

چکیده

یکی از زیرمجموعه‌های پردازش زبان‌های طبیعی، تحلیل تمایل است. در حالت کلی، تحلیل تمایل، مثبت و یا منفی بودن نظری را که در یک جمله و یا سند ابراز می‌شود، مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهد. به دلیل آن‌که نظرات هر شخص، تاثیر زیادی در تصمیم‌گیری‌های افراد دیگر و همچنین کسب‌وکارها دارد، تحلیل تمایل خودکار متن‌ها، اهمیت ویژه‌ای داشته و در سال‌های اخیر، تحقیقات وسیعی در این زمینه صورت گرفته است. یکی از مشکلات رایج در تحلیل تمایل برخی زبان‌ها، از جمله زبان فارسی، عدم وجود منابع مناسب در آن‌ها است. برای رفع این مشکل، یکی از راه‌حل‌های موجود، تحلیل تمایل بین زبانی است. در روش‌های بین‌زبانی، هدف آن است که با استفاده از منابع غنی موجود در یک زبان مبدأ، مدل‌های یادگیری شده در این زبان به یک زبان مقصد، که منابع کافی برای یادگیری مستقیم بر روی آن وجود ندارد، منتقل شود. در این پژوهش، با به‌کارگیری یادگیری ژرف و شبکه‌های مولد تقابلی، مدلی توسعه داده می‌شود که به‌صورت بدون سرپرست، قادر به انتقال دانش فراگرفته‌شده از زبان انگلیسی به زبان فارسی، و استفاده از آن در تحلیل تمایل جملات زبان فارسی است. ورودی مدل پیشنهادی، مجموعه‌ای از درج کلمات دوزبانه فارسی-انگلیسی است، که برای تولید آن، دو مجموعه از درج کلمات تک‌زبانه با یکدیگر ترکیب شده‌اند، تا یک بازنمایی مشترک برای واژگان زبان‌های فارسی و انگلیسی، حاصل شود. معیار دقت در مدل پیشنهادی، برای انجام تحلیل تمایل سطح سند متون فارسی، در ارزیابی پنج کلاسی، برابر با ۴۶.۹۲٪ است.

واژه‌های کلیدی: پردازش زبان‌های طبیعی، تحلیل تمایل، یادگیری ژرف، شبکه‌های مولد تقابلی

فهرست مطالب

الف	تقدیر و تشکر.....
ب	چکیده.....
پ	فهرست مطالب.....
چ	فهرست شکل‌ها.....
خ	فهرست جدول‌ها.....
۱	فصل ۱ مقدمه.....
۲	۱-۱ کاربردهای تحلیل تمایل.....
۲	۲-۱ سطوح مختلف تحلیل تمایل.....
۴	۳-۱ تعریف رسمی مسئله.....
۵	۴-۱ دسته‌بندی تمایل‌سندها.....
۶	۵-۱ تطبیق دامنه.....
۷	۶-۱ تحلیل تمایل بین‌زبانی.....
۸	۷-۱ خلاصه‌ای از روش پیشنهادی.....
۹	۸-۱ جمع‌بندی.....
۱۰	فصل ۲ تحلیل تمایل و روش‌های آن.....
۱۰	۱-۲ چالش‌های مرتبط با داده‌های موجود در فضای وب.....
۱۱	۲-۲ واژگان و عبارات تمایل.....
۱۲	۳-۲ درج کلمه.....
۱۳	۱-۳-۲ بازنمایی توزیع شده کلمات.....
۱۴	۲-۳-۲ مدل پرش نگاشت.....
۱۶	۴-۲ درج کلمه دوزبانه.....

