

مفاهیم گراف دانش و ارائه روشی برای ایجاد گراف دانش سازمانی¹

علی سرآبادانی^۲، محمد جواد سعیدی زاده^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی تهران

al.sarabadani@mail.sbu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر دانشگاه علم و صنعت تهران

m_saeedizade@comp.iust.ac.ir

خلاصه:

در جهان امروز گراف‌های دانش سازمانی در حال افزایش هستند ما آنها را ابزاری باورنکردنی و ارزشمند برای ارتباط اطلاعات ساختاری و غیر ساختاری و کشف حقایقی درباره سازمان‌ها می‌دانیم. سازمان‌ها هنوز در تلاش هستند تا محتوای ارزشمند خود را پیدا کنند و از همه مهمتر، کشف کنند. برای برداشتن یک گام جلوتر، گراف دانش پیش نیاز دستیابی به برنامه‌های هوشمند و معنایی پنهان است که می‌تواند به سازمان‌ها در کشف حقایق از محتوا، داده‌ها و دانش سازمانی کمک کند، در غیر اینصورت مورد توجه قرار نمی‌گیرد. در این مقاله به اجزای اصلی ساخت گراف دانش پرداختیم و در انتها روشی برای ایجاد یک گراف دانش سازمانی ارائه دادیم.

کلمات کلیدی: گراف دانش سازمانی، هوش مصنوعی، هستی‌شناسی، پایگاه داده گراف دانش

۱- مقدمه:

گراف دانش سازمانی نمایشی از حوزه دانش و مصنوعات^۳ یک سازمان است که توسط انسان و ماشین^۴ درک می‌شود. این مجموعه‌ای از ارجاعات^۵ به دارایی‌های دانش، محتوا و داده‌های سازمان است که از یک مدل داده برای توصیف افراد، مکان‌ها و چیزها و نحوه ارتباط آنها استفاده می‌کند. [1] برخی از نمونه‌های برجسته گراف دانش، Google و LinkedIn هستند. هنگامی که شما در Google "Leonardo da Vinci" را جستجو می‌کنید، موتور جستجو^۶ نه تنها نتایج جستجوی سنتی را ارائه می‌دهد، بلکه از آنجا

¹ Enterprise Knowledge Graph

³ -Artifacts

⁴ - Machine

⁵ - References

⁶ - Search Engine

که می‌فهمد شما در حال جستجو برای فرد خاص Leonardo da Vinci هستید، جعبه اطلاعات یا صفحه دانش را فراهم می‌کند، همراه با نتایج جستجوی سنتی همراه با اطلاعات خاص در مورد فرد منحصر به فرد و همچنین روابط وی با سایر اشیا شناخته شده در گراف مانند آثار هنری، خواهر و برادرها و همچنین توصیه‌هایی در مورد افراد مشابه شکل ۱ این نمونه از Google را نشان می‌دهد. گراف دانش سازمانی بر اساس محتوا، داده‌ها و دارایی‌های اطلاعاتی سازمان است و از یک مدل داده استفاده می‌کند که برای صنعت یا حتی مخصوص سازمان قابل استفاده است. چندین عنصر اصلی وجود دارد که برای تهیه یک گراف دانش جامد^۷ لازم است و گراف شکل ۲ یک نمای کلی از نحوه تغذیه^۸ آنها به یکدیگر برای تولید گراف جامع دانش سازمان را ارائه می‌دهد.



شکل ۱. هنگامی که شما در Google "Leonardo da Vinci" را جستجو می‌کنید

یک نرم افزار هوشمند معنایی هوش مصنوعی^۹، اعم از چت بات، جستجوی شناختی با استفاده از پردازش زبان طبیعی^{۱۰} یا موتور توصیه^{۱۱}، از گراف دانش سازمان شما برای استخراج، ارتباط دادن و ارائه پاسخها، توصیه‌ها و دانش‌ها استفاده می‌کند. با فن آوری های معنایی، اصطلاحات مختلفی مانند هستی شناسی^{۱۲}، فروشگاه سه گانه^{۱۳}، مدل داده‌های معنایی، پایگاه داده گراف و گراف دانش ما حتی به استانداردهایی مانند SKOS، RDF، OWL و... می‌رسیم [2].

