناسب برای ترکیب کلمات را انتخاب می‌کند)، ثانیاً، قرابت معنایی تک‌تک معناهای پایین‌دستی خود برای خلق ترکیب مورد نظر را می‌سنجد و ثالثاً، معناداری ترکیب این کلمه‌ها را، با توجه به حجم اطلاعات معنایی حاضر در این محاسبه را می‌سنجد. بر این اساس، شاید بتوان میزان «تحقق» (یا «تحقق‌پذیری») یک معنا را به صورت ترکیبی از سنجه‌های معناداری و شباهت معنایی محصول یک پردازش معنایی با نیت بالادستی و عاملیت و تعامل‌پذیری منتسب به این پردازش توصیف کرد (شکل (۱۰)).



شکل (۱۰): ترکیب سنجه‌های عاملیت، تعامل‌پذیری و قرابت/شباهت معنایی در سنجه تحقق

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مجموعه سنجه‌های پیشنهادشده در این مقاله و مثال‌های تحلیل‌شده بر اساس آن‌ها، به طور کلی، نشان می‌دهند که می‌توان با شکل‌ها و کیفیت‌های بسیار متنوعی «معنا» را در یک عملیات سنجید. این قابلیت سنجش معنا، طرح‌ریزی و اجرای عملیات جمعی معنادار در نظریه آرایه‌ای را امکان‌پذیر می‌سازد. ایده‌های پیشنهادشده در این نوشتار، برای سنجش معنا، مبتنی بر نسخه بسیار ساده و ابتدایی نظریه سنجه است که در آن، هر کمیت سنجش‌پذیری را باید به اندازه یک مجموعه تعبیر کرد و محاسبات مربوط به آن را در قالب عملگرهای مجموعه‌ای توصیف کرد. شاید بهره‌گیری از نسخه‌های پیچیده‌تر این نظریه، مثلاً نسخه‌هایی که با نظریه کنگوری همخوانی بهتری داشته باشند، سنجه‌های بهتری برای دستگاه محاسبات معنایی فراهم کند (برای مشاهده توصیفی از چنین نظریه‌هایی (Leinster and Meckes, 2016) را ببینید).

خواص ریاضی سنجه‌های معتبر در مورد تک‌تک سنجه‌های پیشنهادی قابل بررسی و تحقیق هستند، اما با توجه به ماهیت ریاضیاتی بحث‌هایی از این دست، در مقاله حاضر از پرداختن به جزئیات چنین بررسی‌هایی صرف نظر شده تا مجال بیشتری برای پرداختن به ابعاد محاسبات معنایی نوآوری و خلاقیت وجود داشته باشد. در واقع، مقاله حاضر بیشتر متوجه امکان محاسبات سنجش‌پذیر معنایی در حوزه نوآوری است تا دقت ریاضی چنین محاسباتی.

در سنجه‌های پیشنهادشده، معنای کلمه‌های زبان به تجربه‌های یک عامل از کاربرد آن‌ها نسبت داده شده است؛ اما با توجه به اینکه تجربه‌های معنایی ترکیباتی از کلمه‌های معنادار هستند، یک ذهن معناگرا

می‌تواند با اجرای چنین ترکیباتی، وضعیت‌های تجربه نشده‌ای هم در خیال خود پدیدار کند. اساساً، ذهن در مرحله ساختن سوپروپوزیشن یک جمله، همین کار را انجام می‌دهد. چنین وضعیت‌هایی، از نظر محاسباتی و پردازشی، تفاوتی با وضعیت‌های تجربه شده ندارند و از این جهت، احتمالاً می‌توان سنجه‌های گفته‌شده را با وضعیت‌های تجربه نشده هم تعمیم و تسری داد. ممکن است چنین تعمیمی هم برای اقسام خاصی از ارزیابی معنایی مورد نیاز در آرایش معنا مفید و قابل استفاده باشد. توسعه مجموعه سنجه‌های معنایی در این مقاله بر اساس دو نگاهت ریاضی انجام شده است: نگاهت مجموعه‌های تجربه‌های معنایی به سنجه‌های پایه و نگاهت سنجه‌های پایه به سنجه‌های پیچیده‌تر عاملیت و تعامل‌پذیری. تجربه‌های معنایی اساساً متعلق به ذهن عامل‌های انسانی حاضر در صحنه عملیات هستند و از این جهت، سنجه مستقیم آن‌ها، به طور دقیق امکان‌پذیر نیست. اما در صورت در اختیار داشتن سکویی با قابلیت ذخیره و نگهداری و پردازش تجربه‌های عملیاتی، می‌توان بخش‌هایی از مجموعه تجربه‌های معنایی عامل‌ها را به طور تقریبی نگهداری کرد و اندازه آن‌ها را سنجهید. این کار با روش تحلیل و پردازش انبوه متن‌های زبانی (پیکره متنی) که در پردازش زبان طبیعی رایج است مشابهت دارد. یک سکوی سایبری با چنین قابلیت می‌تواند از خلاقیت معنادار در یک زمینه عملیاتی پشتیبانی کند.