۱۷	۵-۲ بررسی روش‌های مرتبط پیشین.....
۱۷	۱-۵-۲ روش‌های تشکیل درج کلمه دوزبانه.....
۱۹	۲-۵-۲ روش‌های تحلیل تمایل.....
۲۳	۶-۲ جمع‌بندی.....
۲۴	فصل ۳ یادگیری ژرف
۲۵	۱-۳ الهام بیولوژیکی شبکه‌های عصبی.....
۲۷	۲-۳ نورون‌های مصنوعی.....
۲۹	۳-۳ یادگیری ژرف.....
۳۰	۱-۳-۳ شبکه‌های عصبی چندلایه.....
۳۳	۲-۳-۳ الگوریتم انتشار روبه‌عقب.....
۳۷	۴-۳ توابع فعال‌سازی و ضرر.....
۳۹	۵-۳ شبکه‌های CNN.....
۴۰	۱-۵-۳ معماری عمومی.....
۴۱	۲-۵-۳ کانولوشن.....
۴۳	۳-۵-۳ فیلترها.....
۴۳	۴-۵-۳ نقشه فعال‌سازی.....
۴۴	۵-۵-۳ لایه‌های پولینگ.....
۴۵	۶-۵-۳ کاربرد CNN در پردازش زبان‌های طبیعی.....
۴۷	۶-۳ شبکه‌های LSTM.....
۴۸	۱-۶-۳ ویژگی‌ها و کاربردهای شبکه‌های LSTM.....
۵۰	۲-۶-۳ واحدهای LSTM.....
۵۲	۳-۶-۳ شبکه‌های RNN دوطرفه.....
۵۳	۴-۶-۳ سازوکار توجه.....

۵۴	۷-۳ شبکه‌های مولد تقابلی
۵۵	۱-۷-۳ مولفه‌های تفکیک‌کننده و مولد
۵۶	۲-۷-۳ روش یادگیری غیرمستقیم
۵۶	۳-۷-۳ جزئیات محاسباتی
۵۷	۸-۳ جمع‌بندی
۵۸	فصل ۴ مدل پیشنهادی پژوهش
۵۹	۱-۴ معماری پیشنهادی
۶۰	۱-۱-۴ مولفه‌های معماری پیشنهادی
۶۱	۲-۱-۴ یادگیری تقابلی
۶۲	۳-۱-۴ جریان داده
۶۳	۴-۱-۴ یادگیری نیمه سرپرست
۶۳	۲-۴ درج کلمه دوزبانه
۶۶	۱-۲-۴ یادگیری تقابلی در MUSE
۶۷	۲-۲-۴ واژگان مصنوعی موازی
۶۸	۳-۴ جمع‌بندی
۶۹	فصل ۵ نتایج و تحلیل داده‌ها
۶۹	۱-۵ مجموعه داده
۷۰	۲-۵ تشکیل درج کلمات دوزبانه
۷۱	۳-۵ ابزار استفاده شده
۷۱	۱-۳-۵ پایتورچ
۷۳	۲-۳-۵ کودا
۷۳	۳-۳-۵ گوگل کولب
۷۴	۴-۵ نتایج آزمایش

۷۶ ۵-۵ جمع‌بندی
۷۷ فصل ۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۷۸ ۱-۶ چالش‌های مرتبط با پژوهش
۷۹ ۲-۶ مزایا و معایب روش پیشنهادی
۷۹ ۳-۶ پیشنهادها و کارهای آتی
۸۱ مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲. کسینوس زاویه بین دو بردار بازنمایی، میزان شباهت کلمات مرتبط با آن‌ها را نشان می‌دهد..... ۱۴
- شکل ۲-۲. چگونگی ورود داده به شبکه عصبی در مدل پرش نگاشت..... ۱۵
- شکل ۳-۲. معماری مدل پرش نگاشت..... ۱۶
- شکل ۱-۳. ساختار یک نورون بیولوژیکی [۲۰]..... ۲۶
- شکل ۲-۳. شبکه عصبی تغذیه روبه‌جلو چندلایه [۲۰]..... ۳۱
- شکل ۳-۳. شبه کد مربوط به فرآیند یادگیری در یک شبکه عصبی [۲۰]..... ۳۴
- شکل ۴-۳. شبکه عصبی در حالت بزرگ‌نمایی شده [۲۰]..... ۳۵
- شکل ۵-۳. شبه کد الگوریتم انتشار روبه‌عقب [۲۰]..... ۳۷
- شکل ۶-۳. نمودار تابع ReLU و مشتق آن..... ۳۹
- شکل ۷-۳. معماری عمومی CNN [۲۰]..... ۴۱
- شکل ۸-۳. کانولوشن در ماتریس‌ها..... ۴۲
- شکل ۹-۳. تولید یک توده فعال‌سازی خروجی [۲۰]..... ۴۴
- شکل ۱۰-۳. معماری شبکه CNN در کاربرد پردازش زبان‌های طبیعی [۲۳]..... ۴۵
- شکل ۱۱-۳. نمایش اتصالات برگشت‌کننده در نورون‌های لایه‌های پنهان [۲۰]..... ۴۹
- شکل ۱۲-۳. نمایش بلوک LSTM [۲۰]..... ۵۰
- شکل ۱۳-۳. فرمول‌های گذر روبه‌جلو در LSTM..... ۵۲
- شکل ۱۴-۳. شبکه RNN دوطرفه [۲۹]..... ۵۳
- شکل ۱۵-۳. سازوکار توجه در شبکه RNN [۲۹]..... ۵۴
- شکل ۱-۴. معماری تقابلی پیشنهادی [۱۹]..... ۶۱
- شکل ۲-۴. تولید درج کلمات دوزبانه به کمک دو مجموعه تک‌زبانه [۵]..... ۶۵
- شکل ۱-۵. تنسورها در واقع عمومی‌سازی شده بردارهای چند بعدی هستند. [۳۸]..... ۷۲