7 - Solid Knowledge Graph

8 - Feed

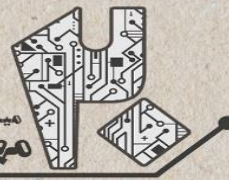
9 - AI

10 - NLP

11 -Recommended engine

12 -Ontology

13 -triple store



۲-۳- محتوا و منابع داده:

هر سازمانی دارای منابع و سیستم‌های مختلف داده ای است که هر کدام در زمینه‌های خاصی مانند مدیریت محتوا و اسناد، پایگاه داده برای داده‌های بسیار ساختار یافته، مدیریت دارایی‌های دیجیتال، منابع انسانی، یادگیری و توسعه، مدیریت مشتری و سایر موارد متمرکز شده اند. چالش این است که دانش سازمانی در بسیاری از سیستم‌های غالباً متناقض و سکونت یافته زندگی می‌کند.

۲-۴- پایگاه داده گراف:

این پایگاه داده به عنوان فروشگاه سه گانه نیز شناخته می‌شود، شامل مجموعه ای جامع از ارجاع به اشیا دانش در سیستم منبع آنها می‌باشد، خصوصیات هر شی از منابع مختلف و روابط بین آن اشیا است.

دستیابی به ادغام داده‌های منابع داده ساختار یافته و غیرساختاری در یک پایگاه داده گراف به خودی خود یک موفقیت چشمگیر است. با این حال، برای استفاده کامل از قدرت پنهان فناوری‌های معنایی و فراهم آوردن محتوا، معنا و روابطی که می‌توانند توسط برنامه‌های معنایی هوش مصنوعی مورد استفاده قرار گیرند، باید مدل داده‌های معنایی یا هستی شناسی را با داده‌های موجود در پایگاه داده گراف ترکیب کنیم. با استفاده از مدل داده‌های معنایی در بالای داده‌های یکپارچه، یک گراف دانش واقعی از نظر معنایی غنی شده^{۱۹} تولید می‌شود [3].

۳- دلایل ایجاد گراف دانش سازمانی:

دانش سازمانی ستونی^{۲۰} برای هوش معنایی^{۲۱} است. گراف دانش به برنامه‌های هوش مصنوعی، هوش^{۲۲} می‌بخشد. به عبارت دیگر، گراف‌های دانش، مفاهیم مختلف موجود در داده‌های شما را فراهم می‌کنند. یک گراف دانش به دستگاه کمک می‌کند تا بفهمد که یک شخص، یک شخص است و یک شخص می‌تواند ویژگی‌های خاصی داشته باشد که مفاهیم دیگر از آن برخوردار نیستند، به عنوان مثال عنوان، نقش در یک پروژه، زمینه‌های تخصصی، تاریخ تولد، زبان‌های گفتاری و...

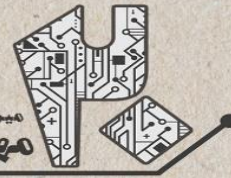
حال، اگر بتوانیم به ماشین کمک کنیم تا درک کند که یک پروژه چیست، چه ویژگی‌های اصلی پروژه‌ها می‌تواند وجود داشته باشد، مانند تاریخ شروع و پایان، منطقه تمرکز، محصول، مشتری، مدیر پروژه و غیره چه می‌توان کرد. برای پیشرفت بیشتر، گراف‌های

19 - Enriched

20 - Pillar

21 - Semantic AI

22 - Intelligence



دانش به ماشین این امکان را می‌دهند تا در مورد داده‌های شما نتیجه‌گیری کند، که اساس یک موتور پیشنهادی مربوط، تجزیه و تحلیل پیش بینی و سایر برنامه‌های پیشرفته هوش مصنوعی است.