سنجه‌های پیشنهاد شده برای عاملیت و تعامل‌پذیری صرفاً مبتنی اندازه خلاقیت و نوآوری معنادار در فضای تجربه‌های زبانی ساخته شده‌اند. این اصطلاح‌ها تعبیرها و تعریف‌های نسبتاً متنوع و متفاوت دیگری هم در حوزه‌های چون هوش مصنوعی دارند که مطابقت دادن آن‌ها با تعبیرهای محاسبات معنایی می‌تواند به توسعه سنجه‌های دقیق‌تر و مناسب‌تری برای این محاسبات منجر شود.

۵- منابع

امجدی، مجیدی، «آنتولوژی مشارکت معنایی برای عملیات شهری»، دوازدهمین کنفرانس ملی فرماندهی و کنترل ایران، ۱۳۹۹.

فرجیان، فشارکی، فطانت، «نظریه دفاع آرایه‌ای و نوآوری اجتماعی شده در مقایسه با شبکه‌محوری و نوآوری شبکه محور (موردکاوی پدافند هوایی)»، فصلنامه فرماندهی و کنترل، بهار ۱۳۹۷
فشارکی، فطانت، امجدی، «مخزن طرحواره‌های شناختی در سکوی عملیات آرایه‌ای»، دوازدهمین کنفرانس ملی فرماندهی و کنترل ایران، ۱۳۹۹.

Aouicha, M. B., et al. (2018). "SISR: System for integrating semantic relatedness and similarity measures." 22(6): 1855-1879.

Balkir, E., et al. (2015). Distributional sentence entailment using density matrices. International Conference on Topics in Theoretical Computer Science, Springer.

Boleda, G. J. A. R. o. L. (2020). "Distributional semantics and linguistic theory."

Cherrier, S., & Langar, R. (2018, October). Services organisation in IoT: mixing Orchestration and Choreography. In 2018 Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS) (pp. 1-4). IEEE.

Daiberl, C. F., Oks, S. J., Roth, A., Möslin, K. M., & Alter, S. (2019). Design principles for establishing a multi-sided open innovation platform: lessons learned from an action research study in the medical technology industry. *Electronic Markets*, 29(4), 711-728.

Gupta, A., et al. (2017). "A survey on semantic similarity measures." 3(12): 243-247.

Heunen, C., et al. (2013). Quantum physics and linguistics: a compositional, diagrammatic discourse, Oxford University Press.

Kadets, V. (2018). *A Course in Functional Analysis and Measure Theory*, Springer.

Leinster, T. and M. W. J. a. p. a. Meckes (2016). "The magnitude of a metric space: from category theory to geometric measure theory."

Lim, K. Y. H., Zheng, P., & Chen, C. H. (2020). A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(6), 1313-1337.

Padó, S. and M. J. C. L. Lapata (2007). "Dependency-based construction of semantic space models." 33(2): 161-199.

Taieb, M. A. H., et al. (2020). "A survey of semantic relatedness evaluation datasets and procedures." 53(6): 4407-4448.

Tomasello, M. (2009). *Constructing a language*. Harvard university press.

Usharani, S., Jayakumar, D., Palani, D. U., Raghuraman, D., Parthiban, R., Saravanan, D., & David, D. D. S. (2020). Industrialized Service Innovation Platform Based On 5g Network And Machine Learning. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(11), 5684-5703.

- 1- Context
- 2- Compositional
- 3- Pure Collocation
- 4- Dependency-based Collocation
- 5- Corpus

۶- Dependency: در حوزه زبان‌شناسی، این اصطلاح معادل وابستگی معنایی میان دو کلمه است. در این نوشتار، به خاطر معنای خاص این کلمه و برای پرهیز از کژتابی، از ترجمه‌ی آن صرف نظر کرده‌ایم.

- 7- Semantic Experience (SE)
- 8- Jaccard similarity coefficient
- 9- Orchestration
- 10- Choreography