شکل ۵-۲. بازنمایی عبارت $y = w x + b$ به کمک گراف‌های محاسباتی [۳۸] ۷۳

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲. مقایسه روش‌های تحلیل تمایل و درج کلمه دوزبانه..... ۲۰
- جدول ۱-۵. مقایسه مدل پیشنهادی برای زبان‌های فارسی، انگلیسی و عربی ۷۵
- جدول ۲-۵. نتایج تحلیل تمایل تک‌زبانه نظرهای فارسی، به کمک یادگیری ژرف [۱۴]..... ۷۶

فصل ۱ مقدمه

پردازش زبان‌های طبیعی^۱، زیرشاخه‌ای از هوش مصنوعی^۲ است که هدف آن ساخت الگوریتم‌های محاسباتی برای مدل کردن و تحلیل خودکار زبان انسان است. این وظیفه^۳، پایه و اساس بسیاری از کاربردهای امروز، از جمله موتورهای جست‌وجو^۴، شناسایی گفتار^۵، تولید زبان^۶، خلاصه‌سازی متن^۷، ترجمه ماشینی^۸، دستیارهای صوتی^۹ و تحلیل تمایل^{۱۰} را تشکیل می‌دهد.

تحلیل تمایل یا نظرکاوی^{۱۱}، یکی از زیرشاخه‌های پردازش زبان‌های طبیعی است که نظرات، احساسات، ارزیابی و هیجانات افراد در مورد موجودیت‌هایی مانند محصولات، خدمات و افراد را بررسی میکند [۱]. از آنجایی که تحلیل تمایل تاثیر بسیاری در موفقیت کسب‌وکارها و شرکت‌های گوناگون دارد، اهمیت روز افزونی داشته و به‌صورت گسترده در زمینه‌های مختلف مورد تحقیق قرار می‌گیرد. ظهور شبکه‌های اجتماعی و وب^{۱۲}، فروشگاه‌های آنلاین، فروم^{۱۳}ها و بلاگ‌ها، حجم عظیمی از داده‌ها را در اختیار محققان قرار داده که تا پیش از این دسترسی به آن‌ها امکان‌پذیر نبود. برای اولین بار در تاریخ، این حجم عظیم از داده‌های دارای نظر به‌صورت دیجیتال در دسترس همگان قرار دارد که به افراد امکان تحلیل و استخراج اطلاعات مفید را می‌دهد.

^۱ Natural Language Processing

^۲ Artificial Intelligence

^۳ Task

^۴ Search Engine

^۵ Speech Recognition

^۶ Language Generation

^۷ Text Summarization

^۸ Machine Translation

^۹ Voice Assistant

^{۱۰} Sentiment Analysis

^{۱۱} Opinion Mining

^{۱۲} Web 2.0

^{۱۳} Forum

از اوایل دهه گذشته میلادی تا به امروز، تحلیل تمایل یکی از فعال‌ترین حوزه‌های تحقیق در پردازش زبان‌های طبیعی بوده است. هدف اساسی تحلیل تمایل، تعریف ابزارهای خودکار برای استخراج اطلاعاتی مانند نظرات و احساسات از متن است، تا در ادامه از آن برای تصمیم‌گیری‌های اساسی استفاده شود.