از طریق این مثال‌های ساده، اکنون می‌توانیم قدرت آموزش ماشین در معنای کلمات خود و روابط بین مفاهیم مختلف را ببینیم. به طور خلاصه، برخی از مزایای اصلی گراف دانش شرکت عبارتند از [4]:

۱- گراف‌های دانش سازمانی زمینه دستیابی به الگوریتم‌های آماری هوش مصنوعی^{۲۳} شما را برای دستیابی به کاربردهای شناختی مورد جستجو فراهم می‌کند.

۲- گراف‌های دانش شرکتی به هوش مصنوعی شما کمک می‌کند تا حقایق و روابط پنهان را از طریق استنباط در محتوای یکپارچه شما کشف کند که در غیر اینصورت نمی‌توانید در مقیاس وسیع آنها را بگیرید.

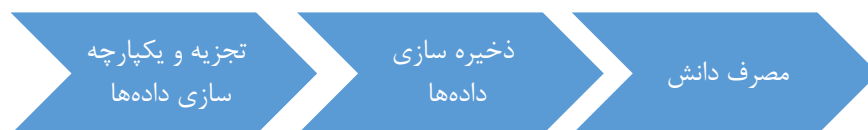
۳- گراف دانش سازمانی به شما کمک می‌کند تمام اطلاعاتی را که در منابع مختلف داده‌های مختلف سازمان در مورد یک موضوع خاص، درباره یک شخص خاص، پروژه، محصول، ادعا و ... دارید، شناسایی کنید.

در ابتدا طراحی، اجرا و استفاده از گراف دانش سازمانی دشوار می‌باشد، اما هیچ پروژه‌ای در یک روز ایجاد نشده است. این یکی از دلایلی است که ما به مشتریان خود توصیه می‌کنیم کوچک و تکرار شوند. گراف‌های دانش فقط برنامه یا پایگاه داده دیگری نیستند. آنها یک جز، اصلی در عملیات شما هستند و باید باشند، راهی برای درک و استفاده از اطلاعات سازمانی جامع برای کمک به شما در تجارت شما. آنها مقصد نیستند. آنها ابزاری مهم در مسیر بهبود کارایی، تصمیم‌گیری و مزیت رقابتی شما هستند.

در این مقاله، ما به جنبه‌های اصلی زیر برای ایجاد گراف دانش سازمانی (EKG) می‌پردازیم:

۱- هدف تجاری EKG را مشخص کنید.

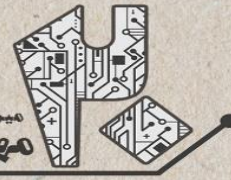
۲- نمای سه لایه



شکل ۳. نمای سه لایه گراف دانش



همین کنفرانس ملی دانشجویی
مهندسی برق ایران



۴- هدف گراف دانش سازمانی:

اولین قدم برای ایجاد یک گراف دانش جامع، کارآمد و مرتبط، تعیین این است که چه مشکلی برای حل آن در نظر گرفته شده است. به جملات زیر توجه کنید:

- ۱- آیا قرار است پایه ای برای یک برنامه چت بات در یک دامنه خاص، به عنوان مثال، یک میز پشتیبانی باشد؟
- ۲- آیا هدف آن تعریف و کشف متخصصان و تخصص در یک سازمان است؟
- ۳- قرار است از یک جستجوی معنایی سازمانی واحد پشتیبانی کند؟
- ۴- سوالات تجاری که گراف دانش باید بتواند پاسخ دهد چیست؟
- ۵- آیا می خواهیم برای پروژه جدیدی که شروع می کنیم فردی با بهترین مهارت های همسان پیدا کنیم؟
- ۶- یا ما علاقه مند به ارائه توصیه هایی بر اساس علایق، فعالیت های کاربر، سن کارمند، نقش و... هستیم؟