۱-۱ کاربردهای تحلیل تمایل

تحلیل تمایل تقریباً قابل استفاده در هر کسب‌وکار و دامنه‌ای است، زیرا نظرات دیگران عاملی بسیار مهم در تصمیم‌گیری‌ها و رفتار افراد مختلف است. اعتقادات و دریافت ما از محیط اطرافمان، و همین‌طور تصمیماتی که اتخاذ می‌کنیم، به‌صورت گسترده‌ای تحت تاثیر ارزیابی و نظرات دیگران است. به همین دلیل، معمولاً هنگام فرآیند تصمیم‌گیری، به دنبال ارزیابی و نظرات افراد دیگر و تحلیل آن‌ها برای اتخاذ تصمیم بهتر هستیم. در دنیای واقعی، معمولاً کسب‌وکارها به دنبال آن هستند که نظر مشتریان خود را در مورد محصولاتشان بدانند. علاوه بر این، مشتریان نیز به دنبال آن هستند که نظرات دیگران را در مورد محصولی که قصد خرید آن را دارند، بدانند. در اجتماع، افراد قبل از رای دادن به یک کاندید انتخاباتی، سعی می‌کنند نظر دیگر افراد شرکت کننده را در مورد او بدانند.

برخلاف گذشته، در حال حاضر افرادی که به دنبال یافتن نظرات دیگران هستند، نیاز به پرس‌وجو ندارند، بلکه می‌توانند از فضای گسترده موجود در اینترنت برای این منظور استفاده نمایند. با این حال، پیدا کردن و رصد این نظرات در فضای اینترنت، هم برای اشخاص و هم برای کسب‌وکارها، به دلیل تعداد بسیار زیاد منابع و گستردگی این فضا، یک چالش جدی است. همه این مثال‌ها نشان می‌دهند که وجود یک سامانه تحلیل تمایل خودکار، که بتواند اطلاعات مورد نیاز افراد را از میان این حجم عظیم داده‌های موجود شناسایی و تحلیل کند، ضروری است. بنابراین، در زندگی افراد و موفقیت کسب‌وکارها، تحلیل تمایل از اهمیت بسیار زیادی برخوردار بوده و در سال‌های اخیر توجه به آن و تحقیقات انجام گرفته در این زمینه، به‌صورت قابل توجهی افزایش یافته است.

۲-۱ سطوح مختلف تحلیل تمایل

به‌صورت کلی، تحلیل تمایل متون در سه سطح انجام می‌پذیرد: سطح سند^۱، سطح جمله^۲ و سطح موجودیت و منظر^۳ [۲]. در ادامه درباره هر کدام از این سطوح، تفاوت‌ها و پیچیدگی‌های آن‌ها توضیحاتی ارائه شده است.

^۱ Document level

^۲ Sentence level

^۳ Entity and Aspect level

- **تحلیل تمایل در سطح سند:** در این سطح، هدف اصلی آن است که مشخص شود یک سند به صورت کلی چه نوع احساسی را منتقل می‌کند. به عنوان مثال، فرض کنید یکی از مشتریان یک وبسایت آنلاین، تحلیلی را در مورد یکی از محصولات این وبسایت که آن را خریداری کرده است، منتشر می‌کند. این تحلیل، ممکن است در مورد جنبه‌هایی از کالای مورد نظر مثبت و در مورد جنبه‌هایی دیگر منفی باشد. تحلیل تمایل در سطح سند، بررسی می‌کند که کاربر مورد نظر در این سند به صورت کلی، چه نوع احساسی را در مورد محصولی که خریداری کرده است ابراز می‌کند. در این سطح از تحلیل تمایل، فرض بر آن است که سند مفروض در مورد یک موجودیت است. لازم به ذکر است که این پروژه تحلیل تمایل نظرات مربوط به دامنه هتل‌داری را در سطح سند انجام می‌دهد.

- **تحلیل تمایل در سطح جمله:** هدف در این سطح، تقسیم یک سند به جملات سازنده آن و بررسی تحلیل تمایل برای هر جمله به صورت جداگانه است. در مثال قبلی، اگر تحلیل تمایل در سطح جمله انجام گیرد، سند فوق به جملات کوچک‌تر تقسیم شده و هر جمله به صورت مجزا تحلیل می‌شود.

- **سطح موجودیت و منظر:** هر یک از دو سطح قبلی، بدون توجه به آن که نویسنده متن در مورد چه موجودیتی نظر خود را ابراز می‌کند، صرفاً مثبت و منفی (و یا خنثی) بودن آن نظر را مشخص می‌کنند. تحلیل تمایل در سطح موجودیت و منظر، به صورت جزئی‌تری به تحلیل متن می‌پردازد، به این صورت که بدون توجه به ساختارهای مرتبط به زبان (مانند سند، جمله، عبارت و غیره) به دنبال یک نظر و یک هدف (موجودیت) می‌گردد. در واقع، این سطح از تحلیل مشخص می‌کند که یک نظر به چه موجودیتی اشاره دارد. سند کوتاه و ساده روبرو را در نظر بگیرید: "این خودرو ظاهر و کیفیت خوبی دارد. اما قیمت آن گران است." در جمله اول نظر مثبتی در مورد کیفیت خودرو ابراز شده است و در جمله دوم قیمت بالای آن به عنوان یک جنبه منفی مورد توجه قرار گرفته است. در این دو جمله، دو هدف یا منظر (به ترتیب کیفیت و قیمت) و نظر متناظر با آن‌ها (به ترتیب مثبت و منفی) وجود دارد. در بسیاری از متون، هدف‌های یک نظر به صورت موجودیت‌ها و یا منظرها توصیف می‌شوند و تحلیل تمایل در سطح

¹ Target

موجودیت و منظر، هر یک از آن‌ها را به همراه نظر متناظر استخراج می‌کند. با توجه به توضیحات ارائه شده، این سطح از تحلیل تمایل به صورت قابل توجهی از دو سطح قبلی پیچیده‌تر است.

در هر یک از سه سطح فوق، خروجی مدل تحلیل تمایل، یک برچسب مثبت و یا منفی است. در برخی روش‌ها، برچسب سومی با عنوان بی طرف یا خنثی^۱ نیز وجود دارد. منظور از بی طرفی آن است که نظر خاصی در متن پردازش شده وجود ندارد و یا نظر ابراز شده نه مثبت و نه منفی است (قطبیت مشخصی ندارد).

۳-۱ تعریف رسمی مسئله

یک نظر، به صورت پنج تایی $(e_i, a_{ij}, s_{ijkl}, h_k, t_l)$ تعریف می‌شود که در آن e_i نام یک موجودیت، a_{ij} یک منظر از e_i ، s_{ijkl} تمایل مربوط به منظر a_{ij} در موجودیت e_i ، h_k صاحب نظر و t_l زمانی است که نظر مورد نظر توسط h_k بیان شده است. تمایل s_{ijkl} یک مقدار مثبت، منفی و یا خنثی است و یا سطوح مختلفی از نظر شدت، مانند نظرات موجود در فضای وب که به صورت ۱ تا ۵ ستاره بیان می‌شوند، دارد. هنگامی که یک نظر در مورد یک موجودیت به صورت کلی بیان می‌شود، از منظر GENERAL برای نمایش آن استفاده می‌شود. در این تعریف، e_i و a_{ij} با یکدیگر هدف نظر را بازنمایی می‌کنند [۲].

همه عناصر پنج تایی فوق ضروری هستند، و حذف هر یک از آن‌ها مشکل ساز می‌شود. به عنوان مثال، جمله "مردم شهر او را دوست دارند، ولی دولت مردان منتقد او هستند" را در نظر بگیرید. در این جمله، دو صاحب نظر وجود دارد: "مردم" و "دولت مردان". بنابراین، وجود h_k برای تحلیل این جمله واجب است. هم‌چنین، این تعریف، یک چارچوب استاندارد را برای تبدیل متون بدون ساختار، به متون ساختار یافته فراهم می‌کند.