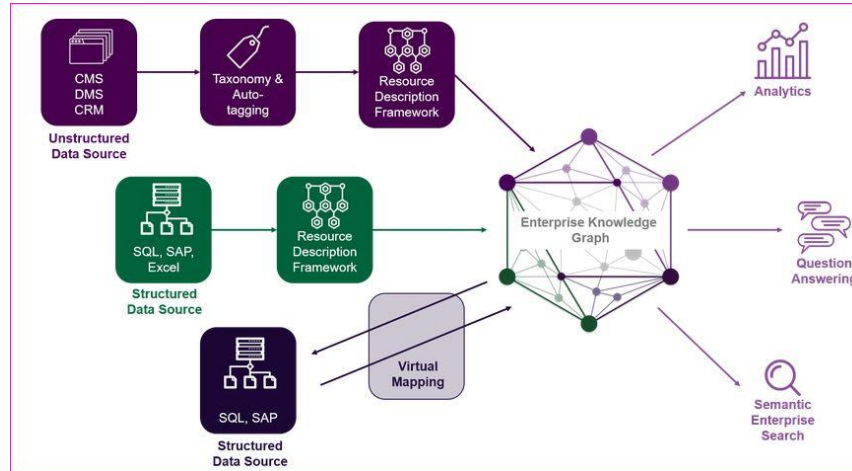
هدف مورد نظر از گراف دانش سازمانی به ما کمک می کند که چه منابع داده ای باید تجزیه شوند و چگونه داده ها باید یکپارچه شوند، به عنوان مثال، نحوه طراحی مدل داده های معنایی، ما یک سری کارگاه و گروه متمرکز با ذینفعان کلیدی برای استخراج و توافق در مورد پاسخ سوالات بالا برگزار می کنیم. با این کار، اکنون می توانیم به سمت قطعه فنی تر برویم.

۵- سه لایه کلیدی گراف دانش:

سه لایه اصلی وجود دارد که به ما کمک می کند گراف دانش سازمانی را کالبد شکافی کنیم.

- ۱- تجزیه و یکپارچه سازی داده ها، ۲- ذخیره سازی داده ها، ۳- مصرف دانش

در اینجا بیشتر بر روی مرحله اول تمرکز خواهیم کرد و فقط مفاهیم اصلی را در مراحل بعدی برجسته خواهیم کرد. در زیر یک گراف منطقی ساده ارائه شده است که اجزای اصلی را برجسته می کند و ما در اینجا بحث خواهیم کرد:



شکل ۴. گراف منطقی گراف دانش دانش

۱-۵- تجزیه و ترکیب داده‌ها:

با تعیین هدف گراف دانش سازمانی، در مرحله بعدی باید اطلاعاتی را که باید در گراف گنجانده شود تعیین و اولویت بندی کنیم تا بتواند پاسخی برای سوالات تجاری که قبلاً تعریف کرده ایم ارائه دهد. آیا باید تمام منابع داده ای را که در کل سازمان داریم، شامل کنیم یا باید روی یک حوزه خاص تمرکز کنیم؟ هنگام کار با مشتری‌های ما، توصیه می‌کنیم شروع به کوچک کردن، اولویت بندی کنید منابع داده و رشد گراف دانش به صورت تکراری. به عنوان بخشی از این فرآیند تجزیه داده‌ها، سه بخش اصلی برای پرداختن وجود دارد [5]:

۱- طرح گراف دانش (هستی شناسی)، ۲- تجزیه داده، ۳- گراف مجازی^{۲۴}

۱-۱-۵- طرح گراف دانش (هستی شناسی):

اینجاست که باید طراحی و پیاده سازی مدل داده‌های معنایی (هستی شناسی) را برای گراف دانش سازمانی آغاز کنیم. هدف هستی شناسی این است که به ما اجازه دهد به داده‌های موجود در گراف دانش معنی اضافه کنیم. ساخت یک هستی شناسی اصولی زمینه را برای اجرای برنامه‌های پیشرفته بعداً فراهم می‌کند که می‌توانند داده‌ها را جستجو و درک کنند، واقعیت‌های صریحاً تعریف شده (روابط بین موجودیت‌ها^{۲۵}) را کشف کنند و همچنین از قدرت استنباط و استدلال استفاده کنند.