به کمک تعریف فوق، می‌توان وظیفه اصلی تحلیل تمایل را به شکل زیر بیان کرد:

فرض کنید سند d حاوی نظرات، در دسترس است. در تحلیل تمایل سند d ، به دنبال پیدا کردن تمام پنج تایی‌های $(e_i, a_{ij}, s_{ijkl}, h_k, t_l)$ هستیم.

^۱ Neutral

طبق تعریف فوق، وظایف کلیدی در انجام تحلیل تمایل، پیدا کردن عناصر موجود در پنج تایی نظر است. به عنوان مثال، عنصر اول، موجودیت است. بنابراین در ابتدا باید موجودیت از متن در دسترس استخراج شود. این وظیفه، شبیه وظیفه شناخت موجودیت نام‌دار^۱ در استخراج اطلاعات^۲ است.

۴-۱ دسته‌بندی تمایل سندها^۳

دسته‌بندی تمایل در سطح سند، که در بخش ۲-۱ به آن اشاره شد، نوعی از تحلیل تمایل است که بیشترین حجم تحقیق در آن صورت گرفته و به دلیل اینکه این پروژه تحلیل تمایل را در این سطح انجام می‌دهد، به صورت جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در این سطح از تحلیل تمایل، کل یک سند به صورت یک واحد اطلاعاتی فرض شده و تحلیل احساس بر روی آن انجام می‌گیرد. معمولاً، داده‌هایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند، نظرات منتشر شده در فضای اینترنت هستند، مانند نظرات موجود در فروشگاه‌های آنلاین آمازون^۴ یا شبکه اجتماعی توییتر^۵، اما این نوع تحلیل در مورد داده‌ها و زمینه‌های دیگر نیز قابل استفاده هستند.

تعریف رسمی مسئله در دسته‌بندی تمایل سطح سند به شرح زیر است:

فرض کنید سند d در مورد موجودیت e در دسترس است. هدف، مشخص کردن تمایل s ، بیان شده توسط فرد صاحب نظر h ، در مورد موجودیت e در منظر GENERAL است. از آنجایی که در این سطح از تحلیل تمایل، موجودیت e ، صاحب نظر h ، و زمان ابراز نظر اهمیتی ندارند، مسئله به صورت چندتایی $(GENERAL, s, h, d)$ تعریف می‌شود. در این تعریف، فرض بر آن است که سند d ، نظراتی را در مورد تنها یک موجودیت بیان می‌کند و توسط یک صاحب نظر h ، اظهار شده است. این شرایط، در مورد بیشتر نظرات آنلاین که معمولاً توسط یک شخص نوشته شده و یک محصول خاص را مورد بررسی قرار می‌دهند، صادق است.

^۱ Named Entity Recognition (NER)

^۲ Information Extraction

^۳ Document Sentiment Classification

^۴ Amazon

^۵ Twitter

اگر s مقادیر طبقه‌ای^۱ داشته باشد، مانند مثبت و منفی، مسئله مورد نظر یک مسئله دسته‌بندی^۲ خواهد بود، و در صورتی که مقادیر آن ترتیبی^۳ باشد، مانند امتیازی که افراد به یک محصول از یک تا پنج ستاره اختصاص می‌دهند، یک مسئله رگرسیون^۴ است. لازم به ذکر است که این پروژه بر روی تعدادی نظر با بازه امتیاز یک تا پنج یادگیری شده و امتیاز نظرات برچسب نخورده را بر اساس همین بازه، پیش‌بینی می‌کند.

۱-۵ تطبیق دامنه^۵

مسئله تحلیل تمایل، به دامنه‌ای که بر روی آن تمرکز می‌شود، بسیار حساس است. یک دسته‌بند که بر روی داده‌هایی از یک دامنه خاص یادگیری شده، عملکرد ضعیفی بر روی داده‌هایی از دامنه دیگر خواهد داشت. گاهی یک کلمه در دو دامنه مختلف، دو احساس کاملاً متفاوت را به خواننده القا می‌کنند. به‌طور مثال، فرض کنید بر روی تعدادی نظر در مورد فیلم و سینما، یک دسته‌بند تمایل یادگیری شده است. در صورتی که از این دسته‌بند در دامنه لوازم دیجیتال استفاده شود، طبق انتظار عملکرد مناسبی را شاهد نخواهیم بود. یکی از مهم‌ترین دلایل این اتفاق، کلمات و عباراتی است که در هر دامنه استفاده شده و می‌تواند معنا و مفهوم متفاوتی را منتقل کند. به‌طور مثال، جمله "فیلم سنگینی بود" در دامنه فیلم و سینما، احساس مثبتی را می‌رساند، در حالی که جمله "این گوشی بسیار سنگین است" در دامنه لوازم دیجیتال، یک جمله منفی به شمار می‌رود. به همین علت، در این‌گونه مسائل، به تطبیق دامنه یا انتقال دانش^۶ نیاز است. در روش‌های انتقال دانش، دامنه‌ای که قرار است اطلاعات از آن منتقل شود، دامنه مبدا^۷، و دامنه‌ای که می‌خواهیم اطلاعات را از مبدا به آن منتقل کنیم، دامنه مقصد^۸ نام دارد.

روش‌های تطبیق دامنه به‌صورت کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند، روش‌هایی که در آن‌ها به تعدادی داده برچسب‌دار در دامنه مقصد نیاز است [۳] و روش‌هایی که هیچ داده‌ای از دامنه مقصد در آن‌ها مورد نیاز نیست [۴-۵].

^۱ Categorical

^۲ Classification

^۳ Ordinal

^۴ Regression

^۵ Domain Adoption

^۶ Transfer Learning

^۷ Source Domain

^۸ Target Domain

۱-۶ تحلیل تمایل بین‌زبانی^۱

تحلیل تمایل بین‌زبانی، شاخه‌ای از مسئله تحلیل تمایل است که در آن بیش از یک زبان وجود دارد. معمولاً در تحلیل تمایل بین‌زبانی، یک زبان مبدا و یک زبان مقصد وجود دارد و هدف آن است که دانش فرا گرفته شده از داده‌های زبان مبدا، به زبان مقصد انتقال داده شود. این نوع از تحلیل تمایل، یکی از پیچیده‌ترین و چالش‌برانگیزترین انواع موجود است، زیرا هدف آن انتقال دانش از یک زبان به زبان دیگر است، در حالی که می‌دانیم قواعد و ساختارهای زبان‌های مختلف، ممکن است تفاوت بسیاری با یکدیگر داشته باشد.

معمولاً تحلیل تمایل بین‌زبانی، با دلیل و انگیزه مشخصی انجام می‌شود. یکی از علل مرسوم آن است که معمولاً محققان تلاش می‌کنند که دسته‌بندی‌های تمایل مربوط به زبان مادری خود را توسعه دهند، در حالی که بیشتر تحقیقات صورت گرفته در زمینه تحلیل تمایل، مربوط به زبان انگلیسی است. در بسیاری از مواقع، ممکن است ابزار مناسب جهت توسعه یک دسته‌بندی تمایل برای یک زبان خاص وجود نداشته باشد، و مهم‌تر از آن، عدم وجود منابع کافی در بسیاری از زبان‌های غیر انگلیسی است. از آنجایی که زبان انگلیسی یک زبان رایج بین‌المللی است، تعداد منابعی که برای این زبان وجود دارد، و به تبع آن، تحقیقاتی که بر روی این زبان توسط محققان مختلف صورت گرفته است، با هیچ زبان زنده دیگری قابل مقایسه نیست. بنابراین، انتقال دانش فرا گرفته شده از زبان انگلیسی به زبان موردنظر، می‌تواند برای افراد با زبان‌های غیر انگلیسی، یکی از گزینه‌های موجود باشد. استفاده از ترجمه‌های خودکار برای انجام تحلیل تمایل بین‌زبانی، یکی از بدیهی‌ترین روش‌هایی است که ممکن است به ذهن افراد خطور کند.