یک نکته اساسی در هنگام طراحی هستی شناسی این است که آیا شما از ابتدا شروع می‌کنید و یک مدل کاملاً سفارشی متناسب با دامنه سازمان خود ایجاد می‌کنید، یا در عوض هستی شناسی‌های از پیش تعریف شده ای را که به طور گسترده استفاده می‌شوند

²⁴ - Virtual Graph

²⁵ - Relationships Between Entities

بررسی کرده و از آنها استفاده می‌کنید و سپس آنها را متناسب با نیازهای خود ارتقا می‌دهید. در رویکرد ما، ما معمولاً با بررسی هستی‌شناسی‌های عمومی مانند GEO، FOAF، ORG و schema.org شروع می‌کنیم تا همسویی آنها را با مورد استفاده خاص که در حال کار هستیم، تعیین کنیم. سپس ما از این هستی‌شناسی‌ها و طبقه‌بندی تجارت سازمان استفاده می‌کنیم تا یک مدل متناسب با سازمان‌های مشتری خود بسازیم. این روش به ما امکان می‌دهد تا از قابلیت همکاری داده‌ها، به ویژه برای سیستم‌ها و سایت‌های رو به رو در معرض عموم اطمینان حاصل کنیم و همچنین یک مدل مناسب که می‌تواند به سوالات تجاری که با آن شروع کرده ایم پاسخ دهد.

۲-۱-۵- تجزیه داده:

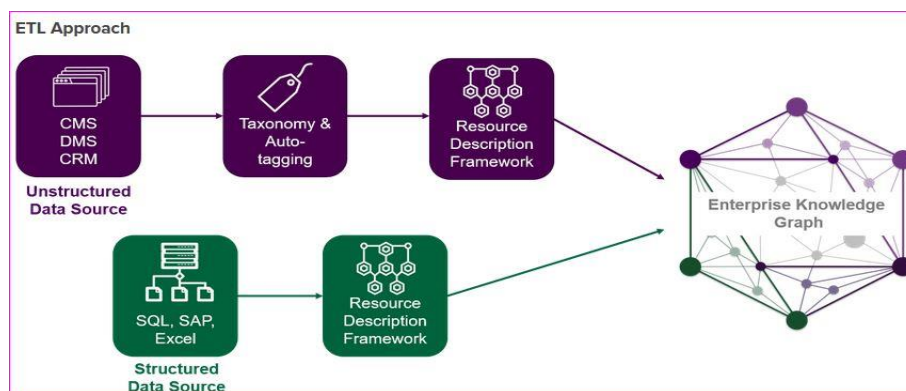
هنگامی که مدلی برای گراف خود تهیه کردیم، می‌توانیم آن را در داده‌های ورودی اعمال کنیم تا بتوانیم از کیفیت و سازگاری گراف دانش اطمینان حاصل کنیم. اما قبل از شروع جمع‌آوری گراف با داده‌ها، باید در مورد روند و روش‌های انجام آن تصمیم‌گیری کنیم [6].

۳-۱-۵- گراف مجازی^{۲۶}:

ETL v. Data-in-place (Virtual Graph)

یکی از اولین ملاحظات آن باید به آن بپردازیم این است که آیا واقعاً داده و محتوا (یا ارجاع به آن) را در پایگاه داده گراف وارد کنیم یا آن را در سیستم منبع خود حفظ کنیم و فقط نقشه‌ای برای گراف برای دسترسی به آن داده ارائه دهیم.