دلیل رایج دیگر آن است که در بسیاری از کاربردها، کسب‌وکارها به دنبال آن هستند که بدانند مشتریان آن‌ها در کشورهای مختلف چه نظری در مورد محصولات و خدماتی که ارائه می‌دهند، دارند و این قابلیت را داشته باشند که عقاید افراد با ملیت‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کرده و از آن در جهت بهبود محصول یا خدمت موردنظر، در کشورهای مختلف که فرهنگ متفاوتی نیز دارند، استفاده کنند. اگر آن‌ها یک سامانه تحلیل تمایل در زبان انگلیسی، به‌عنوان زبان رایج دنیا، داشته باشند، به دنبال این خواهند بود که در کمترین زمان ممکن سامانه مشابهی برای زبان‌های دیگر نیز تولید کنند.

به دلیل پیچیدگی‌های زیاد تحلیل تمایل بین‌زبانی، و با توجه به اینکه تحلیل تمایل در سطح جمله و منظر در مسائل تک‌زبانه نیز چالش‌های زیادی دارند، بیشتر تحقیقات انجام گرفته در مسائل بین‌زبانی، تحلیل احساس را

^۱ Cross-Domain Sentiment Analysis

در سطح سند انجام می‌دهند. همچنین، همین پیچیدگی‌های ذکر شده باعث شده که فعالیت افراد در این شاخه از تحلیل تمایل نسبت به شاخه‌های دیگر، محدودتر باشد. اما با افزایش محبوبیت شبکه‌های عصبی و یادگیری ژرف در سال‌های اخیر، مسئله تحلیل تمایل بین‌زبانی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است و پیشرفت‌های قابل توجهی در آن رخ داده است. لازم به ذکر است که این پژوهش از نوع بین‌زبانی بوده و هدف آن انتقال دانش از زبان انگلیسی به زبان فارسی است. در بخش‌های آتی به‌طور مفصل در مورد روش پیشنهادی این پژوهش توضیح داده خواهد شد.

۷-۱ خلاصه‌ای از روش پیشنهادی

روش پیشنهادی، نوعی شبکه مولد تقابلی^۱ است که به‌صورت بدون سرپرست^۲، و به کمک جملات برچسب‌دار زبان انگلیسی، یک دسته‌بند تمایل را یادگیری کرده و دانش فراگرفته شده را به زبان فارسی، برای انجام تحلیل تمایل متون فارسی، منتقل می‌کند. این معماری، یک شبکه Y-شکل است که از سه مولفه دسته‌بند تمایل P، امتیاز دهنده زبان Q و یک استخراج‌کننده ویژگی مشترک F تشکیل می‌شود. ورودی این شبکه، درج کلمات دوزبانه^۳ هستند.

دسته‌بند تمایل P و امتیاز دهنده Q، هر دو ورودی خود را از استخراج‌کننده ویژگی مشترک F دریافت می‌کنند. هنگامی که P و Q در حال یادگیری برای انجام وظایف مربوط به خود هستند، F تلاش می‌کند با تغییر پارامترهای خود، یک بازنمایی از ورودی استخراج کند، به‌طوری که هم در تحلیل تمایل جملات به P کمک کند و هم مانع از تشخیص درست زبان جمله ورودی توسط Q بشود. بنابراین، پس از یادگیری موفقیت‌آمیز، F به گونه‌ای عمل خواهد کرد که هم برای دسته‌بند تمایل به‌صورت متمایز کننده کار کند و هم نسبت به زبان جملات بی‌طرف باشد، که مورد دوم در نتیجه تخاصم با Q به‌دست می‌آید. این مدل، هنگام یادگیری در معرض جملاتی از هر دو زبان مبدا (انگلیسی) و مقصد (فارسی) قرار می‌گیرد، اما از آنجایی که فقط جملات زبان انگلیسی برچسب‌دار هستند، جملات این زبان فقط برای یادگیری دسته‌بند تمایل P استفاده شده و همچنین جملات هر دو زبان مبدا و مقصد در مولفه شناساگر زبان Q استفاده می‌شوند. در انتهای فرآیند یادگیری، مولفه Q حذف شده، و به کمک همکاری

^۱ Generative Adversarial Network (GAN)

^۲ Unsupervised

^۳ Bilingual Word Embedding (BWE)