در اینجا برخی از موضوعاتی در مورد هر یک را بررسی می‌کنیم:

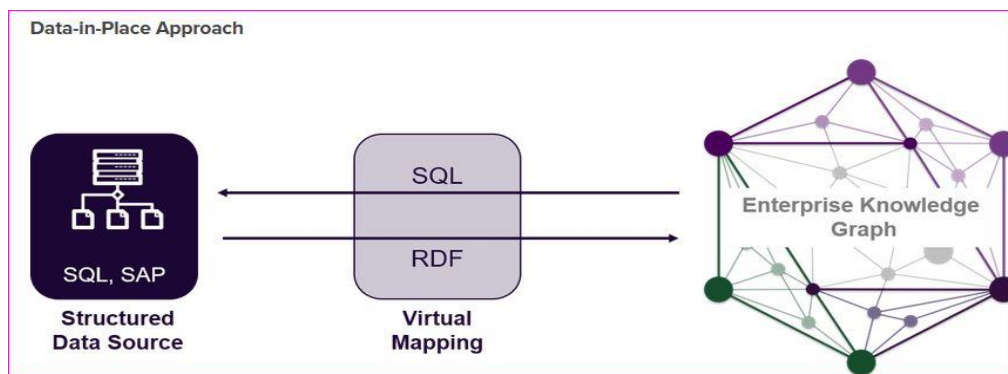


شکل ۵. مصرف محتوا و داده‌ها از طریق ETL

به زبان ساده، رویکرد ETL (استخراج، تغییر شکل، بارگذاری) فرآیندی تکرارپذیر را برای استخراج محتوای مرتبط از یک سیستم منبع به طور منظم ایجاد می‌کند و گراف دانش سازمانی را متناسب با آن جمع و به روز می‌کند. با استفاده از این فرآیند، ما داده‌ها یا محتوای مربوطه را از یک منبع داده شناسایی می‌کنیم، آنها را به نمایش داده‌های گراف گرافیکی بومی، یعنی RDF (چارچوب تعریف منابع) تبدیل می‌کنیم و در پایگاه داده گراف^{۲۷} بارگذاری می‌کنیم.

در این فرآیند دو مرحله اضافی وجود دارد: اعمال برچسب‌های معنایی و استفاده از هستی‌شناسی قبل از بارگیری داده‌ها در پایگاه داده گراف.

هدف از استفاده از برچسب‌های معنایی در محتوای یا داده‌های ورودی، فراهم آوردن زمینه اضافی برای اطلاعات موجود در گراف است. در ترکیب با کاربرد هستی‌شناسی، اکنون می‌توانیم بگوییم که مثلاً رم در واقع یک مکان جغرافیایی، به ویژه یک شهر است. بسته به آنچه در گراف دیگر از رم می‌دانیم، بعداً ممکن است بتوانیم بگوییم که این پایتخت ایتالیا است و سایر حقایق مربوط به آن که ممکن است از منابع دیگر داده شده باشد. ما با ابزارهای نرم‌افزاری پیشرو در بازار کار می‌کنیم که در چند سال گذشته غالب شده‌اند و به ما امکان می‌دهند این روند را از ابتدا تا انتها، از تعریف طبقه بندی، برچسب گذاری خودکار، مدیریت هستی‌شناسی و تبدیل محتوا به RDF، از دیگر ویژگی‌های کلیدی مدیریت کنیم. روش ETL برای استخراج داده‌ها از منابع محتوای بدون ساختار، به عنوان مثال، CMS، DMS و سایر موارد و همچنین منابعی که سرعت به روزرسانی نسبتاً کمی دارند، مناسب تر است.



شکل ۶. تجزیه داده‌ها از طریق گرافهای مجازی

روش دیگر استفاده از سیستم‌های پایگاه داده گراف است که به شما امکان می‌دهد از گرافهای مجازی استفاده کنید [3]. یک گراف مجازی را به عنوان نگاشت از SPARQL (زبان جستجوی پایگاه داده گراف) به SQL در نظر بگیرید. این روشی است که به پایگاه داده گراف می‌گوید که می‌تواند به یک منبع داده رابطه‌ای متصل شود، از آن نقشه استفاده کند و از پایگاه داده رابطه‌ای در زمان اجرای پرس و جو پرس و جو کند. بنابراین، شما همیشه داده‌های زنده (یا تقریباً زنده) را از خود منبع دریافت می‌کنید و هیچ

تکراری از داده‌های ساخت یافته وجود ندارد. البته مزیت رویکرد گراف مجازی، تازه بودن اطلاعات است. این روش برای اتصال به منابع داده ساخت یافته مانند پایگاه داده رابطه ای و منابع داده با نرخ به روزرسانی مناسب بسیار مناسب است. نکته منفی: عملکرد بالقوه تخریب شده هنگام استعلام منبع خارجی.

۲-۵- ذخیره سازی داده‌ها:

انواع سیستم عامل‌های پایگاه داده گراف در بازار وجود دارد که به آنها فروشگاه‌های سه گانه^{۲۸} نیز می‌گویند. برای اهداف گراف دانش، ما به طور کلی با فروشگاه‌های سه گانه RDF که براساس استانداردهای W3C هستند کار می‌کنیم. آنها در شکل اصلی خود، سه برابر را ذخیره می‌کنند: به عبارت ساده، ورودی متشکل از دو موجودیت و رابطه بین آنها.

Subject	Predicate	Object
Project A	hasTitle	Title A
Person B	isPMOn	Project A
Document C	isAbout	Topic D
Document C	isAbout	Topic F
Person B	IsExpertIn	Topic D
...

شکل ۷. نمایش تصویری داده‌ها در یک فروشگاه سه گانه RDF

فروشگاه‌های سه گانه می‌توانند میلیاردها سه برابر ذخیره کنند که تعریف هر موجودی در گراف، ویژگی‌های آن و روابط آن با نهادهای دیگر است. بیشتر فروشگاه‌های سه گانه ویژگی‌ها و استانداردهای اساسی مانند RDF و SPARQL را پوشش می‌دهند. بسته به مورد و نیاز شما، ممکن است بخواهید محصولات متخصص در یک دامنه خاص مانند داده‌های مکانی، تجزیه و تحلیل پیش بینی یا حتی محصولات را که بطور خاص به راه حل‌های گراف دانش می‌پردازند، بررسی کنید.

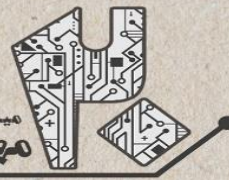
۳-۵- مصرف دانش:

بازگشت به هدف گراف دانش ما. اکنون که دانش مربوطه را در یک مکان یکپارچه کرده ایم (یا تکرار اول آن)، می‌توانیم برنامه کاربردی کاربر نهایی را که به ما امکان می‌دهد ارزش واقعی را از دانش سازمانی خود کشف و استخراج کنیم، پیاده سازی کنیم. بسته به مورد استفاده شما، موتور توصیه، جستجوی شناختی، سرویس پاسخگویی به سوالات، سرویس داده داده شده، ربات‌های گپ یا سایر برنامه‌های پیشرفته و هوش مصنوعی، گراف دانش سازمانی را می‌توان با SPARQL پرس و جو کرد تا روابط صریحاً مشخص شده بین همه موارد را استخراج کند، مکان‌ها و افراد، و همچنین روابط ضمنی را بر اساس عوامل مختلفی مانند نزدیکی در گراف،

²⁸ Triple Stores



هفتمین کنفرانس ملی دانشجویی
مهندسی برق ایران



خواص انتقالی و سایر موارد استنباط می‌کنند. متوجه خواهید شد که ما اکنون در جستجوی "اشیا، نه رشته‌ها" هستیم، همانطور که Google اولین بار در سال ۲۰۱۲ تعریف کرد [7].

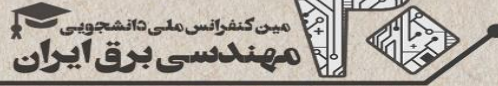
نتیجه‌گیری:

۱. اجزای اصلی گراف دانش سازمانی عبارتند از: طبقه بندی مشاغل، هستی‌شناسی تجاری، محتوا و منابع داده، پایگاه داده گراف
۲. برخی از دلایل ایجاد گراف دانش سازمانی عبارتند از: گراف دانش به برنامه‌های هوش مصنوعی، هوش^{۲۹} می‌بخشد. گراف‌های دانش، مفاهیم مختلف موجود در داده‌های شما را فراهم می‌کنند. یک گراف دانش به دستگاه کمک می‌کند تا بفهمد که یک شخص، یک شخص است و یک شخص می‌تواند ویژگی‌های خاصی داشته باشد که مفاهیم دیگر از آن برخوردار نیستند.
۳. برخی از مزایای اصلی گراف دانش شرکت عبارتند از: گراف‌های دانش سازمانی زمینه دستیابی به الگوریتم‌های آماری هوش مصنوعی^{۳۰} شما را برای دستیابی به کاربردهای شناختی مورد جستجو فراهم می‌کند - گراف‌های دانش شرکتی به هوش مصنوعی شما کمک می‌کند تا حقایق و روابط پنهان را از طریق استنباط در محتوای یکپارچه شما کشف کند که در غیر اینصورت نمی‌توانید در مقیاس وسیع آنها را بگیرید - گراف دانش سازمانی به شما کمک می‌کند تمام اطلاعاتی را که در منابع مختلف داده‌های مختلف سازمان در مورد یک موضوع خاص، درباره یک شخص خاص، پروژه، محصول، ادعا و... دارید، شناسایی کنید.
۴. سه لایه کلیدی گراف دانش عبارتند از: تجزیه و یکپارچه سازی داده‌ها - ذخیره سازی داده‌ها - مصرف دانش
۵. سه بخش اصلی تجزیه و یکپارچه سازی داده‌ها عبارتند از: طرح گراف دانش (هستی‌شناسی) - تجزیه داده - گراف مجازی^{۳۱}

29 - Intelligence

30 - AI statistical algorithms

31 - Virtual Graph



مراجع:

- 1- Luigi Bellomarini;Daniele Fakhoury;Georg Gottlob;Emanuel Sallinger, T. (2019),“ Knowledge Graphs and Enterprise AI: The Promise of an Enabling Technology,” 2019 IEEE 35th International Conference on Data Engineering (ICDE).
- 2- Shaoxiong Ji;Shirui Pan;Erik Cambria;Pekka Marttinen;Philip S. Yu, T. (2021),“ A Survey on Knowledge Graphs: Representation, Acquisition, and Applications,” IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems.
- 3- Zuopeng Justin Zhangreias, T. (2017),“ Graph Databases for Knowledge Management”, IT Professional.
- 4- Maximilian Nickel;Kevin Murphy;Volker Tresp;Evgeniy Gabrilovich, T. (2016),“ A Review of Relational Machine Learning for Knowledge Graphs,” Proceedings of the IEEE.
- 5- Betül Bayrak, T. (2020),“ Effects of Negative Sampling on Knowledge Graph Completion ,” 2020 5th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK).
- 6- Guli Liu;Lei Li, T. (2020),“ Knowledge Fragment Cleaning in a Genealogy Knowledge Graph,” 2020 IEEE International Conference on Knowledge Graph (ICKG).
- 7- Zhe Chen;Yuehan Wang;Bin Zhao;Jing Cheng;Xin Zhao;Zongtao Duan, T. (2020),“ Knowledge Graph Completion: A Review,” IEEE Access.